

SOLIDWORKS® Education Edition 2016-2017

**Podstawy projektowania
i symulacji 3D**

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation
175 Wyman Street
Waltham, MA 02451 USA

© 1995–2015, Dassault Systemes SolidWorks Corporation, spółka Dassault Systèmes SE, 175 Wyman Street, Waltham, Massachusetts 02451 USA. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Informacje podane w niniejszym dokumencie i omówione w nim oprogramowanie mogą zostać zmienione bez powiadomienia i nie stanowią jakichkolwiek zobowiązań ze strony Dassault Systemes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

Żadne materiały nie mogą być powielane ani przekazywane w jakiegokolwiek formie lub jakiegokolwiek metodą - elektroniczną czy ręczną - w żadnym celu, bez wyraźnej pisemnej zgody DS SolidWorks.

Oprogramowanie, o którym mowa w niniejszym dokumencie, jest dostarczane na podstawie licencji i może być używane i kopiowane tylko zgodnie z postanowieniami licencji. Wszelkie gwarancje udzielane przez DS SolidWorks dotyczące oprogramowania i dokumentacji zostały zawarte w umowie licencyjnej i żadne wyrażone czy dorozumiane stwierdzenia w tym dokumencie lub jego treści nie będą uznawane ani interpretowane jako modyfikacje lub zmiany warunków ani gwarancji w umowie licencyjnej.

Informacje patentowe

Oprogramowanie SOLIDWORKS® do projektowania mechanicznego 3D CAD i i/lub oprogramowanie Simulation jest chronione patentami USA nr 5 815 154, 6 219 049, 6 219 055, 6 611 725, 6 844 877, 6 898 560, 6 906 712, 7 079 990, 7 477 262, 7 558 705, 7 571 079, 7 590 497, 7 643 027, 7 672 822, 7 688 318, 7 694 238, 7 853 940, 8 305 376, 8 581 902, 8 817 028, 8 910 078, 9 129 083, 9 153 072 oraz patentami zagranicznymi (np. EP 1 116 190 B1 i JP 3 517 643).

Oprogramowanie eDrawings® jest chronione przez patenty USA 7 184 044 i 7 502 027 oraz patent 2 318 706 w Kanadzie.

Patenty zgłoszone w USA i za granicą.

Znaki towarowe oraz nazwy produktów dla produktów i usług SOLIDWORKS

SOLIDWORKS, 3D ContentCentral, 3D PartStream.NET, eDrawings, a także logo eDrawings są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy SolidWorks, natomiast FeatureManager jest zastrzeżonym znakiem towarowym, którego współwłaścicielem jest firma DS SolidWorks.

CircuitWorks, FloXpress, PhotoView 360 oraz TolAnalyst są znakami towarowymi firmy DS SolidWorks.

FeatureWorks jest zastrzeżonym znakiem towarowym Geometric Ltd.

SOLIDWORKS 2016, SOLIDWORKS Standard, SOLIDWORKS Professional, SOLIDWORKS Premium, SOLIDWORKS PDM Professional, SOLIDWORKS PDM Standard, SOLIDWORKS Workgroup PDM, SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation, eDrawings, eDrawings Professional, SOLIDWORKS Sustainability, SOLIDWORKS Plastics, SOLIDWORKS Electrical, SOLIDWORKS Composer oraz SOLIDWORKS MBD są nazwami produktów firmy DS SolidWorks.

Pozostałe marki i nazwy produktów są znakami towarowymi lub zastrzeżonymi znakami towarowymi ich odpowiednich właścicieli.

KOMERCYJNE OPROGRAMOWANIE KOMPUTEROWE — ZASTRZEŻONE

Oprogramowanie jest „produktem handlowym” w rozumieniu przepisu 48 C.F.R. 2.101 (PAŹDZIERNIK 1995), składającym się z „handlowego oprogramowania komputerowego” i „handlowej dokumentacji oprogramowania” w rozumieniu przepisu 48 C.F.R. 12.212 (WRZESIEŃ 1995) i jest dostarczane rządowi USA (a) w celu nabycia przez lub na rzecz agencji cywilnych, zgodnie z polityką określoną w przepisie 48 C.F.R. 12.212; lub (b) w celu nabycia przez lub na rzecz jednostek Departamentu Obrony, zgodnie z polityką określoną w przepisach 48 C.F.R. 227.7202-1 (CZERWIEC 1995) i 227.7202-4 (CZERWIEC 1995).

W przypadku otrzymania wezwania do dostarczenia Oprogramowania od jakiegokolwiek agencji rządowej o uprawnieniach wykraczających poza opisane powyżej należy powiadomić firmę DS SolidWorks o zakresie takiego żądania, a firma DS SolidWorks w ciągu pięciu (5) dni roboczych, według własnego uznania, może zaakceptować lub odrzucić to żądanie.

Dostawca/Producent: Dassault Systemes SolidWorks Corporation, 175 Wyman Street, Waltham, Massachusetts 02451 USA.

Informacje praw autorskich dla produktów SOLIDWORKS Standard, Premium, Professional i Education

© 1986–2015 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.: części tego oprogramowania. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Praca zawiera następujące oprogramowanie będące własnością firmy Siemens Industry Software Limited:

D-Cubed™ 2D DCM © 2015. Siemens Industry Software Limited. Wszelkie prawa zastrzeżone.

D-Cubed™ 3D DCM © 2015. Siemens Industry Software Limited. Wszelkie prawa zastrzeżone.

D-Cubed™ PGM © 2015. Siemens Industry Software Limited. Wszelkie prawa zastrzeżone.

D-Cubed™ CDM © 2015. Siemens Industry Software Limited. Wszelkie prawa zastrzeżone.

D-Cubed™ AEM © 2015. Siemens Industry Software Limited. Wszelkie prawa zastrzeżone.

© 1998–2015 Geometric Ltd.: części tego oprogramowania.

Części tego oprogramowania wykorzystują technologię PhysX™ firmy NVIDIA, 2006–2010.

© 2001–2015 Luxology, LLC: części tego oprogramowania. Wszelkie prawa zastrzeżone, patenty zgłoszone.

© 2007–2015 DriveWorks Ltd.: części tego oprogramowania.

Copyright 1984–2010 Adobe Systems Inc. i jej licencjodawcy. Wszelkie prawa zastrzeżone. Ochrona patentami USA nr 5 929 866, 5 943 063, 6 289 364, 6 563 502, 6 639 593 i 6 754 382. Inne patenty zgłoszone.

Adobe, logo Adobe, Acrobat, logo Adobe PDF, Distiller oraz Reader są zastrzeżonymi znakami towarowymi lub znakami towarowymi firmy Adobe Systems Inc. w USA i innych krajach.

Dodatkowe informacje dotyczące praw autorskich do produktów DS SolidWorks znajdują się w menu Pomoc > SOLIDWORKS – informacje.

Informacje praw autorskich dla produktów SOLIDWORKS Simulation

Części tego oprogramowania © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992–2014, Computational Applications and System Integration, Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Informacje o prawach autorskich dotyczące produktu SOLIDWORKS Standard

© 2011, Microsoft Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Informacje o prawach autorskich dotyczące produktu SOLIDWORKS PDM Professional

Outside In® Viewer Technology, © 1992–2012 Oracle

© 2011, Microsoft Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Informacje praw autorskich dla produktów eDrawings

© 2000–2014 Tech Soft 3D: części tego oprogramowania.

Części tego oprogramowania © 1995–1998 Jean-Loup Gailly and Mark Adler.

© 1998–2001 3Dconnexion: części tego oprogramowania.

© 1998–2014 Open Design Alliance: części tego oprogramowania. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Części tego oprogramowania © 1995–2012 Spatial Corporation.

Oprogramowanie eDrawings® dla Windows® jest częściowo oparte na pracy Independent JPEG Group.

Prawa autorskie © 1996–1999 Silicon Graphics Systems, Inc.: części oprogramowania eDrawings® dla urządzeń iPad®.

© 2003–2005 Apple Computer Inc.: części oprogramowania eDrawings® dla urządzeń iPad®.

Numer dokumentu: PME-F3DDS100-PLK

Spis treści

Wprowadzenie

Do prowadzącego	2
Samouczki SOLIDWORKS	2
My SOLIDWORKS	4
Egzaminy certyfikacyjne	4
Pliki szkoleniowe	4
Łącze do zasobów dla prowadzącego	4
Wymagania wstępne	5
Filozofia kursu	5
Konwencje użyte w niniejszym podręczniku	6
Windows 7	6
Zastosowanie koloru	6
Grafika i karty graficzne	7
Schematy kolorów	7

Lekcja 1: Podstawy i interfejs użytkownika SOLIDWORKS

Czym jest oprogramowanie SOLIDWORKS?	10
Intencja projektu	12
Przykłady założeń projektowych	13
Jak operacje wpływają na intencję projektu	13
Odniesienia plików	14
Obiekty linkowane i osadzone	15
Przykład odniesienia pliku	15
Otwieranie plików	16
Pamięć komputera	16
Interfejs użytkownika SOLIDWORKS	17
Menu rozwijane	17

Używanie menedżera poleceń CommandManager	18
Dodawanie i usuwanie kart menedżera poleceń	
CommandManager	18
Drzewo operacji FeatureManager	19
Menedżer właściwości PropertyManager	20
Pełna nazwa ścieżki	20
Nawigacja po zaznaczeniu	20
Okienko zadań	21
Otwieranie ćwiczeń laboratoryjnych przy użyciu	
Eksploratora plików	22
Pasek narzędzi Wyświetlacz przezroczysty	22
Ikony nieaktywne	22
Klawisze myszy	23
Skróty klawiaturowe	23
Wyświetlanie obrazu na kilku monitorach	23
Informacje zwrotne systemu	24
Opcje	24
Wyszukaj	27

Lekcja 2: Wprowadzenie do szkicowania

Szkicowanie dwuwymiarowe (2D)	30
Etapy procedury	30
Zapisywanie plików	32
Zapisz	32
Zapisz jako	32
Zapisać na dysku jako kopię	32
Zapisać jako kopię i otworzyć	32
Co naszkicujemy?	33
Szkicowanie	33
Domyślne płaszczyzny	33
Elementy szkicu	35
Geometria szkicu	35
Szkicowanie podstawowe	37
Metodyka szkicowania	37
Linie pomocnicze (Relacje automatyczne)	38
Informacje zwrotne szkicu	39
Status szkicu	40
Zasady prowadzenia szkicu	41
Intencja projektu	43
Co kontroluje intencję projektu?	43
Żądana intencja projektu	44
Relacje szkicu	44
Automatyczne relacje szkicu	44
Dodawane relacje szkicu	45
Przykłady relacji szkicu	46
Wybór wielu obiektów	48

Wymiary	49
Wymiarowanie: wybór i podgląd	50
Wymiary kątowe	53
Instant 2D	54
Wyciągnięcie	54
Szkicowanie linii wytyczających	57
Ćwiczenie 1: Szkic i wyciągnięcie 1	58
Ćwiczenie 2: Szkic i wyciągnięcie 2	60
Ćwiczenie 3: Szkic i wyciągnięcie 3	61

Lekcja 3: Modelowanie podstawowej części

Modelowanie podstawowe	64
Etapy procedury	64
Terminologia	65
Operacja	65
Płaszczyzna	65
Wyciągnięcie	65
Szkic	65
Dodanie	65
Wycięcie	65
Zaokrąglenia	65
Intencja projektu	65
Wybieranie najlepszego profilu	66
Wybór płaszczyzny szkicu	67
Płaszczyzny	67
Umieszczenie modelu	67
Szczegóły części	69
Standardowe widoki	69
Główne dodania	69
Najlepszy profil	69
Płaszczyzna szkicu	70
Intencja projektu	70
Szkicowanie pierwszej operacji	71
Opcje wyciągnięcia	72
Zmienianie nazw operacji	72
Operacja dodania	73
Szkicowanie na ścianie planarnej	73
Szkicowanie	73
Strefy intencyjne łuku stycznego	74
Przejście między liniami a łukami	74
Operacja wycięcia	76
Selektor widoku	77
Używanie Kreatora otworów	78
Tworzenie standardowego otworu	78
Pogłębienie walcowe	78

Zaokrąglanie	80
Zasady zaokrąglania	80
Narzędzia edycji	83
Edytowanie szkicu	83
Wybór wielu obiektów	84
Edycja operacji	84
Rozchodzenie się zaokrągleń	84
Pasek przewijania	85
Podstawy opisywania szczegółów	91
Ustawienia użyte w szablonie	92
Karty menedżera poleceń CommandManager	92
Nowy rysunek	92
Widoki rysunku	93
Styczne krawędzie	95
Przenoszenie widoków	96
Znaczniki środka	97
Wymiarowanie	98
Wymiary sterujące	98
Wymiary zależne	98
Manipulowanie wymiarami	100
Skojarzenie pomiędzy modelem i rysunkiem	103
Zmienianie parametrów	103
Przebudowywanie modelu	103
Ćwiczenie 4: Płytki	106
Ćwiczenie 5: Wycięcia	108
Ćwiczenie 6: Podstawowe zmiany	111
Ćwiczenie 7: Wspornik podstawy	113
Ćwiczenie 8: Rysunki części	118

Lekcja 4: Tworzenie szyku

Dlaczego stosuje się szyki?	122
Opcje szyku	126
Szyk liniowy	127
Wysuwane drzewo operacji FeatureManager	128
Pomijanie wystąpień	129
Szyki geometrii	130
Ocena wydajności	131
Szyki kołowe	133
Ćwiczenie 9: Szyki liniowe	135

Lekcja 5: Operacje obrotu wokół linii środkowej

Analiza przypadku: pokrętło	138
Etapy procedury	138
Intencja projektu	139
Operacje obrotu wokół linii środkowej	139
Szkiecowanie geometrii operacji obrotu wokół linii środkowej	139
Reguły rządzące szkicami operacji obrotu wokół linii środkowej	141
Specjalne techniki wymiarowania	141
Wymiary średnicy	142
Tworzenie operacji obrotu wokół linii środkowej	143
Budowanie obręczy	145
Szczeliny	145
Bryły wieloobektowe	149
Budowanie ramienia	150
Wybór krawędzi	155
Sfazowania	157
Grafiki RealView	157
Edytuj materiał	160
Właściwości masy	163
Właściwości masy jako Właściwości dostosowane	164
Właściwości pliku	164
Klasy właściwości plików	164
Tworzenie właściwości pliku	165
Zastosowania właściwości pliku	166
Ćwiczenie 10: Kołnierz	168
Ćwiczenie 11: Prowadnica	169

Lekcja 6: Modelowanie złożzeń „od dołu w górę”

Analiza przypadku: Połączenie uniwersalne	174
Złożenie „od dołu w górę”	174
Etapy procedury	174
Złożenie	175
Tworzenie nowego złożzenia	176
Ustawienie pozycji pierwszego komponentu	177
Drzewo operacji FeatureManager i symbole	178
Stopnie swobody	178
Komponenty	178
Nazwa komponentu	178
Stan komponentu	179
Dodawanie komponentów	181
Wstaw komponent	181
Przenoszenie i obracanie komponentów	182

Wiązanie komponentów	184
Typy wiązań i wyrównanie	185
Tworzenie wiązań koncentrycznych i wspólnych	188
Wiązanie szerokość	192
Obracanie wstawionych komponentów	194
Używanie okna podglądu komponentu	195
Rozważ usunięcie niektórych wiązań	196
Dynamiczny ruch złożenia	197
Wyświetlanie konfiguracji części w złożeniu	197
Pin	198
Używanie konfiguracji części w złożeniu	198
Drugi kolek	200
Otwieranie komponentu	200
Tworzenie kopii wystąpienia	203
Przezroczystość i ukrywanie komponentu	203
Właściwości komponentu	205
Podzespoły	206
Inteligentne wiązania Smart Mate	207
Wstawianie podzespołów	209
Wiązanie podzespołów	209
Wiązanie odległości	211
Układ jednostek miar	211
Plik przenośny	213
Ćwiczenie 12: Wiązania	214
Ćwiczenie 13: Młynek	216
Ćwiczenie 14: Używanie ukrywania i pokazywania komponentu	219

Lekcja 7: Liniowa analiza statyczna

Proces analizy	222
Etapy procedury	222
Analiza przypadku: naprężenia w płycie	222
Opis projektu	222
Interfejs programu SOLIDWORKS Simulation	224
Opcje programu SOLIDWORKS Simulation	226
Ustawienia wykresów	227
Wstępne przetwarzanie	229
Nowe badanie	229
Przypisywanie właściwości materiału	230
Umocowania	232
Typy umocowań	232
Wyświetlanie/ukrywanie symboli	234
Obciążenia zewnętrzne	236
Rozmiar i kolor symboli	239
Podsumowanie informacji o wstępnym przetwarzaniu	240

Tworzenie siatki	241
Siatka standardowa	241
Siatka oparta na krzywiznie	242
Siatka oparta na mieszanej krzywiznie	242
Gęstość siatki	242
Rozmiary elementów	242
Minimalna liczba elementów w okręgu	243
Proporcja	243
Jakość siatki	245
Przetwarzanie	246
Przetwarzanie końcowe	246
Wykresy wyników	247
Edytowanie wykresów	248
Naprężenia węzłowe a naprężenia elementów	249
Opcja Pokaż jako wykres tensora	250
Modyfikowanie wykresów wyników	251
Inne elementy sterowania wykresami	253
Inne wykresy	261
Wiele badań	264
Tworzenie nowych badań	264
Kopiowanie parametrów	264
Sprawdzenie zbieżności i dokładności	267
Podsumowanie wyników	268
Porównanie z wynikami analitycznymi	269
Raporty	270
Podsumowanie	272
Literatura	272
Pytania	272
Ćwiczenie 15: Bracket	274
Ćwiczenie 16: Wytrzymałość sprężyny na ściskanie	284
Ćwiczenie 17: Uchwyt kontenera	287

Lekcja 8: Symulacje ruchu i siły

Podstawowa analiza ruchu	290
Analiza przypadku: analiza podnośnika samochodowego	290
Opis problemu	290
Etapy procedury	291
Ruch sterujący	294
Grawitacja	296

Siły	297
Zjawisko sił	297
Siły czynne	297
Definiowanie siły	298
Kierunek siły	298
Przypadek 1	298
Przypadek 2	298
Przypadek 3	299
Wyniki	301
Kategorie wykresów	301
Podkategorie	301
Zmiana wielkości wykresów	301
Ćwiczenie 18: 3D Fourbar Linkage	308

Lekcja 9: Analiza symulacji przepływu

Analiza przypadku: złożenie kolektora	312
Opis problemu	312
Etapy procedury	312
Przygotowanie modelu	313
Analiza przepływu wewnętrznego	313
Analiza przepływu zewnętrznego	313
Analiza kolektora	314
Pokrywy	314
Grubość pokrywy	315
Ręczne tworzenie pokrywy	315
Dodawanie pokrywy do pliku części	316
Dodawanie pokrywy do pliku złożenia	316
Sprawdzanie geometrii	318
Objętość płynu we wnętrzu	320
Nieprawidłowe kontakty	320
Kreator projektu	325
Reference Axis (Oś odniesienia)	328
Exclude Cavities Without Flow Conditions (Wyklucz gniazda bez warunków przepływu)	328
Adiabatic Wall (Ściana adiabatyczna)	330
Roughness (Chropowatość)	330
Domena obliczeniowa	333
Siatka	338
Opcja ładowania wyników	339
Monitorowanie solvera	340
Okno Goal Plot (Wykres celu)	341
Komunikaty ostrzegawcze	341
Przetwarzanie końcowe	344
Skalowanie wartości granicznych legendy	346
Zmiana ustawień legendy	347
Omówienie	360
Podsumowanie	360

Wprowadzenie

NOT FOR REPRODUCTION

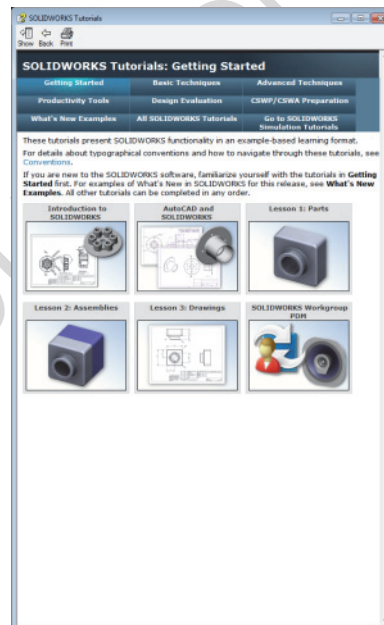
Do prowadzącego

Podręcznik *SOLIDWORKS Education Edition — Podstawy projektowania i symulacji 3D* przewidziano jako pomoc naukową do zajęć akademickich dotyczących oprogramowania SOLIDWORKS i SOLIDWORKS Simulation. W podręczniku wykorzystano podejście kompetencyjne do nauczania o koncepcjach, analizach i technikach projektowania trójwymiarowego.

Uczelnie spełniające kryteria i mające wykupioną subskrypcję mogą bezpłatnie rozprowadzać e-booka wśród studentów. Dane dostępne można otrzymać od swojego dystrybutora SOLIDWORKS.

Samuczki SOLIDWORKS

Podręcznik *SOLIDWORKS Education Edition — Podstawy projektowania i symulacji 3D* stanowi również uzupełnienie samuczek SOLIDWORKS.



Dostęp do samuczek SOLIDWORKS

Aby przejść do samuczek SOLIDWORKS, należy kliknąć kolejno opcje **Pomoc > Samuczki SOLIDWORKS**. Okno programu SOLIDWORKS zmniejszy się, a obok pojawi się drugie okno z listą dostępnych samuczek. W samuczках SOLIDWORKS jest dostępnych ponad 40 lekcji. Przesuwając wskaźnik nad łączami, u dołu okna będziesz widzieć ilustrację odpowiadającą danemu samuczekowi. Kliknięcie łącza spowoduje uruchomienie samuczka.

PORADA: Podczas wykonywania analizy w programie SOLIDWORKS Simulation można kliknąć kolejno opcje **Pomoc > SOLIDWORKS Simulation > Samuczki** i w ten sposób uzyskać dostęp do ponad 50 lekcji i przeszło 80 zagadnień weryfikacyjnych. Klikając kolejno opcje **Narzędzia > Dodatki**, można aktywować aplikacje SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Motion i SOLIDWORKS Flow Simulation.

Konwencje

Samouczki najlepiej oglądać na ekranie o rozdzielczości 1280 × 1024 pikseli.

W samouczkach występują następujące ikony:



Przechodzenie do następnego ekranu w samouczku.



Oznacza uwagę lub poradę. Nie jest to łącze; informacje znajdują się pod ikoną. Uwagi i porady opisują czynności oszczędzające czas oraz zawierają przydatne wskazówki.



Większość przycisków widocznych w lekcjach można kliknąć, a wtedy zaczyna migać odpowiedni przycisk programu SOLIDWORKS.

Przycisk  **Open File (Otwórz plik)** lub **Set this option (Ustaw tę opcję)** automatycznie otwiera plik lub ustawia wybraną opcję.



Przycisk **A closer look at... (Więcej szczegółów)** powoduje wyświetlenie dodatkowych informacji na dany temat. Informacje te nie są konieczne do przejścia samouczka, ale uzupełniają wiedzę, co może się okazać przydatne.



Przycisk **Why did I... (Dlaczego)** prowadzi do dokładniejszych informacji o procedurze oraz wyjaśnienia użycia konkretnej metody. Informacje te nie są konieczne do przejścia samouczka.



Show me... (Pokaż mi) wyświetla demonstrację filmową.

Drukowanie samouczków SOLIDWORKS

W razie potrzeby samouczki SOLIDWORKS można wydrukować w następujący sposób:

1. Kliknąć przycisk **Pokaż** na pasku narzędzi nawigacji po samouczkach.
Zostanie wyświetlony spis treści samouczków SOLIDWORKS.
2. Kliknąć prawym przyciskiem myszy książkę reprezentującą lekcję, która ma zostać wydrukowana, i z menu podręcznego wybrać polecenie **Drukuj...**
Pojawi się okno dialogowe **Print Topics (Drukuj tematy)**.
3. Zaznaczyć opcję **Print the selected heading and all subtopics** (Drukuj wybrany nagłówek i wszystkie tematy podrzędne) i kliknąć przycisk **OK**.
4. Powtórzyć te czynności w przypadku każdej lekcji, która ma zostać wydrukowana.

My SOLIDWORKS

My.SolidWorks.com to witryna internetowa społeczności użytkowników, gdzie można się dzielić informacjami, kontaktować z innymi osobami oraz poznawać nieznane aspekty oprogramowania SOLIDWORKS. Materiały szkoleniowe dostępne w witrynie My SOLIDWORKS zawierają dodatkowe lekcje filmowe i indywidualne ścieżki edukacyjne dla studentów.

**Egzaminy
certyfikacyjne**

Program Certyfikowanego Współpracownika Akademickiego SOLIDWORKS (CSWA-Academic) oferuje bezpłatne egzaminy certyfikacyjne dla studentów w kontrolowanym środowisku. Zdobywanie certyfikatu CSWA jest potwierdzeniem opanowania podstaw projektowania inżynierskiego. Pracodawcy weryfikują gotowość studentów do wkroczenia na rynek pracy za pomocą naszego internetowego wirtualnego testera. Uczelnie prowadzące co najmniej dwa kursy z zakresu oprogramowania SOLIDWORKS mogą również wystąpić o status Certyfikowanego Specjalisty SOLIDWORKS (CSWP-Academic Provider).


Dokładniejsze informacje i formularze zgłoszeniowe znajdują się na stronie www.solidworks.com/cswa-academic.

Pliki szkoleniowe

Kompletny zestaw różnorodnych plików wykorzystywanych w kursie można pobrać z następującej witryny internetowej:
www.solidworks.com/EDU_Fundamentals3DDesignSim

Pliki są uporządkowane według numerów lekcji. Folder Case Study w każdej lekcji zawiera pliki konieczne do prezentowania lekcji. Folder Exercises zawiera wszystkie pliki potrzebne do wykonania ćwiczeń laboratoryjnych.

**Łącze do zasobów
dla prowadzącego**

Łącze **Program nauczania – instruktorzy**, umieszczone w okienku zadań na karcie **Zasoby SOLIDWORKS** , oferuje dostęp do bogatego zbioru materiałów pomocniczych ułatwiających prowadzenie kursu. Wymagane jest konto na portalu dla klientów firmy SOLIDWORKS. Te materiały pomocnicze pozwalają elastycznie dobierać zakres, szczegółowość i sposób prezentacji.

1. Uruchomić program SOLIDWORKS.

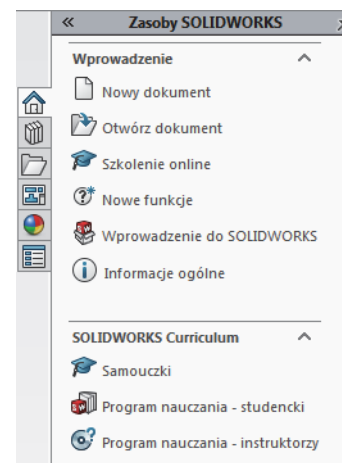
Z menu **Start** uruchomić aplikację SOLIDWORKS.

- Wybrać żądane materiały SOLIDWORKS.

Kliknąć opcję **Zasoby SOLIDWORKS**

, a zostanie otwarte okienko zadań Zasoby SOLIDWORKS.

Kliknąć łącze **Program nauczania – instruktorzy**, aby aktywować przekierowanie do strony internetowej portalu dla klientów firmy SOLIDWORKS.



Wymagania wstępne

Uczestnicy tego kursu powinni posiadać:

- Doświadczenie w zakresie projektowania mechanicznego.
- Doświadczenie w zakresie systemu operacyjnego Windows®.
- Ukończone samouczki online zawarte w oprogramowaniu SOLIDWORKS. Dostęp do samouczków online można uzyskać, klikając **Pomoc, Samouczek online**.

Filozofia kursu


Kurs ten został opracowany w oparciu o szkolenia bazujące na procesach lub zadaniach. Kurs szkoleniowy bazujący na procesach kładzie nacisk na procesy i procedury wykonywane w celu realizacji konkretnego zadania. Dzięki wykorzystaniu analiz przypadku do zilustrowania tych procesów, użytkownik uczy się niezbędnych poleceń, opcji i menu w kontekście realizacji zadania.

Uwaga na temat wymiarów

Rysunki i wymiary podane w ćwiczeniach laboratoryjnych w swoim zamierzeniu nie mają odzwierciedlać żadnego konkretnego standardu projektowania. Czasami wymiary są wręcz podawane w sposób uznawany za niedopuszczalny w danej branży. Jest tak dlatego, że celem laboratoriów jest zachęcenie do stosowania informacji zdobytych w klasie oraz do wykorzystywania i utrwalania pewnych technik modelowania. Dlatego rysunki i wymiary zawarte w ćwiczeniach zostały wykonane w sposób pomagający osiągnąć ten cel.

Konwencje użyte w niniejszym podręczniku

W niniejszym podręczniku zastosowano następujące konwencje:

Konwencja	Znaczenie
Pogrubiona czcionka Sans Serif	Tym stylem wyróżniane są polecenia i opcje SOLIDWORKS. Na przykład Operacje > Wytnij-wyciągnięcie  oznacza kliknięcie ikony Wytnij-wyciągnięcie na karcie Operacje menedżera poleceń CommandManager.
Pismo maszynowe	Tym stylem wyróżniane są nazwy operacji i nazwy plików. Na przykład: <code>Szkic1</code> .
17 Wykonać ten krok	Przed i po fragmentach procedur występują podwójne linie. Wprowadza to rozdział pomiędzy krokami procedury i dużymi blokami tekstu objaśniającego. Poszczególne kroki są numerowane pogrubioną czcionką Sans Serif.

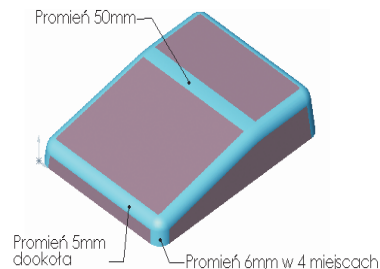
Windows 7

Zrzuty ekranów w niniejszym podręczniku zostały wykonane przy użyciu oprogramowania SOLIDWORKS działającego na platformie Windows 7. W przypadku korzystania z systemu operacyjnego innego niż Windows 7 lub używania innych ustawień kompozycji mogą występować niewielkie różnice w wyglądzie menu i okien. Różnice te nie wpływają na wydajność oprogramowania.

Zastosowanie koloru

Interfejs użytkownika oprogramowania SOLIDWORKS w znacznym zakresie wykorzystuje kolory do podświetlania wybranej geometrii i przekazywania wizualnych informacji zwrotnych. Pozwala to na znaczne podniesienie intuicyjności i łatwości użycia oprogramowania SOLIDWORKS. Aby umożliwić maksymalne wykorzystanie tych funkcji, podręczniki szkoleniowe zostały wydrukowane w pełnym kolorze.

Ponadto w wielu przypadkach wykorzystano dodatkowe kolory na ilustracjach, aby przekazać koncepcje, zidentyfikować operacje lub zakomunikować inne ważne informacje. Na przykład wynik operacji zaokrąglenia może być ukazany z zaokrągleniami w innym kolorze, chociaż domyślnie oprogramowanie SOLIDWORKS nie wyświetliłoby wyników w ten sposób.



Grafika i karty graficzne

Oprogramowanie SOLIDWORKS ustanawia nowe standardy, zapewniając najlepszą w swej klasie grafikę. Połączenie materiałów o wysokim połysku i realizmu technologii **RealView Graphics** stanowi doskonałe narzędzie do oceny jakości zaawansowanych modeli części i powierzchni.



Grafiki RealView to obsługa sprzętowa (przez kartę graficzną) zaawansowanego cieniowania w czasie rzeczywistym. Na przykład, jeżeli obrócimy część, to podczas obrotu zachowa ona renderowany wygląd.

Schematy kolorów

Natychmiast po zainstalowaniu oprogramowanie SOLIDWORKS daje do dyspozycji kilka predefiniowanych schematów kolorów, które sterują między innymi kolorami podświetlonych elementów, wybranych elementów, symboli relacji szkicu oraz cieniowanych podglądów operacji.

Nie użyto tego samego schematu kolorów dla wszystkich analiz przypadków i ćwiczeń, ponieważ niektóre kolory są lepiej widoczne i wyraźniejsze niż inne w przypadku ich użycia z częściami o różnych kolorach.

Dodatkowo zmieniono tło okienka ekranu na białe, aby uzyskać lepszą reprodukcję ilustracji na białym papierze.

W efekcie obrazy widoczne na ekranie mogą nie pokrywać się dokładnie z ilustracjami w podręczniku, ponieważ ustawienia kolorów w komputerze użytkownika mogą być inne od ustawień zastosowanych przez autorów niniejszego podręcznika.

Wygląd interfejsu użytkownika

Wraz z rozwojem oprogramowania zaszły kosmetyczne zmiany interfejsu użytkownika mające na celu poprawę widoczności, które nie wpływają na funkcje oprogramowania. Zgodnie z polityką ilustracje z podręczników przedstawiające okna dialogowe, w których nie wprowadzono zmian funkcjonalnych od poprzedniej wersji, nie są zmieniane. Z tego względu można spotkać się z ilustracjami przedstawiającymi zarówno bieżący interfejs, jak i „stary”.

NOT FOR REPRODUCTION

Lekcja 1

Podstawy i interfejs użytkownika SOLIDWORKS

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Opisać kluczowe cechy charakterystyczne parametrycznego modelowania bryłowego opartego na operacjach.
- Odróżniać operacje szkicowane od operacji stosowanych.
- Identyfikować główne elementy interfejsu użytkownika SOLIDWORKS.
- Wyjaśnić, w jaki sposób różne metody wymiarowania oddają różne intencje projektu.

Czym jest oprogramowanie SOLIDWORKS?

Oprogramowanie SOLIDWORKS do automatyzacji projektowania mechanicznego jest *opartym na operacjach parametrycznym* narzędziem projektowym do *modelowania bryłowego* wykorzystującym łatwy do opanowania graficzny interfejs użytkownika systemu Windows. Można tworzyć *w pełni połączone* bryłowe modele 3D z powiązaniem lub bez niego, korzystając z automatycznych lub zdefiniowanych przez użytkownika *relacji* w celu odzwierciedlenia *założeń projektowych*.

Znaczenie terminów wyróżnionych kursywą w poprzednim akapicie:

■ Bazowanie na operacjach

Podobnie jak złożenie skonstruowane jest z wielu indywidualnych części, tak samo i model SOLIDWORKS zbudowany jest z indywidualnych elementów składowych. Elementy te nazywane są operacjami.

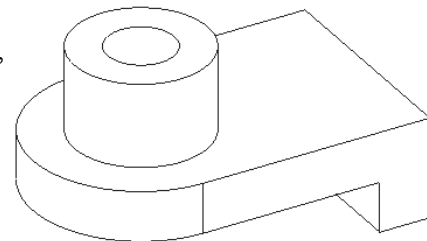
Podczas tworzenia modelu przy użyciu oprogramowania SOLIDWORKS użytkownik pracuje z inteligentnymi, łatwymi do zrozumienia operacjami geometrycznymi, takimi jak dodania, wycięcia, otwory, żebra, zaokrąglenia, sfazowania i pochylenia. Podczas tworzenia operacji są one bezpośrednio stosowane do obrabianego elementu.

Operacje można sklasyfikować jako szkicowane albo stosowane.

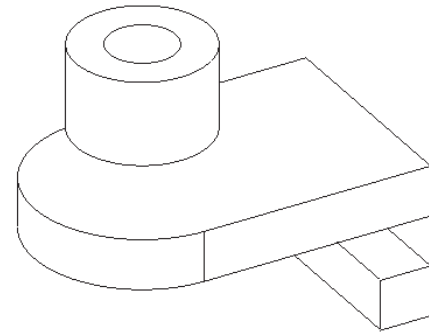
- Operacje szkicowane: oparte na szkicu dwuwymiarowym (2D). Zwykle szkic ten jest przekształcany w bryłę poprzez wyciągnięcie, obrót, wyciągnięcie po ścieżce lub wyciągnięcie po profilach.
- Operacje stosowane: tworzone bezpośrednio w modelu bryłowym. Przykładami operacji tego typu są zaokrąglenia i sfazowania.

Oprogramowanie SOLIDWORKS przedstawia graficznie opartą na operacjach strukturę modelu w specjalnym oknie, nazywanym drzewem operacji FeatureManager®. Drzewo operacji FeatureManager nie tylko pokazuje kolejność, w jakiej utworzono operacje, ale daje również łatwy dostęp do wszystkich skojarzonych informacji podstawowych. Więcej informacji o drzewie operacji zostanie przekazanych w czasie trwania kursu.

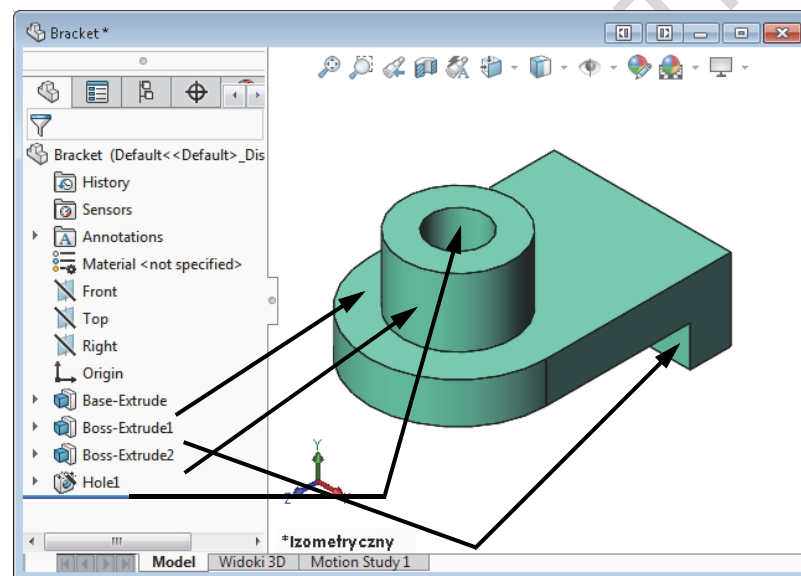
Aby zilustrować koncepcję modelowania opartego na operacjach, rozważmy część ukazaną po prawej stronie:



Część tę można przedstawić jako zbiór kilku różnych operacji – niektóre z nich dodają materiał (np. dodanie cylindryczne), a niektóre usuwają materiał (np. otwór nieprzelotowy).



Gdybyśmy chcieli wykonać mapowanie poszczególnych operacji do odpowiadających im wpisów w drzewie operacji FeatureManager, wyglądałoby to tak:



■ Parametryczność

Wymiary i relacje użyte do utworzenia operacji są wychwytywane i przechowywane w modelu. Pozwala to nie tylko na uchwycenie intencji projektu, ale także na szybkie i łatwe wprowadzanie zmian w modelu.

- Wymiary sterujące: Są to wymiary używane podczas tworzenia operacji. Zawierają one wymiary skojarzone z geometrią szkicu, a także skojarzone z samą operacją. Prosty przykładem będzie tutaj taka operacja, jak dodanie cylindryczne. Średnica dodania jest sterowana przez średnicę naszkicowanego okręgu. Wysokość dodania jest sterowana przez głębokość, do której okrąg został wyciągnięty podczas tworzenia operacji.
- Relacje: Obejmują one takie informacje, jak równoległość, styczność i koncentryczność. W przeszłości tego typu informacje były przekazywane na rysunkach za pomocą symboli kontroli operacji. Poprzez ich uchwycenie w szkicu SOLIDWORKS pozwala z góry na pełne uchwycenie intencji projektu w modelu.

■ Modelowanie bryłowe

Model bryłowy jest najbardziej kompletnym typem modelu geometrycznego stosowanego w systemach CAD. Zawiera on wszystkie geometrie krawędziowe i powierzchniowe konieczne do pełnego opisu krawędzi i ścian modelu. Oprócz informacji geometrycznych, model ten obejmuje również informacje topologiczne, które ustalają wzajemne relacje geometryczne. Przykładem informacji topologicznych może być informacja o tym, które ściany (powierzchnie) stykają się na której z krawędzi (krzywizn). Dzięki takiemu inteligentnemu zachowaniu, operacje takie jak zaokrąglanie są równie nieskomplikowane, co wybranie krawędzi i określenie promienia.

■ Całkowite skojarzenie

Model SOLIDWORKS jest całkowicie skojarzony z rysunkami i złożeniami, które się do niego odnoszą. Zmiany w modelu są automatycznie odzwierciedlane w skojarzonych rysunkach i złożeniach. W podobny sposób można wprowadzać zmiany w kontekście rysunku lub złożenia i mieć pewność, że zostaną one odzwierciedlone w modelu.

■ Powiązania

Relacje geometryczne, takie jak równoległość, prostopadłość, poziom, pion, koncentryczność oraz współność, to tylko niektóre z powiązań obsługiwanych w oprogramowaniu SOLIDWORKS. Dodatkowo można używać równań, aby ustanowić relacje matematyczne pomiędzy parametrami. Zastosowanie powiązań i równań gwarantuje uchwycenie i utrzymanie takiej koncepcji projektu, jak otwory przelotowe lub równe promienie.

■ Intencja projektu

Ostatni wyróżniony kursywą termin jest zgodny z założeniem projektu. Jest to temat wart osobnego omówienia (patrz poniżej).

Intencja projektu

Aby skutecznie wykorzystać parametryczne narzędzie modelowania takie jak SOLIDWORKS, konieczne jest rozważenie intencji projektu przed przystąpieniem do modelowania. Intencja projektu to plan dotyczący zachowywania się modelu podczas dokonywania w nim zmian. Sposób, w jaki model jest tworzony, decyduje o sposobie jego zmieniania. Na sposób uchwycenia intencji projektu wpływa kilka czynników:

■ Automatyczne relacje (szkicu)

Zależnie od sposobu naszkicowania geometrii, relacje te mogą ustalić podstawowe relacje geometryczne pomiędzy obiektami, takie jak równoległość, prostopadłość, poziom i pion.

■ Równania

Służą do ustalania relacji algebraicznych pomiędzy wymiarami i stanowią sposób zewnętrznego wymuszania zmian.

■ Relacje dodawane

Relacje dodawane do modelu podczas jego tworzenia stanowią inny sposób łączenia skojarzonych geometrii. Niektóre z podstawowych relacji to: koncentryczność, styczność, współność oraz współliniowość.

■ Wymiarowanie

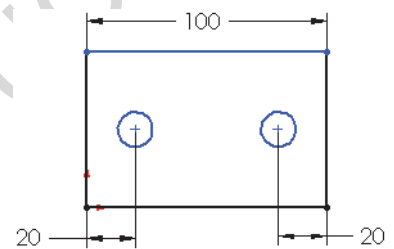
Rozważyć intencję projektu podczas stosowania wymiarów do szkicu. Jakie są wymiary, które powinny sterować projektem? Jakie wartości są znane? Które są ważne dla wytworzenia modelu? Sposób zastosowania wymiarów do modelu określi zmianę geometrii w przypadku dokonania modyfikacji.

Rozważyć intencję projektu w następujących przykładach.

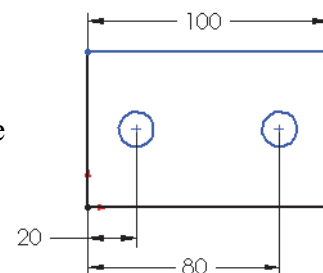
Przykłady założeń projektowych

Intencja projektu każdego z poniższych szkiców jest nieco inna. W jaki sposób zmieni się geometria w przypadku zmiany całkowitej długości płytki, **100 mm**?

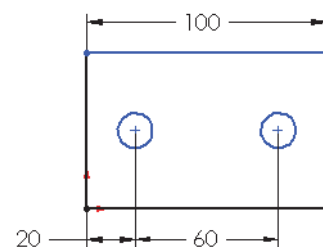
Wymiarowany w ten sposób szkic zachowuje otwory w odległości **20 mm** od bocznych krawędzi, bez względu na szerokość płytki.



Takie wymiary linii bazowej zachowają pozycje otworów względem lewej krawędzi płyty. Zmiany całkowitej szerokości płyty nie wpływają na pozycje otworów.

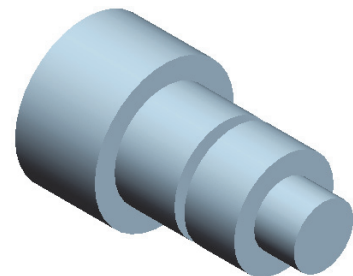


Wymiarowanie od krawędzi oraz od środka do środka zachowa odległość pomiędzy środkami otworów, a także pozwoli na jej zmienianie.



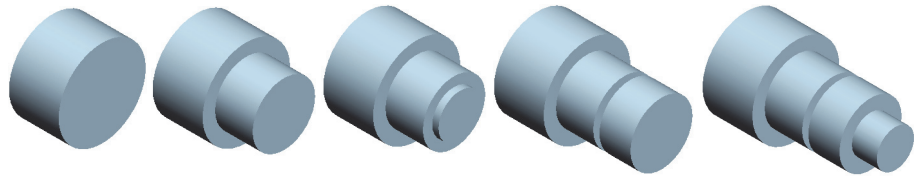
Jak operacje wpływają na intencję projektu

Nie tylko sposób wymiarowania szkicu ma wpływ na intencję projektu. Ważne są również wybór operacji i metodologia modelowania. Na przykład rozważmy przypadek wału stopniowanego ukazanego po prawej stronie. Istnieje kilka sposobów utworzenia podobnej części, z których każdy umożliwia utworzenie części z identyczną geometrią.



Podejście „warstwowe”

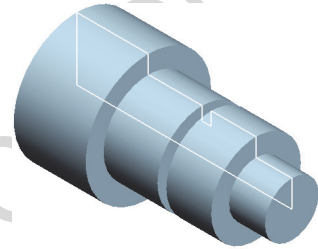
Podejście warstwowe buduje część, dodając pojedynczo każdą z warstw lub operacji do poprzedniej w następujący sposób:



Podejście „obrotowe”

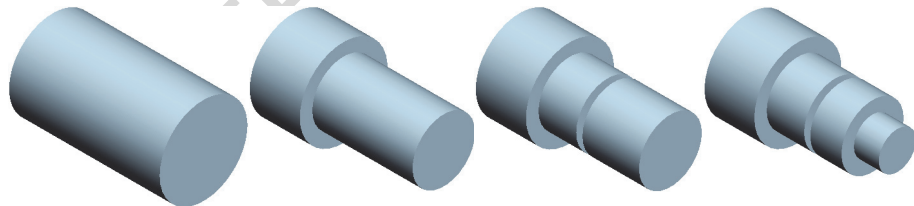
Zmiana grubości jednej warstwy stwarza efekt domina, zmieniając pozycje wszystkich pozostałych warstw, utworzonych po niej.

Podejście „obrotowe” buduje część jako pojedynczą operację wokół linii środkowej. Pojedynczy szkic, reprezentujący przekrój poprzeczny, zawiera wszystkie informacje i wymiary potrzebne do utworzenia części jako jednej operacji. Pomimo że takie podejście może wydawać się efektywne, zawarcie wszystkich informacji projektowych w pojedynczej operacji ogranicza elastyczność i może utrudniać wprowadzanie zmian.



Podejście produkcyjne

Podejście produkcyjne do modelowania naśladuje sposób, w jaki dana część byłaby produkowana. Na przykład gdyby wał stopniowany wykonywać na tokarce, to należałoby rozpocząć od pręta i usunąć z niego materiał przy użyciu szeregu cięć.



Tak naprawdę nie ma dobrej ani złej odpowiedzi, gdy próbuje się wybrać odpowiednie podejście. **SOLIDWORKS** daje ogromną elastyczność, a dokonywanie zmian w modelach jest stosunkowo łatwe. Jednak tworzenie modeli z myślą o intencji projektu skutkuje dobrze skonstruowanymi dokumentami, które łatwo modyfikować i które dobrze nadają się do ponownego użycia, co ułatwia pracę.

Odniesienia plików

SOLIDWORKS tworzy pliki stanowiące dokumenty złożone, które zawierają elementy z innych plików. Odniesienia plików są tworzone poprzez utworzenie łącz między plikami zamiast duplikowania informacji w wielu plikach.

Pliki odniesienia nie muszą być przechowywane razem z odnoszącym się do nich. W większości zastosowań praktycznych dokumenty odniesienia są przechowywane w wielu lokalizacjach w komputerze lub sieci. **SOLIDWORKS** zawiera kilka narzędzi do określania istniejących odniesień i ich lokalizacji.

Obiekty linkowane i osadzone

W środowisku Windows współużytkowanie informacji pomiędzy plikami może być realizowane poprzez tworzenie łączy lub osadzanie informacji.

Główna różnica pomiędzy obiektami połączonymi i obiektami osadzonymi polega na odmiennym miejscu przechowywania danych i sposobie aktualizacji danych po ich umieszczeniu w pliku docelowym.

Obiekty połączone

Gdy obiekt jest połączony, informacje są aktualizowane tylko wtedy, gdy plik źródłowy zostanie zmodyfikowany. Dane połączone przechowywane są w pliku źródłowym. Plik docelowy przechowuje tylko lokalizację pliku źródłowego (odniesienie zewnętrzne) i wyświetla reprezentację połączonych danych.

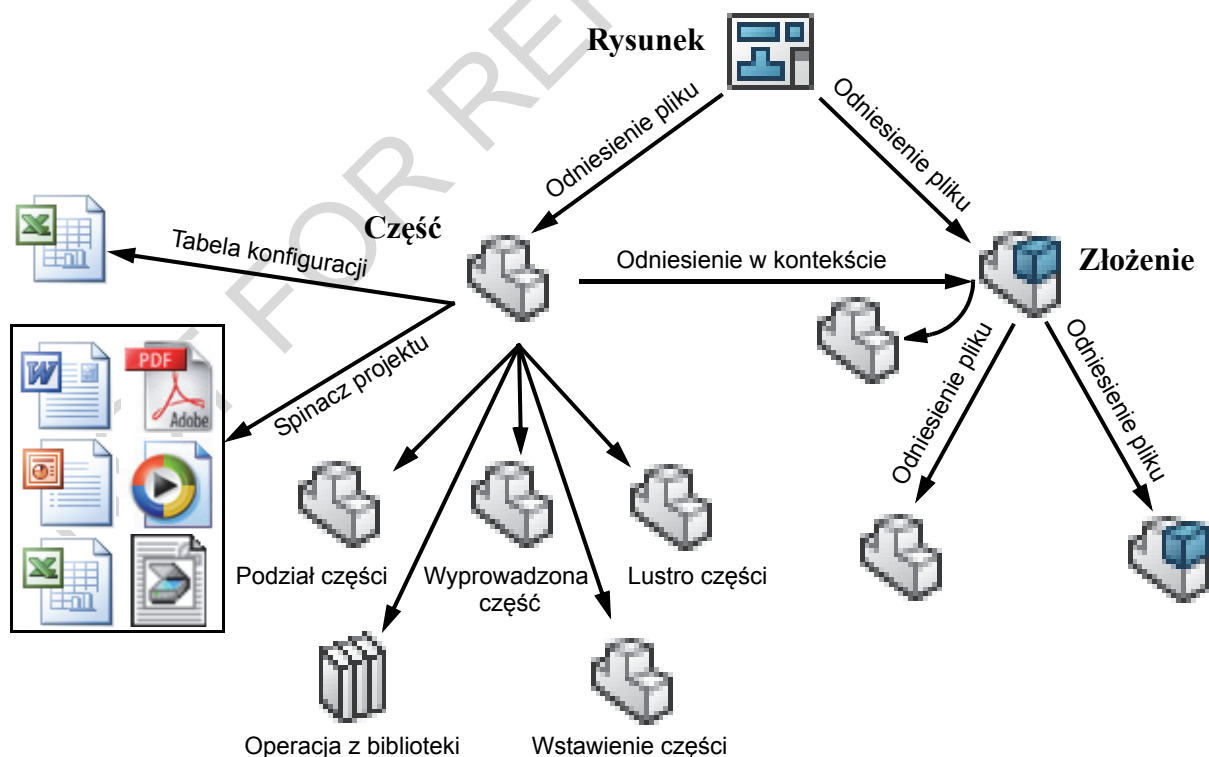
Łączenie jest również użyteczne, gdy chcemy dołączyć informacje, które są przechowywane niezależnie, takie jak dane zebrane przez inny wydział.

Obiekty osadzone

W przypadku osadzenia obiektu informacje w pliku docelowym nie zmieniają się, gdy nastąpi modyfikacja pliku źródłowego. Obiekty osadzone stają się częścią pliku docelowego, a po wstawieniu nie stanowią już części pliku źródłowego.

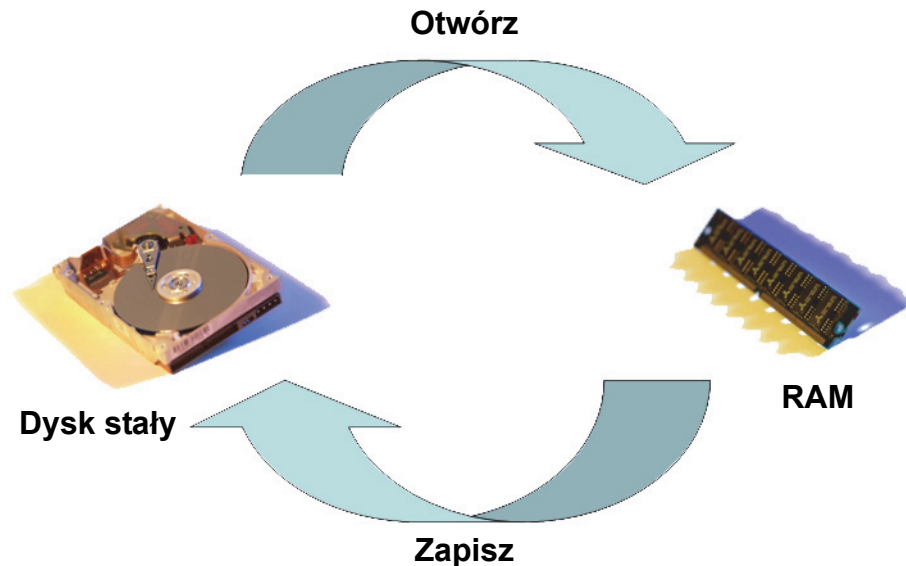
Przykład odniesienia pliku

Na poniższej ilustracji przedstawiono różne typy odniesień zewnętrznych tworzone przez SOLIDWORKS. Niektóre z tych odniesień mogą być połączone lub osadzone.



Otwieranie plików

SOLIDWORKS jest systemem CAD rezydującym w pamięci RAM. Podczas otwierania pliku jest on kopiowany z miejsca przechowywania do pamięci o dostępie swobodnym (RAM). Wszystkie wprowadzone zmiany w pliku dokonują się na jego kopii w pamięci RAM i tylko podczas operacji **zapisywania** oryginalny plik jest modyfikowany.



Pamięć komputera

Aby lepiej zrozumieć miejsce przechowywania plików i na której kopii pliku pracujemy, ważne jest rozróżnienie pomiędzy dwoma głównymi typami pamięci komputera.

Pamięć o dostępie swobodnym

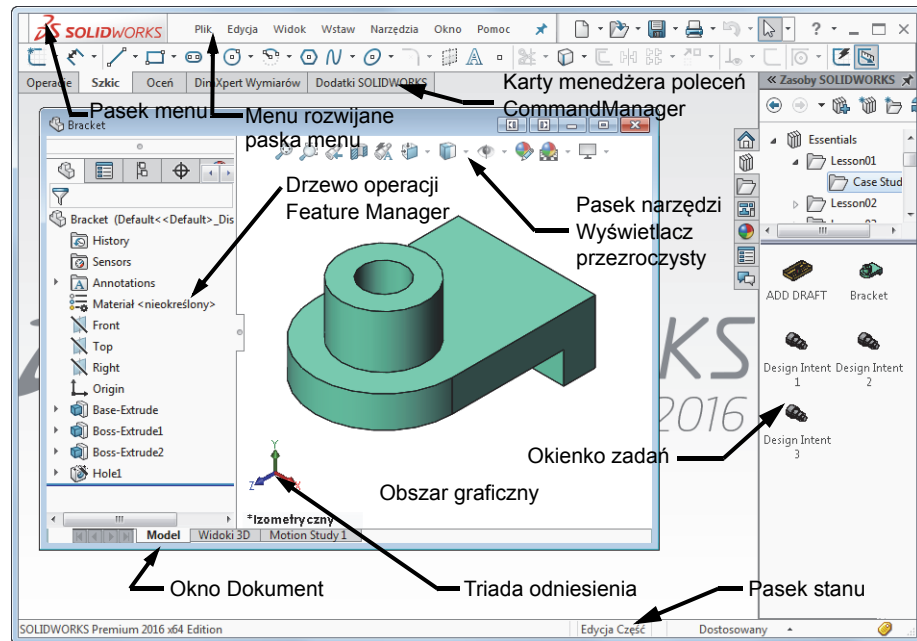
Pamięć o dostępie swobodnym (RAM) to pamięć nietrwała komputera. W pamięci tej przechowywane są informacje tylko wtedy, gdy komputer działa. Po wyłączeniu komputera wszelkie informacje zawarte w pamięci RAM są tracone.

Pamięć stała

Pamięć stała to wszelkiego rodzaju pamięci trwałe. Obejmuje to dysk twardy komputera, dyskietki, dyski Zip oraz dyski CD. Pamięć stała pozwala przechowywać informacje, nawet gdy komputer nie pracuje.

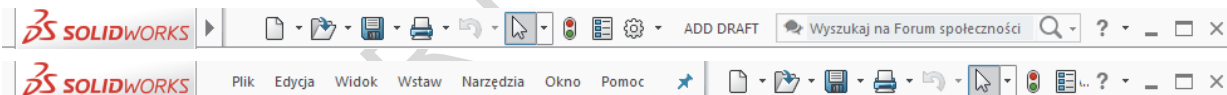
Interfejs użytkownika SOLIDWORKS

Interfejs użytkownika SOLIDWORKS opiera się na macierzystym interfejsie systemu Windows i zachowuje się w taki sam sposób, jak w innych aplikacjach Windows. Poniżej przedstawiono niektóre z ważniejszych aspektów interfejsu.



Menu rozwijane

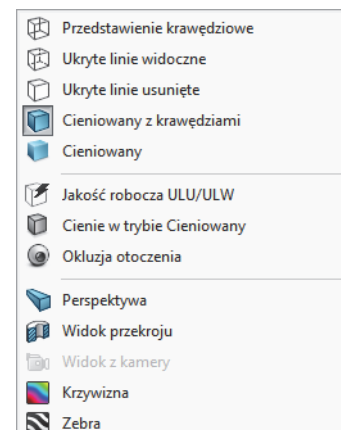
Menu rozwijane umożliwiają dostęp do wielu poleceń oprogramowania SOLIDWORKS. Aby uzyskać dostęp do tych menu, należy zatrzymać wskaźnik nad strzałką skierowaną w prawo. Aby menu pozostały otwarte, należy kliknąć pinezkę.



Gdy element menu posiada następującą strzałkę skierowaną w prawo:

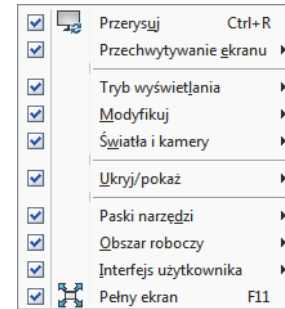
, oznacza to, że z tym wyborem skojarzone jest podmenu.

Gdy po elemencie menu występują takie elipsy: SpaceBar , oznacza to, że dana opcja otwiera okno dialogowe z dodatkowymi wyborami lub informacjami.



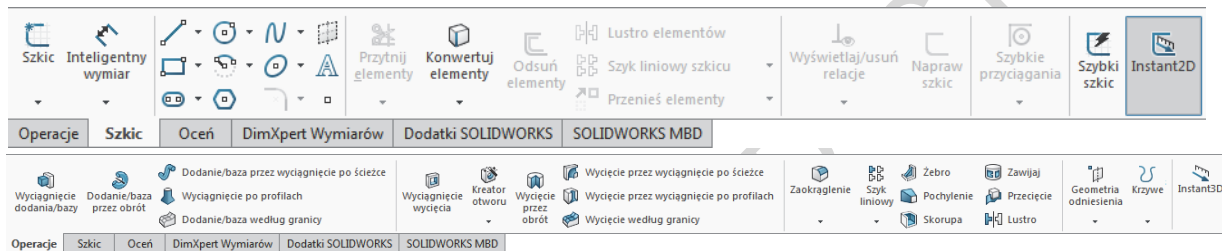
Dostosowywanie menu rozwijanych

Po wybraniu **Dostosuj menu** każdy element pojawia się wraz z polem wyboru. Usunięcie zaznaczenia pola wyboru usuwa skojarzony element z menu.



Używanie menedżera poleceń CommandManager

Menedżer poleceń **CommandManager** to zestaw ikon podzielonych na karty i dostosowanych do wykonywania określonych zadań. Na przykład wersja dotycząca części ma kilka kart zapewniających dostęp do poleceń związanych z operacjami, szkicami itd.



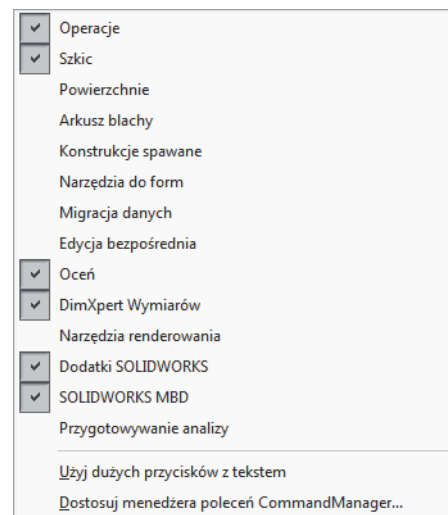
Uwaga

Menedżer poleceń CommandManager może wyświetlać tekst na przyciskach (ale nie musi). Na poniższych ilustracjach przedstawiono opcję **Użyj dużych przycisków z tekstem**.

Dodawanie i usuwanie kart menedżera poleceń CommandManager

Ustawienia domyślne obejmują pięć kart menedżera poleceń CommandManager dla pliku części. Inne można dodać lub usunąć, klikając dowolną kartę prawym przyciskiem myszy i zaznaczając lub anulując zaznaczenie jej nazwy.

Dla plików części, złożeń i rysunków są dostępne różne zestawy kart.



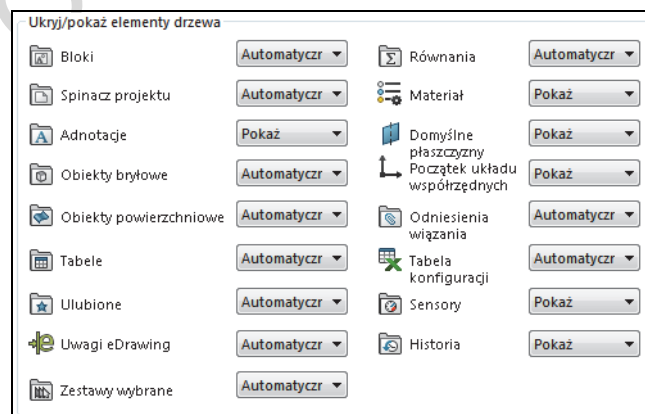
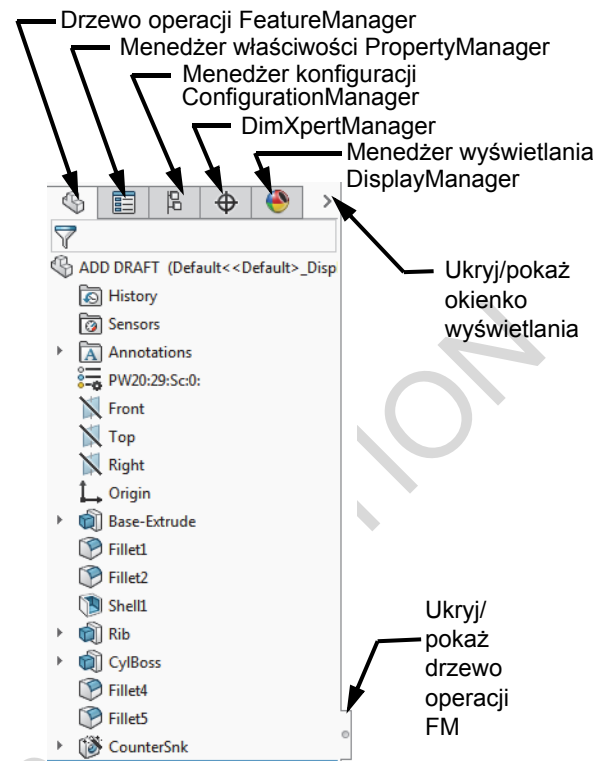
**Drzewo operacji
FeatureManager**

Drzewo operacji FeatureManager stanowi unikatowy element oprogramowania SOLIDWORKS, dostarczający wizualnej reprezentacji wszystkich operacji w części lub złozeniu. W miarę tworzenia operacji, są one dodawane do drzewa operacji FeatureManager. W wyniku tego drzewo operacji FeatureManager przedstawia chronologiczną kolejność operacji modelowania. Drzewo operacji FeatureManager daje również dostęp do edycji operacji (obiektów), które zawiera.

**Pokaż/ukryj
elementy Menedżera
operacji**

Wiele elementów drzewa operacji FeatureManager (ikon i folderów) jest domyślnie ukrytych. Na powyższej ilustracji pokazano tylko dwa foldery (Sensors i Annotations).

Aby sterować ich widocznością przy użyciu jednego z trzech niżej opisanych ustawień, należy kliknąć **Narzędzia, Opcje, Opcje systemu** oraz Drzewo operacji **FeatureManager**.



- **Automatyczny** – ukrywa element, gdy jest on pusty.
- **Ukryj** – zawsze ukrywa element.
- **Pokaż** – zawsze pokazuje element.

Porada

Menedżer poleceń CommandManager lub menedżer właściwości PropertyManager można przeciągnąć i zadokować przy górnej lub bocznej krawędzi okna SOLIDWORKS, poza okno SOLIDWORKS lub na inny monitor.

Menedżer właściwości PropertyManager

Wiele poleceń SOLIDWORKS jest wykonywanych za pośrednictwem menedżera właściwości PropertyManager. Menedżer właściwości PropertyManager zajmuje na ekranie tę samą pozycję, co drzewo operacji FeatureManager i zastępuje je podczas używania.

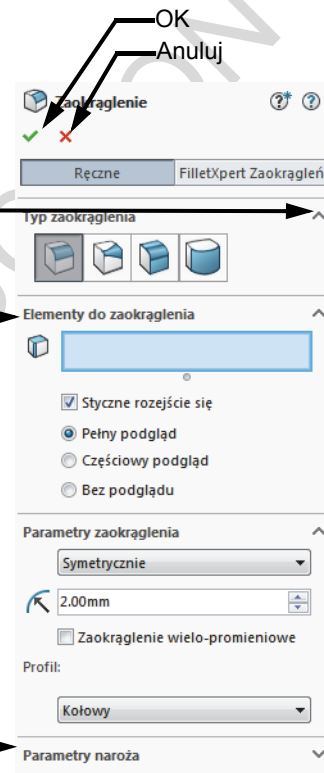
Górny wiersz zawiera standardowe przyciski **OK** i **Anuluj**.

Poniżej górnych przycisków znajdują się **pola grup**, które zawierają związane z nimi opcje. Można je otwierać (rozwijać) lub zamykać (zwijać), a w wielu przypadkach uaktywniać bądź dezaktywować.

Ikona otwierania i zamykania

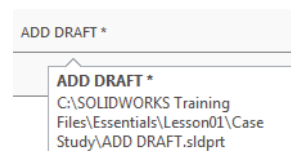
Pole grupy otwarte i aktywne

Pole grupy zamknięte i nieaktywne



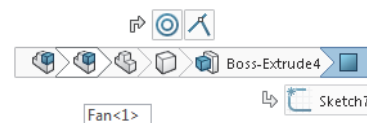
Pełna nazwa ścieżki

Pełna nazwa ścieżki dokumentu jest widoczna jako etykieta narzędzia po ustawieniu kursora na nazwie pliku.



Nawigacja po zaznaczeniu

Nawigacja po zaznaczeniu pokazuje hierarchię obiektów na podstawie wybranego elementu geometrii. Na przykład wybór ściany może prowadzić do szeregu obiektów, w tym operacji, obiektu bryłowego, komponentu, podzespołu i wreszcie złożenia najwyższego poziomu.










Prowadzi również do szkicu operacji oraz wiązań dołączonych do komponentu.

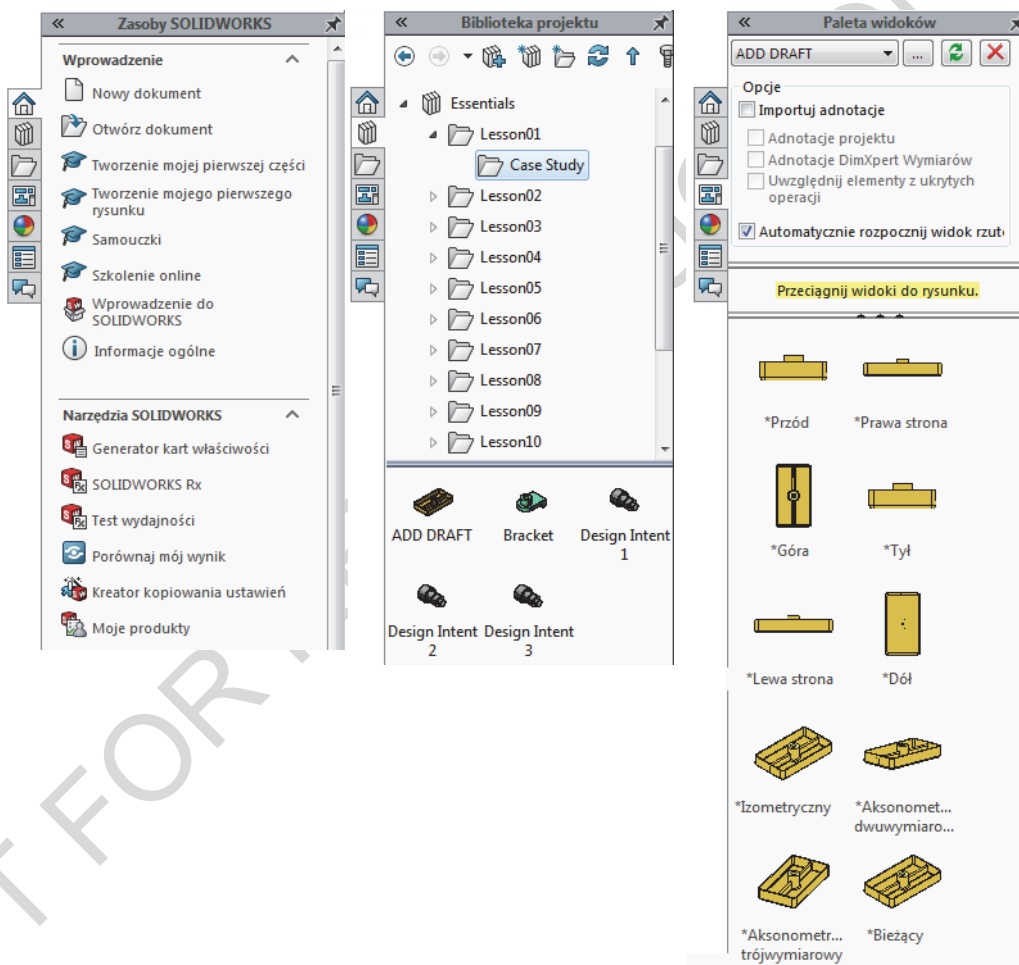
Te obiekty wizualne mogą również służyć do uzyskiwania dostępu. Kliknięcie prawym przyciskiem myszy operacji dodania zapewnia dostęp do kilku narzędzi edycji, w tym **Edytuj operację** i **Ukryj**.

Uwaga

Te obiekty i narzędzia zostaną omówione w dalszych lekcjach.


Okienko zadań

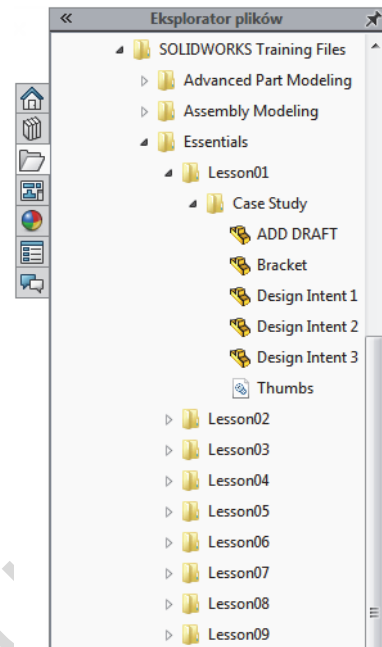
W okienku zadań znajdują się opcje **Forum SOLIDWORKS** , **Zasoby SOLIDWORKS** , **Biblioteka projektu** , **Eksplorator plików** , **Paleta widoków** , **Wyglądy, sceny i kalkomanie**  oraz **Dostosowane właściwości** . Okno pojawia się domyślnie po prawej stronie, jednak można je przenosić i zmieniać jego rozmiary. Można je otwierać/zamykać, przypinać pinezką lub przenosić z pozycji domyślnej po prawej stronie interfejsu.




Otwieranie ćwiczeń laboratoryjnych przy użyciu Eksploratora plików

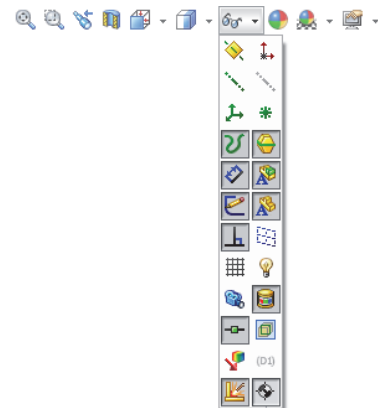
Części i złożenia potrzebne do ćwiczeń laboratoryjnych można otwierać, używając Eksploratora plików.

- Otworzyć **Okienko zadań**.
- Kliknąć **Eksplorator plików** .
- Rozwinąć folder **Essentials** używany dla plików ćwiczeń. Znajduje się on w folderze **SOLIDWORKS Training Files**.
- Rozwinąć folder lekcji (na przykład **Lesson01**), a następnie folder **Case Study** albo **Exercises**.
- Dwukrotnie kliknąć plik części lub złożenia, aby go otworzyć.



Pasek narzędzi Wyświetlacz przezroczysty

Pasek narzędzi **Wyświetlacz przezroczysty** to przezroczysty pasek narzędzi, który zawiera wiele często używanych poleceń manipulacji widoku. Niektóre z nich (na przykład **Ukryj/pokaż elementy**) są **wysuwane** – przy ikonach jest widoczna mała strzałka. Te wysuwane paski zawierają niewielką strzałkę skierowaną w dół , która pozwala na dostęp do pozostałych poleceń.



Ikony nieaktywne

Czasami można zauważyć polecenia, ikony i opcje menu, które wyświetlane są kolorem szarym i których nie można wybrać. Dzieje się tak, ponieważ praca w danym środowisku może nie pozwalać na dostęp do tych opcji. Na przykład podczas pracy w szkicu (tryb **Edycja szkicu**) użytkownik ma pełny dostęp do wszystkich narzędzi szkicu. Jednak nie może wybierać ikon zaokrąglenia lub sfazowania na karcie Operacje menedżera poleceń CommandManager. Funkcja ta jest pomocna dla niedoświadczonych użytkowników, ponieważ ogranicza wybór tylko do prawidłowych elementów.

Wybierać wstępnie czy nie?

Z zasady oprogramowanie **SOLIDWORKS** nie wymaga wstępnego wybrania obiektów przed otwarciem menu czy okna dialogowego. Na przykład przy dodawaniu zaokrągleń do krawędzi w modelu użytkownik ma pełną swobodę – może najpierw wybrać krawędzie, a następnie kliknąć narzędzie **Zaokrąglenie** lub kliknąć narzędzie **Zaokrąglenie**, a następnie wybrać krawędzie. Wybór należy do użytkownika.

Klawisze myszy

Przyciski myszy lewy, prawy i środkowy mają określone funkcje w oprogramowaniu SOLIDWORKS.

■ Lewy

Wybieranie obiektów, takich jak geometrie, przyciski menu i obiekty w drzewie operacji FeatureManager.

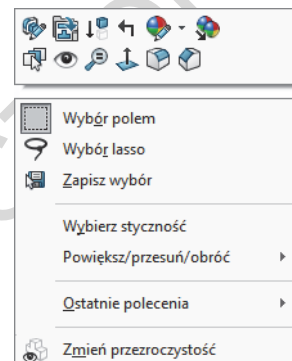
■ Prawy

Uaktywnianie kontekstowego menu podręcznego. Zawartość menu różni się w zależności od tego, nad jakim obiektem znajduje się kursor. Menu te zawierają również skróty do często używanych poleceń.

Menu skrótów

U góry **Menu skrótów** znajduje się **Kontekstowy pasek narzędzi**. Zawiera on kilka najczęściej używanych poleceń w postaci ikon.

Poniżej znajduje się menu rozwijalne. Zawiera ono inne polecenia, które są dostępne w kontekście danego wyboru – w tym przypadku ściany.

**Uwaga**

Kontekstowy pasek narzędzi również stanie się dostępny po dokonaniu wyboru lewym przyciskiem myszy. Daje on szybki dostęp do typowych poleceń.

■ Środkowy

Dynamiczne obracanie, przesuwanie i powiększanie/pomniejszanie części lub złożeń. Przesuwanie rysunku.

Skróty klawiaturowe

Niektóre opcje w menu zawierają skróty klawiszowe, jak np.



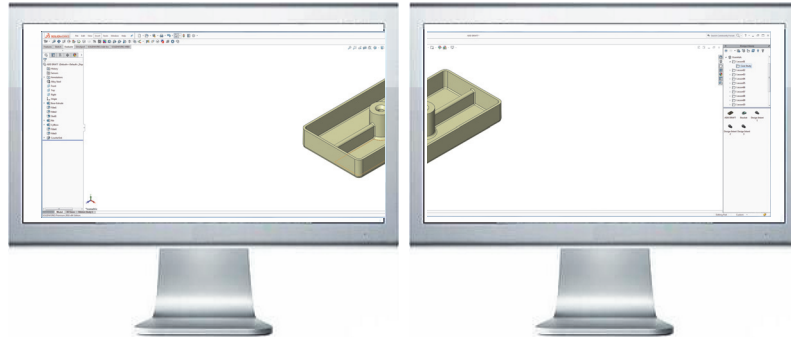
Oprogramowanie SOLIDWORKS jest zgodne ze standardowymi konwencjami systemu Windows dla takich skrótów klawiaturowych, jak **Ctrl + O** dla pozycji menu **Plik > Otwórz**, **Ctrl + S** dla pozycji menu **Plik > Zapisz**, **Ctrl + Z** dla pozycji menu **Edycja > Cofnij** itd. Dodatkowo można dostosowywać aplikację SOLIDWORKS poprzez tworzenie własnych skrótów.

Wyświetlanie obrazu na kilku monitorach



SOLIDWORKS może współpracować z kilkoma monitorami i umożliwia przenoszenie okien dokumentów lub menu na ekrany innych monitorów.

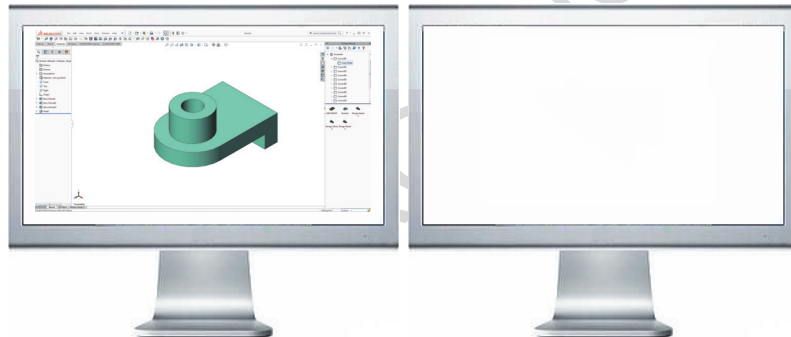
Podział monitorów

Kliknąć **Podziel ekran**  na górnym pasku okna **SOLIDWORKS**, aby rozszerzyć ekran na dwa monitory.



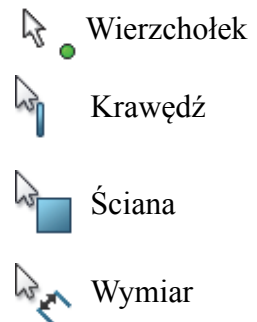
Dopasowanie do ekranu

Kliknąć **Dopasuj do lewego ekranu**  lub **Dopasuj do prawego ekranu**  na górnym pasku dokumentu, aby dopasować go do lewego lub prawego monitora.



Informacje zwrotne systemu

Informacje zwrotne są przekazywane przy użyciu symbolu dołączonego do strzałki kursora wskazującego, co jest aktualnie wybierane lub jakiego wyboru oczekuje system. Przemieszczanie kursora nad modelem powoduje wyświetlanie informacji zwrotnej w postaci symboli obok kursora. Po prawej stronie pokazano niektóre z symboli (wierzchołków, krawędzi, ścian oraz wymiarów).

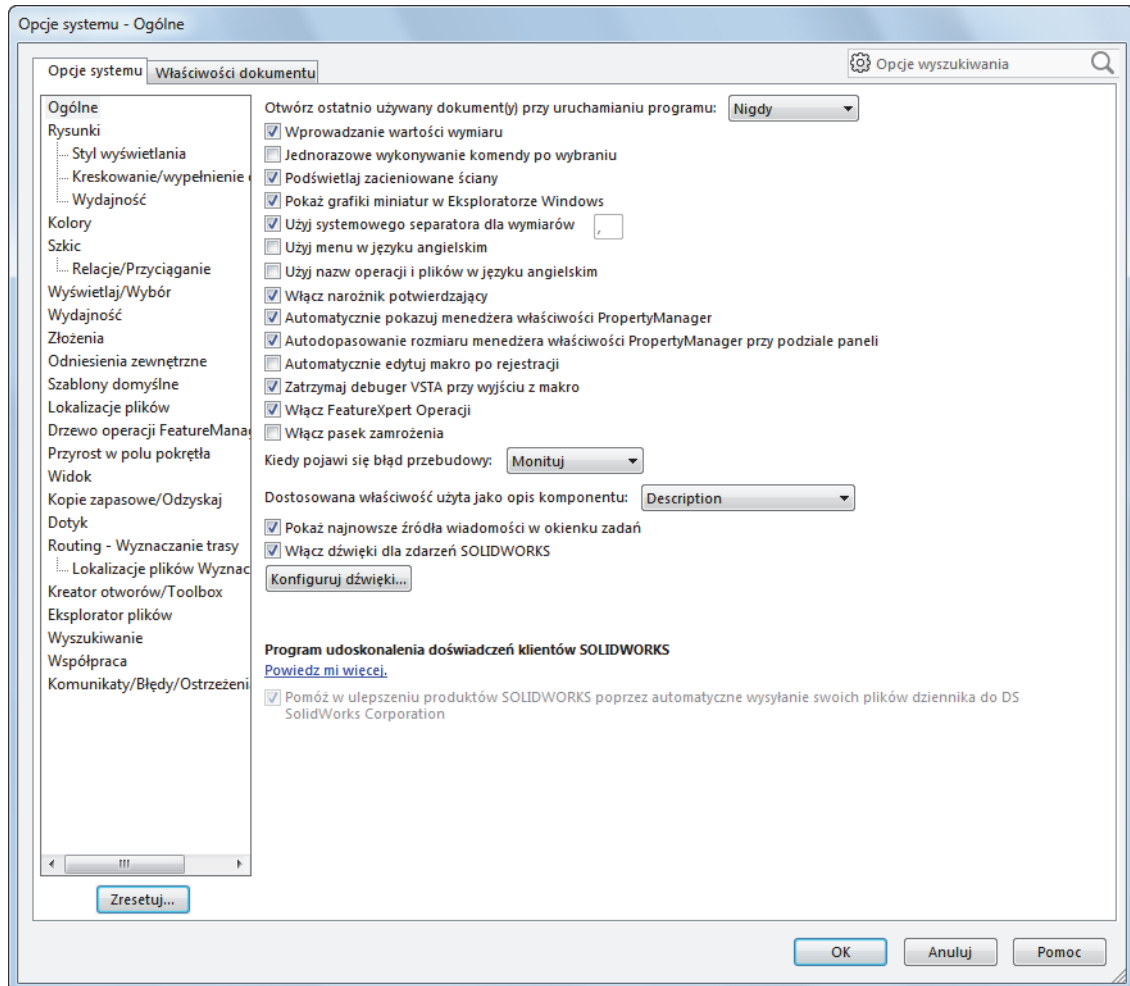


Opcje

Znajdujące się w menu **Narzędzia** okno dialogowe **Opcje** pozwala na dostosowanie oprogramowania **SOLIDWORKS**, tak aby odzwierciedlało standardy projektowania danej firmy, a także indywidualne preferencje użytkownika i konfigurację środowiska pracy.

Porada

Za pomocą paska wyszukiwania w prawym górnym rogu okna dialogowego **Opcje** można wyszukać opcje systemowe i właściwości dokumentu. Wpisać etykietę pola wyboru, przycisku radiowego lub innej opcji, aby odszukać stronę, na której znajduje się dany element.



Dostosowywanie

Użytkownik ma do dyspozycji kilka poziomów dostosowywania. Są to:

■ **Opcje systemu**

Opcje zgrupowane pod nagłówkiem **Opcje systemu** są zapisywane w systemie i mają wpływ na każdy dokument otwierany w danej sesji **SOLIDWORKS**. Ustawienia systemu pozwalają użytkownikowi na sterowanie i dostosowywanie środowiska pracy. Na przykład jeden użytkownik preferuje pracę z kolorowym tłem okienka ekranu. Drugi użytkownik nie chce kolorowego tła. Ponieważ jest to ustawienie systemowe, części i złożenia otwierane w systemie pierwszego użytkownika będą miały kolorowe okienko ekranu. Te same pliki otwarte w systemie drugiego użytkownika nie będą miały kolorowego okienka ekranu.

■ **Właściwości dokumentu**

Ustawienia te stosują się do indywidualnego dokumentu. Na przykład jednostki, standardy projektowania oraz właściwości materiału (gęstość) stanowią ustawienia dokumentu. Są one zapisywane wraz z dokumentem i pozostają bez zmian niezależnie od tego, w czym systemie dokument zostanie otwarty.

■ **Szablony dokumentów**


Szablony dokumentu to wcześniej zdefiniowane dokumenty, w których skonfigurowano pewne specyficzne ustawienia. Na przykład użytkownik może potrzebować dwóch różnych szablonów dla części. Jeden szablon z ustawieniami angielskimi, takimi jak standardy projektowania ANSI i cale, a drugi z ustawieniami metrycznymi, takimi jak milimetry i standardy projektowania ISO. Można skonfigurować dowolną wymaganą liczbę szablonów dokumentu. Można je zorganizować w różnych folderach, co ułatwia dostęp podczas otwierania nowych dokumentów. Istnieje możliwość tworzenia szablonów dokumentu dla części, złożów i rysunków.

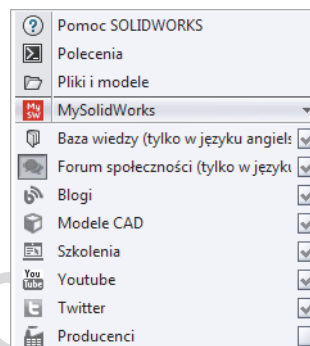
■ **Obiekt**

W wielu przypadkach istnieje możliwość zmieniania lub edytowania właściwości indywidualnego obiektu. Na przykład można zmienić domyślny sposób wyświetlania wymiaru tak, aby wygasić jedną lub obydwie pomocnicze linie wymiaru albo zmienić kolor operacji.

Wyszukaj

Opcji **Wyszukaj** można użyć do wyszukania informacji w **Pomocy SOLIDWORKS, poleceniach, plikach i modelach** w systemie poprzez wyszukanie dowolnej części nazwy (wymagany jest aparat Windows Desktop Search) albo informacji z witryny **MySolidWorks**. Wyszukiwanie odbywa się według następującej procedury:

- Określić, który typ wyszukiwania należy wykonać.
- Wpisać nazwę lub jej część w polu **Wyszukiwanie** i kliknąć ikonę wyszukiwania .
- W celu przeszukiwania witryny my.solidworks.com kliknąć **MySolidWorks** oraz odpowiednie opcje podrzędne.



NOT FOR REPRODUCTION

Lekcja 2

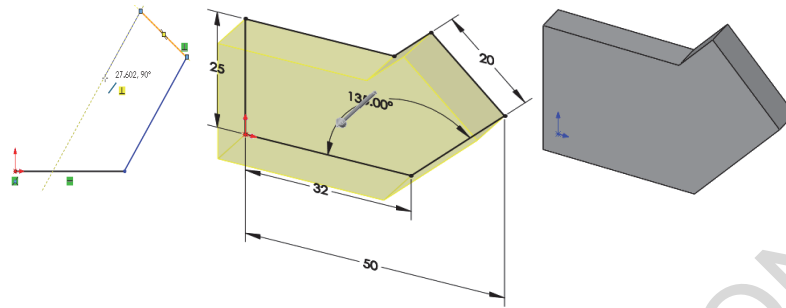
Wprowadzenie do szkicowania

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Utworzyć nową część.
- Wstawić nowy szkic.
- Dodać geometrię szkicu.
- Ustanowić relacje szkicu pomiędzy elementami geometrii.
- Przeanalizować stan szkicu.
- Wyciągnąć szkic, aby utworzyć bryłę.

Szkicowanie dwuwymiarowe (2D)

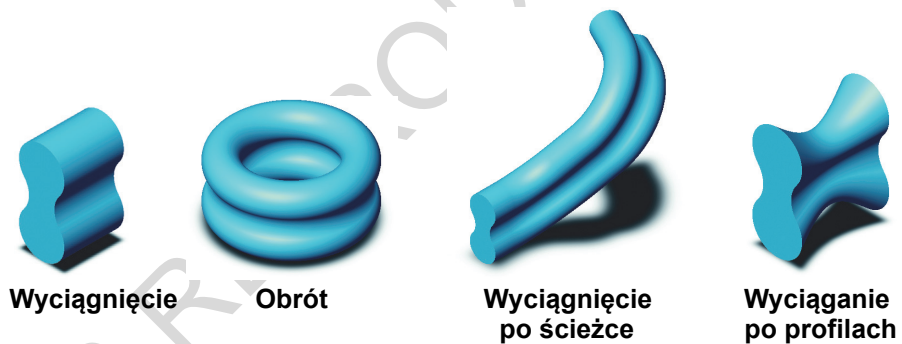
Lekcja ta wprowadza szkicowanie dwuwymiarowe (2D), które stanowi podstawę modelowania w SOLIDWORKS.



Szkice są wykorzystywane we wszystkich szkicowanych operacjach SOLIDWORKS, takich jak:

- Wyciągnięcia
- Wyciągnięcia po ścieżce
- Obroty
- Wyciągnięcia po profilach

Poniższa ilustracja przedstawia sposób, w jaki dany szkic może stanowić podstawę do utworzenia kilku różnych typów operacji.



W tej lekcji zostaną omówione tylko operacje wyciągnięcia. Pozostałe zostaną szczegółowo omówione w dalszych lekcjach lub kursach.

Każdy szkic posiada kilka cech charakterystycznych, które decydują o jego kształcie, rozmiarach i orientacji.

Etapy procedury

- **Nowa część**
Nowe części mogą być tworzone w calach, milimetrach lub innych jednostkach. Części są wykorzystywane do tworzenia i przechowywania modelu bryłowego.
- **Szkice**
Szkice stanowią zbiory geometrii dwuwymiarowych (2D), które wykorzystywane są do tworzenia operacji bryłowych.
- **Geometria szkicu**
Takie typy geometrii dwuwymiarowych (2D), jak linie, okręgi i prostokąty, które tworzą szkic.
- **Relacje szkicu**
Do geometrii szkicu stosowane są takie relacje geometryczne, jak np. poziom i pion. Relacje te ograniczają ruch elementów.

■ Stan szkicu

Każdy szkic posiada stan określający, czy jest on gotowy do użycia czy też nie. Stan może być całkowicie zdefiniowany, niedefiniowany lub przedefiniowany.

■ Narzędzia szkicu

Można użyć narzędzi, aby zmodyfikować utworzoną geometrię szkicu. Często polega to na przycinaniu lub wydłużaniu elementów.

■ Wyciąganie szkicu

Wyciąganie polega na wykorzystaniu szkicu dwuwymiarowego (2D) do utworzenia trójwymiarowej operacji bryły (3D).


Procedura

Proces omówiony w tej lekcji obejmuje szkicowanie i wyciąganie. Na początku tworzony jest nowy plik części.


**Wprowadzenie:
nowa część**

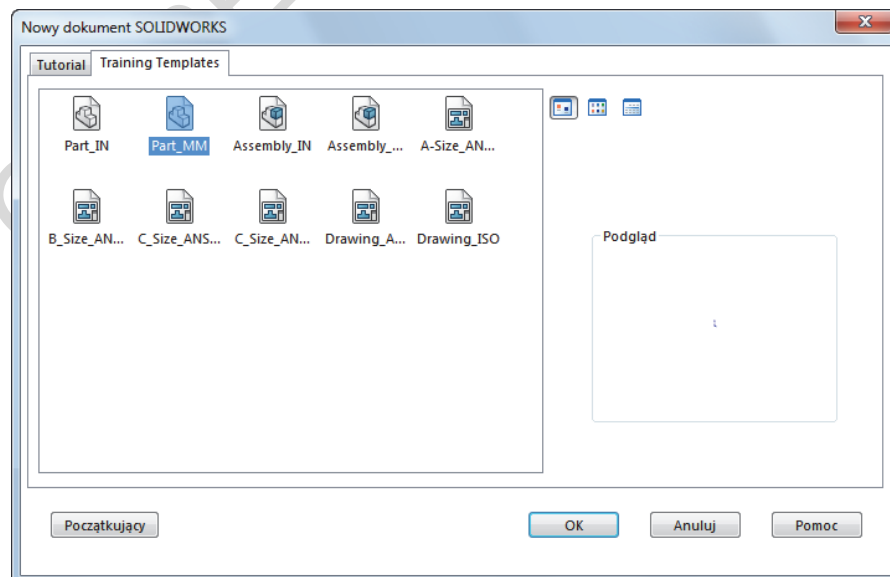
Narzędzie **Nowy** tworzy nowy dokument SOLIDWORKS na podstawie wybranego szablonu części, złożeń lub rysunków. Oprócz domyślnych szablonów, istnieje kilka szablonów szkoleniowych.

Gdzie to znaleźć

- Pasek menu: **Nowy** 
- Menu: **Plik, Nowy**
- Skrót klawiaturowy: **Ctrl+N**

1 Nowa część.

Kliknąć **Nowy** , a następnie szablon **Part_MM** na karcie **Training Templates** w oknie dialogowym **Nowy dokument SOLIDWORKS**, po czym kliknąć **OK**.



Część jest tworzona z wykorzystaniem ustawień szablonu wraz z jednostkami. Ten szablon części wykorzystuje milimetry jako jednostki. Można utworzyć i zachować dowolną liczbę różnych szablonów, każdy z innymi ustawieniami.


Zapisywanie plików

Zapisz

Zapisywanie plików powoduje przeniesienie informacji o pliku z pamięci RAM do lokalizacji na dysku trwałym. SOLIDWORKS daje do dyspozycji trzy opcje zapisywania plików. Każda z nich inaczej wpływa na odniesienia pliku.

Kopiuje plik z pamięci RAM na dysk trwały, pozostawiając otwartą kopię w pamięci RAM. Jeśli do tego pliku odnoszą się jakiekolwiek otwarte pliki SOLIDWORKS, odniesienia nie ulegają żadnym zmianom.

Gdzie to znaleźć

- Pasek menu: **Zapisz** 
- Menu: **Plik, Zapisz**
- Skrót klawiaturowy: **Ctrl+S**

Zapisz jako

Kopiuje plik z pamięci RAM na dysk trwały pod nową nazwą albo jako inny typ pliku, zastępując plik w pamięci RAM nowym plikiem. Stary plik w pamięci RAM zostanie zamknięty *bez* zapisywania. Jeśli do tego pliku odnoszą się jakiekolwiek *otwarte* pliki SOLIDWORKS, należy zaktualizować odniesienia do nowego pliku.


Zapisać na dysku jako kopię

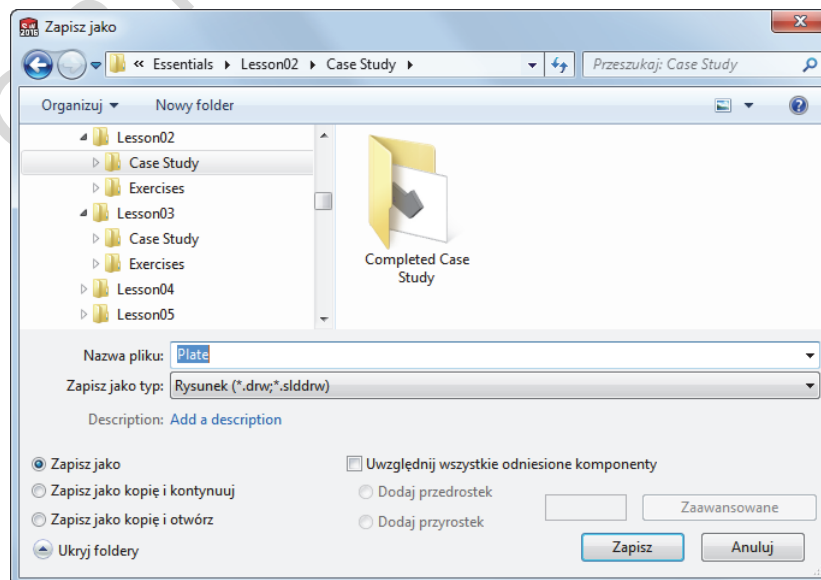
Kopiuje plik z pamięci RAM na dysk pod nową nazwą albo jako inny typ pliku, pozostawiając otwarty oryginał w pamięci RAM. Jeśli do tego pliku odnoszą się jakiekolwiek otwarte pliki SOLIDWORKS, *nie należy* aktualizować odniesień do nowego pliku.

Zapisać jako kopię i otworzyć

Kopiuje plik z pamięci RAM na dysk trwały pod nową nazwą albo jako inny typ pliku, pozostawiając otwartą kopię i oryginał.

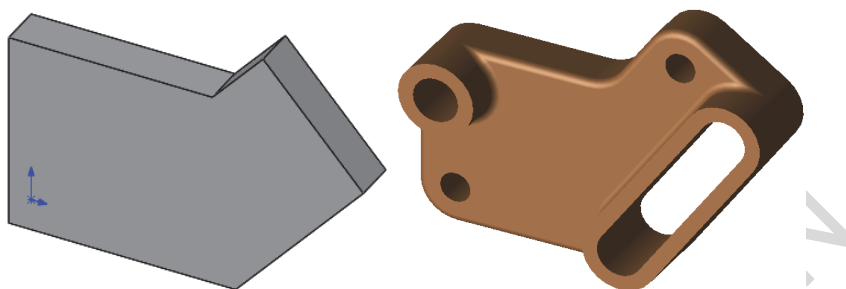
2 Katalogowanie części.

Kliknąć **Zapisz**  i zapisać część pod nazwą Plate. Rozszerzenie *.sldprt zostanie dodane automatycznie. Kliknąć **Zapisz**.



Co naszkicujemy?

W tej części utworzymy pierwszą operację części. Ta początkowa operacja jest pierwszą z wielu operacji koniecznych do ukończenia części.



Szkicowanie


Szkicowanie polega na utworzeniu profilu dwuwymiarowego (2D) składającego się z geometrii krawędziowej. Główne typy geometrii to linie, łuki, okręgi i elipsy. Szkicowanie ma charakter dynamiczny. Ułatwienie stanowią informacje zwrotne kursora.

Domyślne płaszczyzny



Aby utworzyć szkic, konieczne jest wybranie płaszczyzny, na której nastąpi szkicowanie. W systemie domyślnie dostępne są trzy płaszczyzny początkowe. Są to: Płaszczyzna przednia, Płaszczyzna górna oraz Płaszczyzna prawa.

Wprowadzenie: Szkic


Aby utworzyć nowy szkic, narzędzie **Szkic** spowoduje otwarcie szkicownika na aktualnie wybranej płaszczyźnie. Polecenie **Szkic** służy również do edytowania istniejącego szkicu.

Jeśli nie wybrano wstępnie ściany ani płaszczyzny, przed użyciem narzędzia **Szkic** pojawi się kursor , co oznacza, że należy wybrać ścianę lub płaszczyznę.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic** > **Szkic** 
- Menu: **Wstaw, Szkic**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy płaszczyznę lub ścianę planarną, a następnie kliknąć **Szkic** 

3 Otworzyć nowy szkic.

Kliknąć . Spowoduje to wyświetlenie wszystkich trzech możliwych do wybrania płaszczyzn domyślnych w orientacji

Aksonometrycznej trójwymiarowej.

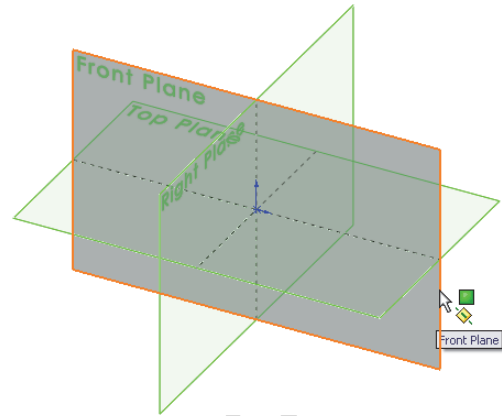
Orientacja

Aksonometryczna trójwymiarowa to widok obrazowy, który jest tak

zorientowany, że wszystkie trzy wzajemnie prostopadłe płaszczyzny pojawiają się jako nierównomiernie skrócone perspektywicznie.

Na tym ekranie należy wybrać Płaszczyznę przednią.

Płaszczyzna ta zostanie podświetlona i obrócona.




Uwaga

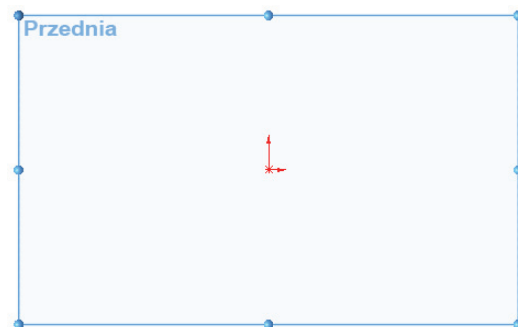
Triada odniesienia (lewy dolny narożnik) zawsze ukazuje orientację osi współrzędnych modelu (czerwona -X, zielona -Y i niebieska -Z). Pomaga ona w uwidocznieniu zmiany orientacji widoku względem Płaszczyzny przedniej.



4 Aktywny szkic.

Wybrana Płaszczyzna przednia zostanie obrócona do pozycji równoległej do ekranu.

Symbol  oznacza początek układu współrzędnych szkicu. Jest on wyświetlany kolorem czerwonym, co oznacza jego aktywność.



**Wprowadzenie:
narożnik
potwierdzeń**

Gdy aktywnych jest wiele poleceń SOLIDWORKS, w prawym górnym narożniku obszaru graficznego pojawia się symbol lub zestaw symboli. Obszar ten jest określany jako **Narożnik potwierdzający**.

**Narożnik
potwierdzeń**

Gdy szkicowanie jest aktywne lub otwarte, w **Narożniku potwierdzającym** są wyświetlane dwa symbole. Jeden z nich wygląda jak szkic. Drugim jest czerwony znak X. Symbole stanowią wizualne przypomnienie o aktywnym szkicu. Kliknięcie symbolu szkicu kończy szkic i *zapisuje wszystkie zmiany*. Kliknięcie czerwonego symbolu X powoduje wyjście ze szkicu i porzucenie wszelkich zmian.

Kiedy aktywne są inne polecenia, narożnik potwierdzeń wyświetla znaczek OK bądź Anuluj. Znak X anuluje polecenie.

Nacisnąć klawisz D, aby przenieść narożnik potwierdzający do lokalizacji wskaźnika.


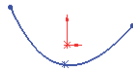



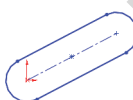


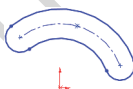








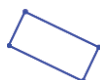

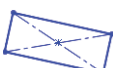






**Elementy
szkicu**

SOLIDWORKS oferuje dużą różnorodność narzędzi szkicu do tworzenia geometrii profili. W tej lekcji użyte zostaną tylko najbardziej podstawowe kształty: **Linie**.

Geometria szkicu

W poniższej tabeli wyszczególniono niektóre dostępne elementy szkicu:

Element szkicu	Przycisk	Przykład geometrii
Linia		
Okrąg		
Obwód okręgu		
Łuk z punktu środka		
Łuk styczny		
Łuk trzypunktowy		
Elipsa		
Częściowa elipsa		

Element szkicu	Przycisk	Przykład geometrii
Parabola		
Splajn		
Prosta szczelina		
Prosta szczelina z punktu środka		
Szczelina z łuku trzypunktowego		
Szczelina na łuku z punktu środka		
Wielobok		
Prostokąt z narożnika		
Prostokąt ze środka (geometrię konstrukcyjną można dodać do każdego typu)		
Prostokąt z 3-punktowego narożnika		
3-punktowy prostokąt ze środka		
Równoległobok		
Punkt		
Linia środkowa		

Szkicowanie podstawowe

Metodyka szkicowania

Najlepszym sposobem rozpoczęcia szkicowania jest wykorzystanie najbardziej fundamentalnego kształtu, jakim jest **Linia**.

Istnieją dwie techniki szkicowania geometrii, których można użyć:

■ Kliknięcie-kliknięcie

Ustawić kursor w miejscu rozpoczęcia linii. Kliknąć (nacisnąć i zwolnić) lewy przycisk myszy. Przenieść kursor w miejsce, gdzie linia ma się kończyć. Podgląd elementu szkicu podąży dynamicznie za kursorem, co przypomina rozciąganą gumkę. Kliknąć lewym przyciskiem myszy drugi raz. Dodatkowe kliknięcia tworzą szereg połączonych linii.



■ Kliknięcie-przeciągnięcie

Ustawić kursor w miejscu rozpoczęcia linii. Nacisnąć i przytrzymać lewy przycisk myszy. Przeciągnąć kursor do miejsca, gdzie dany element szkicu ma się kończyć. Podgląd elementu szkicu podąży dynamicznie za kursorem, co przypomina rozciąganą gumkę. Zwolnić lewy przycisk myszy.

Wprowadzenie: wstawianie linii

Narzędzie **Linia** tworzy pojedyncze segmenty linii w szkicu. Poziome i pionowe linie można tworzyć podczas szkicowania, obserwując symbole informacji zwrotnych przy kursorze.



Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Linia** 
- Menu: **Narzędzia, Elementy szkicu, Linia**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Linia** 

Wprowadzenie: relacje szkicu

Relacje szkicu służą do wymuszania odpowiednich zachowań elementu szkicu, pozwalając uchwycić intencję projektu. Zostaną one omówione szczegółowo w rozdziale *Relacje szkicu* na stronie 44.

5 Naszkicować linię.

Kliknąć narzędzie **Linia**  i naszkicować poziomą linię od początku układu współrzędnych. Przy kursorze pojawi się symbol , co oznacza, że do linii zostanie automatycznie dodana relacja **pozioma**. Liczba oznacza długość linii. Kliknąć ponownie, aby zakończyć linię.

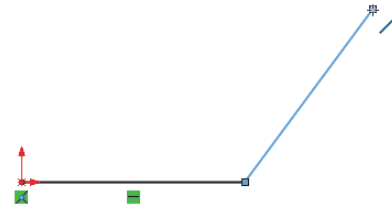


Ważne!



Nie należy koncentrować się zbyt mocno na uzyskaniu dokładnej długości linii. Oprogramowanie SOLIDWORKS bazuje na wymiarach — to wymiary sterują rozmiarami geometrii, a nie na odwrót. Należy utworzyć szkic o przybliżonych rozmiarach i kształtach, a następnie użyć wymiarów w celu uzyskania dokładnego szkicu.

6 Linia pod kątem.

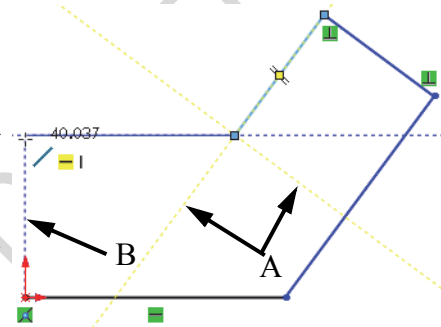
Rozpoczynając od końca pierwszej linii, naszkicować linię pod kątem.



Linie pomocnicze (Relacje automatyczne)

Oprócz symboli  i  pojawiają się przerywane linie pomocnicze ułatwiające wyrównanie szkicowanej linii do istniejącej geometrii. Linie te uwzględniają wektory istniejącej linii, normalne, poziomy, pionowy, styczne i środki.

Należy zauważyć, że niektóre linie wychwytyują rzeczywiste relacje geometryczne, podczas gdy inne stanowią wskazówki lub odniesienia podczas szkicowania. Różnice w kolorach linii wnioskowania pozwalają je odróżniać. Na ilustracji po prawej stronie są widoczne żółte linie oznaczone literą „A”. Jeżeli szkicowana linia złączy się z nimi, otrzyma relację styczności bądź prostopadłości.



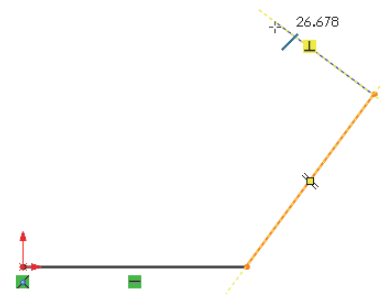
Linia oznaczona jako „B” ma kolor niebieski. Dostarcza ona jedynie odniesienia, w tym przypadku pionowego, do drugiego punktu końcowego. Jeżeli linia szkicu zostanie zakończona w tym punkcie, nie zostanie wychwycona żadna relacja pionowa.

Uwaga

Istnieje możliwość włączenia lub wyłączenia wyświetlania automatycznie pojawiających się relacji szkicu przy użyciu menu **Widok, Relacje szkicu**. Pozostaną one włączone na początkowym etapie szkicowania.

7 Linie wnioskowania.

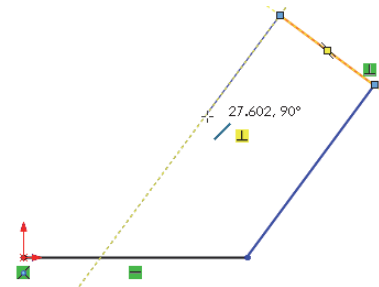
Utwórzmy linię, poruszając się w kierunku prostym do poprzedniej linii. Spowoduje to wyświetlenie linii wnioskowania podczas szkicowania. Zostanie utworzona relacja **Prostopadła** pomiędzy tą linią a ostatnią linią.



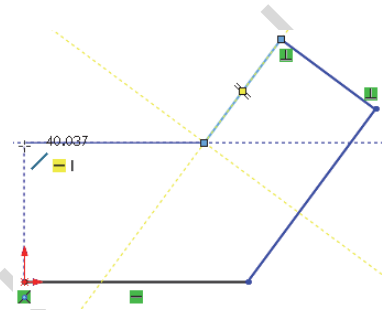
Symbol kursora sygnalizuje, że wychwytywana jest relacja prostopadła.

8 Prostopadłość.

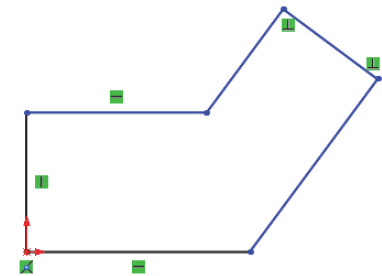
Utworzyć kolejną linię prostopadłą z ostatniego punktu końcowego, po raz kolejny wychwytyując relację prostopadłą.

**9 Odniesienie.**

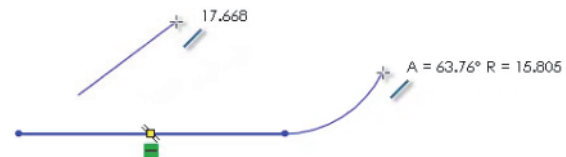
Utwórzmy linię poziomą wychodzącą z ostatniego punktu końcowego. Niebieskie wnioskowania stanowią jedynie odniesienia i *nie* tworzą relacji. Są one wyświetlane kolorem niebieskim. Takie odniesienie służy do wyrównania w pionie punktu końcowego z początkiem układu współrzędnych.

**10 Zamknąć.**




Zamknijmy szkic ostatnią linią połączoną z punktem początkowym pierwszej linii.

**Informacje
zwrotne szkicu**

Szkicownik zawiera wiele funkcji informacji zwrotnych. Cursor zmienia się, informując o typie elementu, który jest tworzony. Wskazuje on również pomarańczową kropką, które wybory są dostępne w istniejącej geometrii, takie jak punkt końcowy, wspólny lub środkowy, gdy znajdzie się na niej cursor.



Oto trzy najczęściej spotykane symbole informacji zwrotnych:

Symbol	Ikona	Opis
Punkt końcowy		Żółte okręgi koncentryczne pojawiają się przy punkcie końcowym, gdy kursor znajduje się nad nim.
Punkt środkowy		Punkt środkowy pojawia się jako żółty kwadrat. Zmienia on kolor na pomarańczowy, gdy kursor znajduje się nad linią.
Punkt wspólny (na krawędzi)		Pojawiają się punkty kwadrantu okręgu oraz okrąg koncentryczny nad punktem środka.

Wyłączanie narzędzi

Aktywne narzędzie jest wyłączane przy użyciu *jednej* z poniższych technik:

- Pasek menu: **Wybierz**
- Menedżer poleceń CommandManager: Kliknąć aktywne narzędzie, aby je wyłączyć
- Skrót klawiaturowy: **Esc**

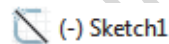
11 Wyłączanie narzędzia.

Nacisnąć klawisz **Esc** na klawiaturze, aby wyłączyć narzędzie linii.

Status szkicu

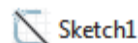
Szkice w dowolnej chwili mogą znajdować się w jednym z pięciu stanów zdefiniowania. Stan szkicu zależy od relacji geometrycznych pomiędzy geometrią a wymiarami, które ją definiują. Najczęściej występują trzy stany:

Niedodefiniowany

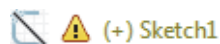


Definicja szkicu jest niewystarczająca, jednak szkicu można nadal użyć do tworzenia operacji. Jest to korzystne, ponieważ często na początkowych etapach procesu projektowania brak jest informacji wystarczających do całkowitego zdefiniowania szkicu. Gdy w późniejszym czasie dostępnych będzie więcej informacji, będzie można dodać pozostałe definicje. Niedodefiniowana geometria szkicu ma (domyślnie) kolor **niebieski**.

W pełni zdefiniowany



Szkic zawiera wszystkie informacje konieczne do pełnego opisanie geometrii. Całkowicie zdefiniowana geometria ma (domyślnie) kolor czarny. Generalna zasada mówi, że kiedy część jest przekazywana do produkcji, jej szkice powinny być całkowicie zdefiniowane.

Przededefiniowany

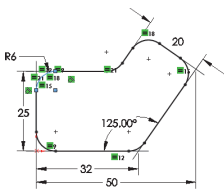
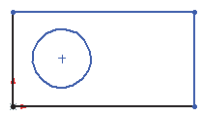
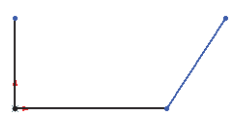
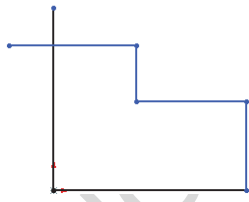
Szkic ma zduplikowane wymiary lub sprzeczne relacje i nie powinien być używany, dopóki nie zostanie poprawiony. Zbędne wymiary i relacje należy usunąć. Przededefiniowana geometria ma kolor **czzerwony** (domyślnie).

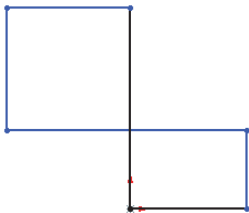
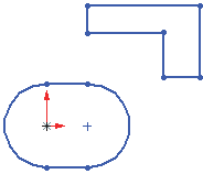
Uwaga

Dwa pozostałe stany to: **Nie znaleziono rozwiązania** oraz **Znaleziono nieprawidłowe rozwiązanie**. Oba stany oznaczają, że istnieją błędy, które muszą być naprawione.

Zasady prowadzenia szkicu

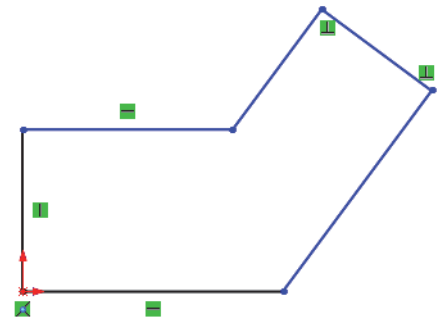
Różne typy szkiców dają różne wyniki. W poniższej tabeli zestawiono kilka różnych typów. Należy zauważyć, iż niektóre z przedstawionych w poniższej tabeli są technikami zaawansowanymi, omówionymi w dalszej części kursu albo w innych kursach zaawansowanych.

Typ szkicu	Opis	Uwagi specjalne
	Typowy „standardowy” szkic, który jest starannie zamkniętym konturem.	Brak.
	Wiele zagnieżdżonych konturów tworzy dodanie z wewnętrznym wycięciem.	Brak.
	Otwarty kontur tworzy cienką ściankę o stałej grubości.	Brak.
	Narożniki nie są dokładnie zamknięte. Powinny być.	Użyć Narzędzia wybierania konturów . Chociaż szkic ten działa, stanowi on jednak przykład słabej techniki i nawyków niestarannej pracy. Należy tego unikać.

	<p>Szkic zawiera samoprzecinający się kontur.</p>	<p>Użyć Narzędzia wybierania konturów. Jeżeli zostaną wybrane oba kontury, ten typ szkicu utworzy bryłę wieloobiektową. Patrz <i>Bryły wieloobiektowe</i> w kursie <i>Zaawansowane modelowanie części</i>. Chociaż narzędzie to działa, obiekty wielokrotne stanowią zaawansowaną technikę modelowania, z której nie należy korzystać do czasu, aż zdobyte zostanie większe doświadczenie.</p>
	<p>Szkic zawiera rozłączne kontury.</p>	<p>Ten rodzaj szkicu może tworzyć Bryłę wieloobiektową. Patrz <i>Bryły wieloobiektowe</i> w kursie <i>Zaawansowane modelowanie części</i>. Chociaż narzędzie to działa, obiekty wielokrotne stanowią zaawansowaną technikę modelowania, z której nie należy korzystać do czasu, aż zdobyte zostanie większe doświadczenie.</p>

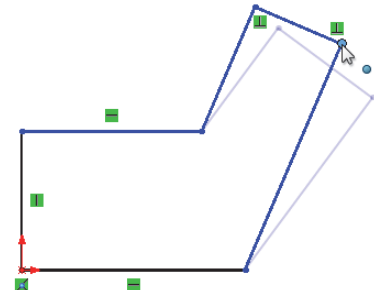
12 Bieżący stan szkicu.

Szkic jest **Niedodefiniowany**, ponieważ fragmenty geometrii mają kolor niebieski. Należy zauważyć, że punkty końcowe linii mogą posiadać inny kolor i inny stan niż sama linia. Na przykład pionowa linia w początku układu współrzędnych jest czarna, ponieważ jest a) pionowa i b) dołączona do początku układu współrzędnych. Jednakże najwyżej położony punkt końcowy jest niebieski, gdyż długość linii jest niedodefiniowana.




13 Przeciąganie.


Geometrię niedodefiniowaną (**niebieską**) można przeciągać do nowych lokalizacji. Nie można tego zrobić z geometrią całkowicie zdefiniowaną. Przeciągnijmy najwyżej położony punkt końcowy, aby zmienić kształt szkicu. Przeciągany punkt końcowy pojawia się jako zielona kropka.



14 Cofnij zmiany.

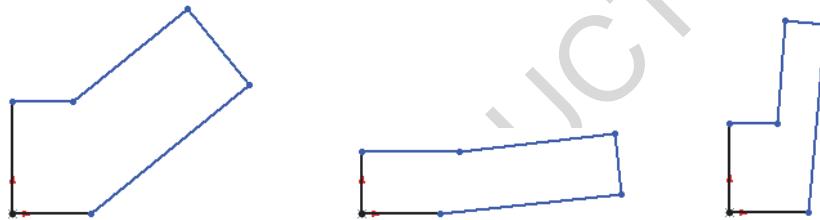
Cofnijmy ostatnie polecenie, klikając opcję **Cofnij** . Klikając menu strzałki skierowanej do dołu, można wyświetlić listę kilku ostatnich poleceń (i wybierać z niej). Skrót klawiaturowy dla **Cofnij** to **Ctrl+Z**.

Porada

Można także wykorzystać polecenie **Ponów** , aby przywrócić ostatnio cofniętą zmianę do stanu sprzed „cofnij”. Skrót klawiaturowy dla polecenia ponowienia to **Ctrl+Y**.

Intencja projektu

Jak już wcześniej wspomniano, intencja projektu decyduje o sposobie budowy części i jej zmieniania. W poniższym przykładzie kształt szkicu musi mieć możliwość zmiany na następujące sposoby:



Co kontroluje intencję projektu?

Intencja projektu w szkicu jest wychwytywana i kontrolowana przez kombinację dwóch rzeczy:

■ Relacje szkicu

Tworzenie relacji geometrycznych, takich jak równoległość, współliniowość, prostopadłość czy wspólność pomiędzy elementami szkicu.

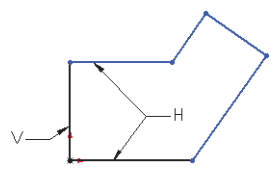
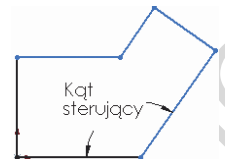
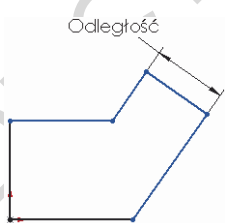
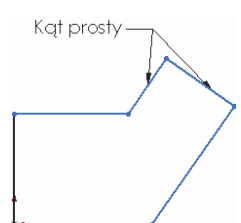
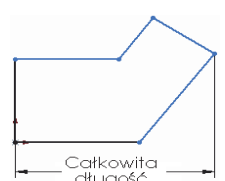
■ Wymiary

Wymiary służą do definiowania rozmiaru i lokalizacji geometrii szkicu. Można dodawać wymiary liniowe, promieniowe, średnicowe i kątowe.

Aby całkowicie zdefiniować szkic i uchwycić żądaną intencję projektu, należy zastosować kombinację relacji i wymiarów.

Żądana intencja projektu

Aby zmiany w szkicu zachodziły prawidłowo, wymagane są prawidłowe relacje i wymiary. Poniżej wyszczególniono żądane intencje projektu:

Linie poziome i pionowe.	
Wartość kąta.	
Wartość odległości równoległej.	
Narożniki o kącie prostym lub linie prostopadłe.	
Całkowita wartość długości.	

Relacje szkicu

Relacje szkicu służą do wymuszania odpowiednich zachowań elementu szkicu, pozwalając uchwycić intencję projektu. Niektóre z nich są automatyczne, inne zaś dodawane w miarę potrzeb. W tym przykładzie przyjrzymy się relacjom jednej z linii i przeanalizujemy ich wpływ na intencję projektu szkicu.

Automatyczne relacje szkicu


Relacje automatyczne dodawane są podczas szkicowania geometrii. Można to było zauważyć podczas szkicowania zarysu w poprzednich krokach. Informacje zwrotne szkicu informują użytkownika o tworzeniu relacji automatycznych.

Dodawane relacje szkicu**Wprowadzenie: wyświetlanie/ usuwanie relacji**

Dla relacji, które nie mogą zostać dodane automatycznie, istnieją narzędzia tworzenia relacji w oparciu o wybraną geometrię.

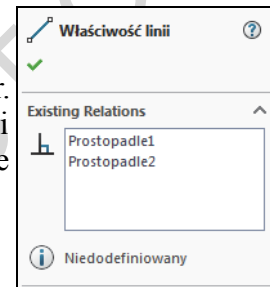
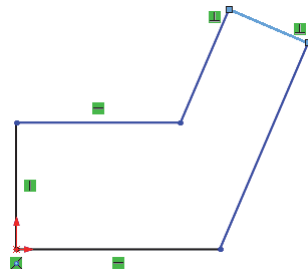
Pokaż/Usuń relacje pokazuje relacje na szkicu. Ponadto pozwala na usuwanie lub dodawanie nowych.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Wyświetlaj/usuń relacje** 
- Menu: **Narzędzia, Relacje, Wyświetlaj/usuń**
- **Właściwości** PropertyManager: **Dodawanie relacji**

15 Wyświetlić relacje związane z linią.

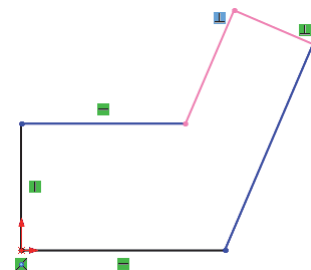
Kliknąć najwyżej położoną linię pod kątem, aby otworzyć menedżer właściwości PropertyManager. W polu **Istniejące relacje** menedżera właściwości PropertyManager zostaną wyszczególnione relacje geometryczne skojarzone z wybraną linią.

**Porada**

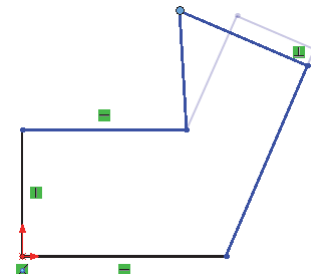
Relacje są widoczne, ponieważ opcja **Widok, Relacje szkicu** jest włączona. Jeśli jest ona wyłączona, to kliknięcie geometrii spowoduje wyświetlenie relacji i otwarcie menedżera właściwości PropertyManager.

16 Usuwanie relacji.

Usunąć najwyżej położoną relację, klikając ją w menedżerze właściwości PropertyManager lub jej symbol i naciskając klawisz **Delete**. Jeżeli wybrano symbol, jego kolor ulegnie zmianie i wyświetlone zostaną elementy, które są kontrolowane.

**17 Przeciąganie punktu końcowego.**

Ponieważ linia nie jest już powiązana prostopadłością, szkic będzie zachowywał się inaczej podczas przeciągania. Warto to porównać z zachowaniem szkicu podczas przeciągania w kroku 13.

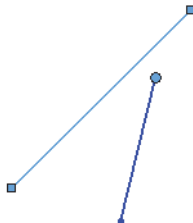
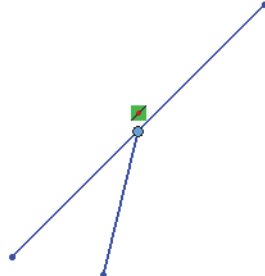
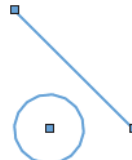
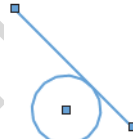
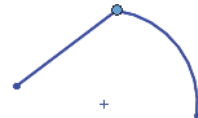
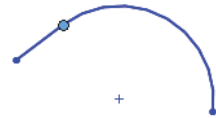


Przykłady relacji szkicu

Istnieje wiele typów **Relacji szkicu**. To, które z nich są prawidłowe, zależy od kombinacji wybranych geometrii. Wybierać można same elementy, punkty końcowe lub kombinacje. W zależności od wyboru, udostępniany jest ograniczony zbiór opcji. Poniższa tabela ukazuje niektóre przykłady relacji szkicu. Nie jest to kompletny wykaz wszystkich relacji geometrycznych. Dodatkowe przykłady zostaną wprowadzone w dalszej części kursu.

Relacja	Przed	Po
Wspólna pomiędzy linią a punktem końcowym.		
Scalenia pomiędzy dwoma punktami końcowymi.		
Równoległa pomiędzy co najmniej dwiema liniami.		
Prostopadła pomiędzy dwiema liniami.		
Współliniowa pomiędzy co najmniej dwiema liniami.		



Relacja	Przed	Po
Pozioma zastosowana do co najmniej jednej linii.		
Pozioma pomiędzy dwoma lub więcej punktami końcowymi.		
Pionowa zastosowana do co najmniej jednej linii.		
Pionowa pomiędzy dwoma lub więcej punktami końcowymi.		
Równości pomiędzy co najmniej dwiema liniami.		
Równości pomiędzy dwoma lub więcej łukami bądź okręgami.		

Relacja	Przed	Po
Punktu środkowego pomiędzy linią a punktem końcowym.		
Styczna między linią a łukiem/okręgiem albo dwoma łukami/okręgami.		
Styczna między linią a łukiem o tym samym punkcie końcowym.		

Wprowadzenie: dodawanie relacji

Polecenie Dodaj relacje jest używane do tworzenia pomiędzy elementami szkicu relacji geometrycznych, takich jak równoległość czy współliniowość.

Gdzie to znaleźć

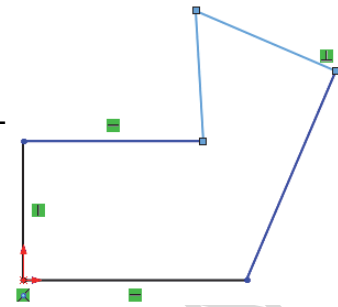
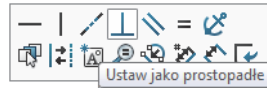
- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Wyświetlaj/usuń relacje**  > **Dodaj relację** 
- Menu: **Narzędzia, Relacje, Dodaj**
- Menu skrótów: Wybierz jeden lub kilka obiektów szkicu i kliknij relację

Wybór wielu obiektów

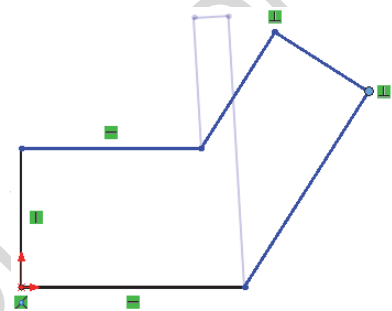
Z poprzedniej lekcji wiemy, że obiekty wybiera się lewym przyciskiem myszy. Ale co zrobić, jeżeli zachodzi potrzeba wybrania równocześnie kilku obiektów? Przy zaznaczaniu kilku obiektów jednocześnie SOLIDWORKS naśladuje umowny standard Microsoft® Windows: przytrzymać klawisz **Ctrl** podczas wybierania obiektów.

18 Dodawanie relacji.

Przytrzymać klawisz **Ctrl** i wybrać dwie linie. Menu kontekstowe wyświetla tylko te relacje, które są poprawne dla wybranej geometrii. Kliknąć **Ustaw jako prostopadłe**.

**19 Przeciągnąć szkic.**

Przeciągnąć szkic wstecz, aby uzyskać w przybliżeniu pierwotny kształt.

**Wymiary**

Wymiary stanowią inny sposób definiowania geometrii i uchwycenia intencji projektu w systemie SOLIDWORKS. Zaletą stosowania wymiarów jest to, iż można je używać zarówno do wyświetlania bieżącej wartości, jak i do jej zmieniania.


**Wprowadzenie:
inteligentne
wymiar**

Narzędzie **Inteligentny wymiar** określa prawidłowy typ wymiaru w oparciu o wybraną geometrię, wyświetlając *podgląd* wymiaru przed jego utworzeniem. Na przykład w przypadku wybrania łuku, system utworzy wymiar promieniowy. W przypadku wybrania okręgu utworzony zostanie wymiar średnicy, a w przypadku wybrania dwóch linii równoległych utworzony zostanie wymiar liniowy pomiędzy nimi. W przypadku, gdy narzędzie **Inteligentny wymiar** nie jest wystarczająco skuteczne, można wybrać punkty końcowe i przenieść wymiar do innych pozycji pomiarowych.

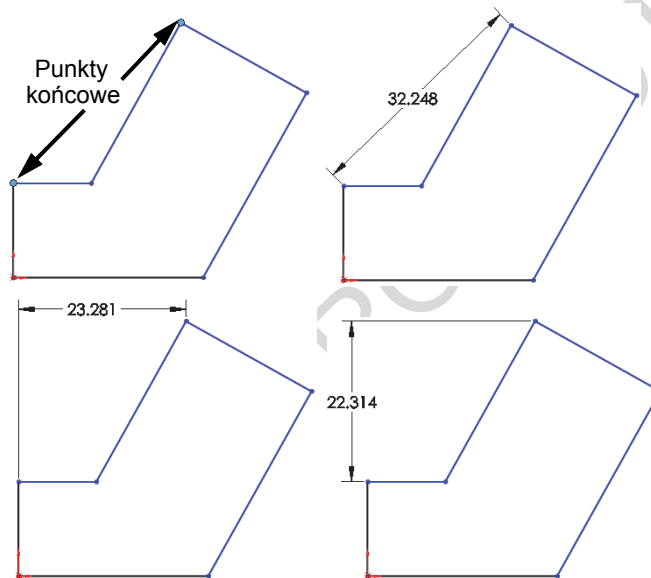
Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Inteligentny wymiar**
- Menu: **Narzędzia, Wymiary, Inteligentny**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Inteligentny wymiar**


Wymiarowanie: wybór i podgląd

Podczas wybierania geometrii szkicu przy użyciu narzędzia wymiarowania, system tworzy podgląd wymiaru. Podgląd pozwala zobaczyć wszystkie możliwe opcje poprzez przemieszczanie myszy po dokonaniu wyborów. Kliknięcie lewym przyciskiem myszy umieszcza wymiar w jego bieżącej pozycji i orientacji. Kliknięcie prawym klawiszem myszy  blokuje tylko orientację, pozwalając na przenoszenie tekstu przed jego ostatecznym umieszczeniem poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy.


Dla wybranych poniżej dwóch punktów, narzędzie wymiarowe proponuje trzy możliwe orientacje dla wymiaru liniowego. Wartość jest wyprowadzana z początkowej odległości pomiędzy punktami i może ulec zmianie w zależności od wybranej orientacji.




Uwaga

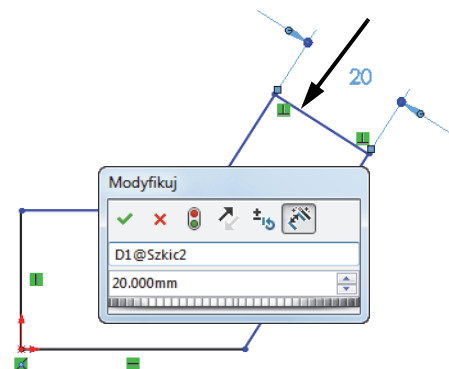
Narzędzia **Inteligentny wymiar** można użyć również po dokonaniu wyboru. Wybrać jedną lub dwie linie i kliknąć .

20 Dodawanie wymiaru liniowego.

Kliknąć **Inteligentny wymiar** , a następnie kliknąć pokazaną linię i kliknąć prawym przyciskiem myszy

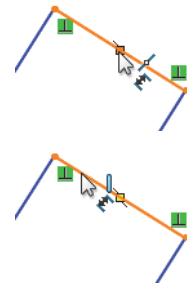
, aby zablokować orientację.

Kliknąć ponownie, aby wstawić tekst, jak pokazano. Wymiar pojawia się wraz z narzędziem **Modyfikuj** wyświetlającym aktualną długość linii. Regulator tarczowy służy do zwiększania/zmniejszania o stałą wartość przy użyciu środkowego przycisku myszy. Gdy tekst jest podświetlony, można również wpisać nową wartość, aby zmienić ją bezpośrednio.

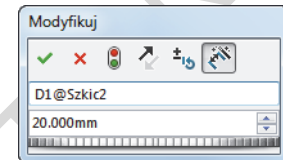


Uwaga

Czasami zamiast geometrii można omyłkowo wybrać lokalizację punktu środkowego. Aby temu zapobiec, należy wybrać geometrię nieco oddaloną od środka.

**Narzędzie modyfikowania**

Narzędzie modyfikowania, które pojawia podczas tworzenia lub edytowania wymiaru (parametru) posiada kilka opcji. Opcje dostępne dla użytkownika:



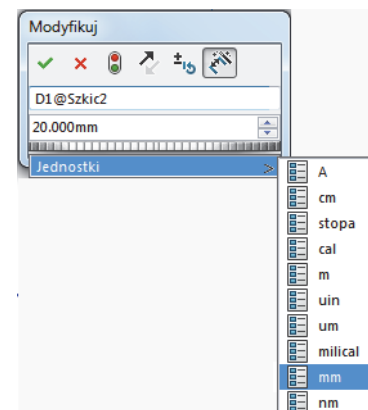
Zwiększanie lub zmniejszanie wartości.

- Zapisywanie bieżącej wartości i zamykanie okna dialogowego.
- Przywrócenie pierwotnej wartości i wyjście z okna dialogowego.
- Przebudowanie modelu z bieżącą wartością.
- Odwrócenie zwrotu wymiaru.
- Zmiana wartość przyrostu regulatora tarczowego.
- Oznaczanie wymiaru dla importu rysunku.

Uwaga**Jednostki w narzędziu Modyfikuj**


Nazwę wymiaru można zmienić w górnej części okna dialogowego.

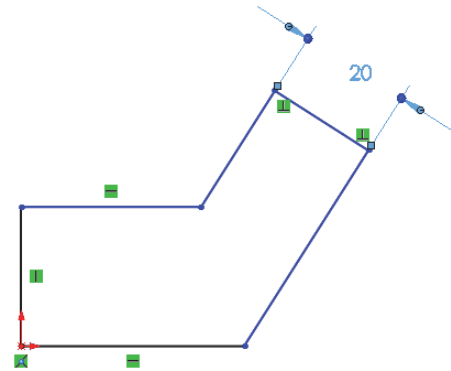
Do regulacji można wybrać jednostki różne od jednostek części. Wpisując wartość, należy wybrać menu **Jednostki >** i wybrać jednostki wejściowe.

**Uwaga**


Skróty jednostek oraz ułamki można także wpisać w pole wartości za wartością numeryczną (na przykład **0,375 cala** lub **3/8"**).

21 Ustawić wartość.

Zmienić wartość na **20** i kliknąć opcję **Zapisz** . Wymiar wymusi długość linii na 20 mm.



Porada

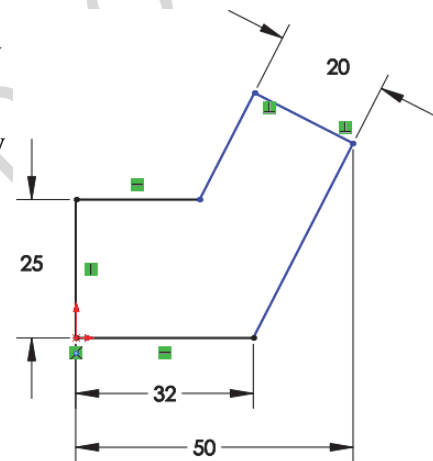
Naciśnięcie klawisza **Enter** ma ten sam skutek co kliknięcie przycisku **Zapisz** .

22 Wymiary liniowe.

Dodajmy do szkicu kolejne wymiary liniowe, jak na ilustracji.

Porada dotycząca wymiarowania

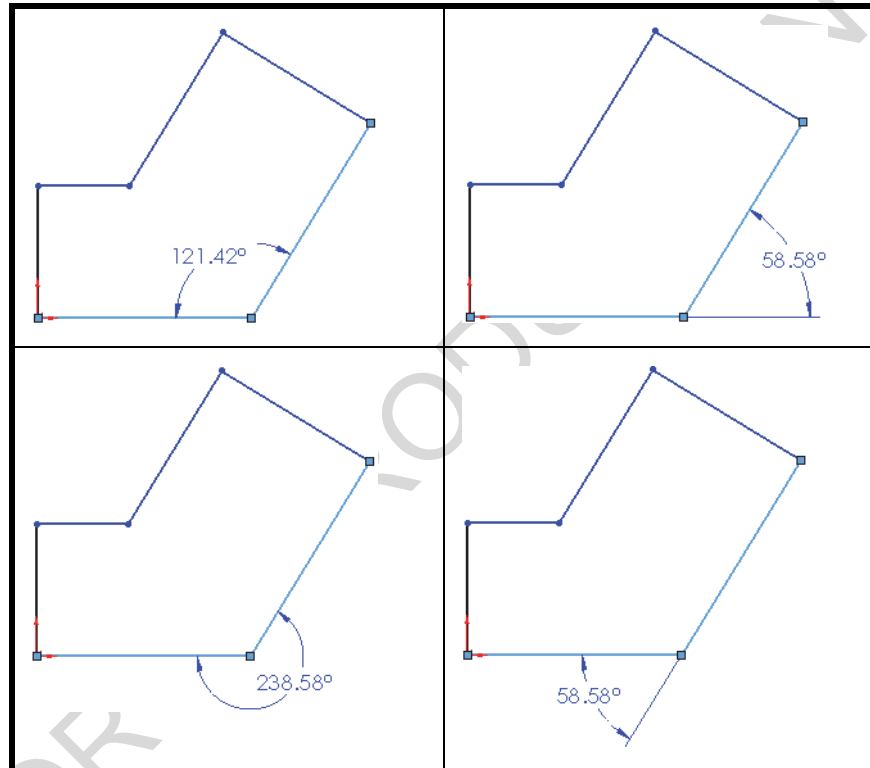
Podczas wymiarowania szkicu należy rozpocząć od najmniejszych wymiarów, przechodząc do największych.



Wymiary kątowe

Wymiary kątowe można tworzyć przy użyciu tych samych narzędzi wymiarowania, jakie stosuje się do tworzenia wymiarów liniowych, promieniowych czy średnic. Należy wybrać dwie linie, które nie są ani współliniowe, ani równoległe, bądź wybrać trzy niewspółliniowe punkty końcowe.

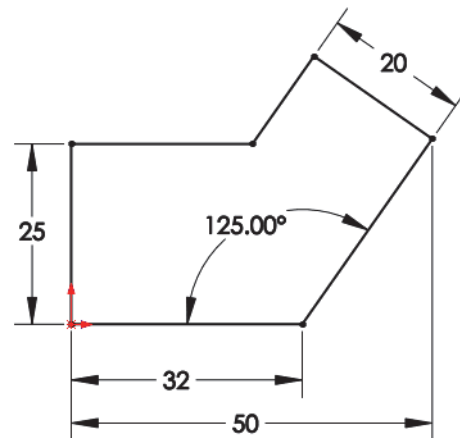
W zależności od lokalizacji umieszczenia wymiaru kątowego, można otrzymać kąt wewnętrzny lub zewnętrzny, kąt ostry bądź kąt rozwarty. Możliwe opcje umieszczenia:



23 Wymiar kątowy.

Używając narzędzia wymiarowania, utworzyć pokazany wymiar kątowy i ustawić wartość na **125°**.

Szkic został całkowicie zdefiniowany. Patrz *W pełni zdefiniowany* na stronie 40.



Instant 2D

Narzędzia **Instant 2D** można używać do manipulowania wymiarami szkicu poprzez dynamiczne zmienianie wartości przy użyciu graficznej linijki.

Uwaga

Linijka jest wyświetlana, aby ułatwić przeciąganie. Zbliżenie kursora do gradientów linijki powoduje przyciąganie do nich.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Instant 2D** 

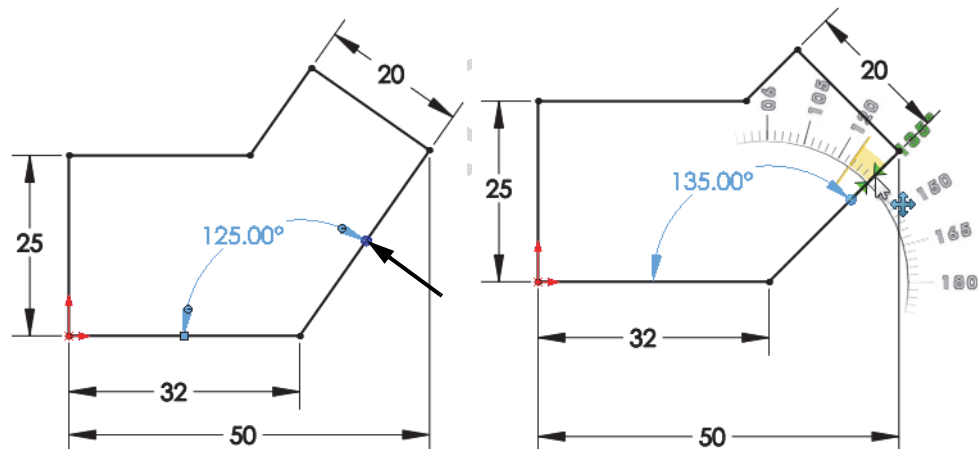
24 Wybrać wymiar.

Narzędzie **Instant 2D** jest domyślnie włączone. Wybrać wymiar 125°.

Kliknąć i przytrzymać okrągły przycisk kulkowy na czubku strzałki.

Wartość wymiaru oraz geometria będą się dynamicznie zmieniać podczas przeciągania uchwyty.


Przeciągnąć wartość do **135°** za pomocą linijki.



Wyciągnięcie

Po zakończeniu szkicu można go wyciągnąć, aby utworzyć pierwszą operację. Istnieje wiele opcji wyciągania szkicu, takich jak statusy początku i końca, pochylenie oraz głębokość wyciągnięcia. Zostaną one omówione bardziej szczegółowo w późniejszych lekcjach. Wyciągnięcia zwykle dokonują się w kierunku normalnym do płaszczyzny szkicu – w tym przypadku do płaszczyzny Przedniej.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Wyciągnięcie Dodania/Bazy** 
- Menu: **Wstaw, Dodanie/Baza, Wyciągnięcie**

25 Wyciągnięcie.

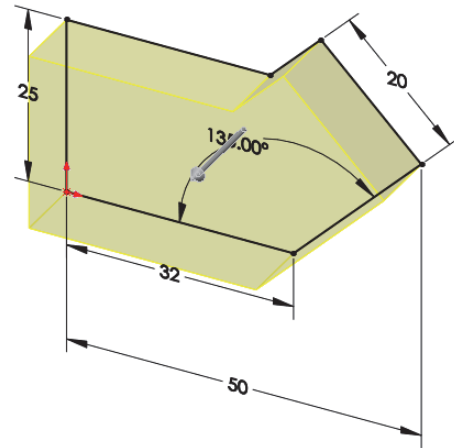
Kliknąć **Wyciągnięcie dodania/bazy** .

Na karcie **Operacje** menedżera poleceń CommandManager wraz z opcjami **Wyciągnięcie** i **Obrót wokół linii środkowej** są wyszczególnione inne metody tworzenia operacji. Są one niedostępne, gdyż szkic nie spełnia warunków koniecznych dla tworzenia operacji tego typu.


Na przykład operacja

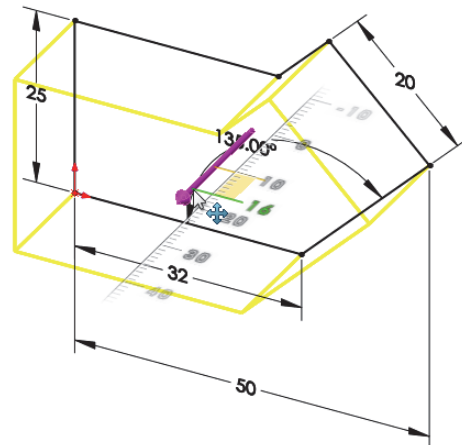
Wyciągnięcie po ścieżce wymaga zarówno szkicu profilu, jak i szkicu ścieżki. Ponieważ na tym etapie istnieje tylko jeden szkic, opcja **Wyciągnięcie po ścieżce** jest niedostępna.

Orientacja widoku automatycznie zmienia się na Aksonometryczną trójwymiarową i jest wyświetlany podgląd operacji z domyślną głębokością.




Uchwyty przeciągania i linijki

Pojawiające się uchwyty  można wykorzystać do przeciągania podglądu na żadaną głębokość. Uchwyty są kolorowe dla kierunku aktywnego i szare dla kierunku nieaktywnego. W objaśnieniu będzie widoczna bieżąca wartość głębokości i linijka.




26 Ustawienia operacji wyciągnięcia.

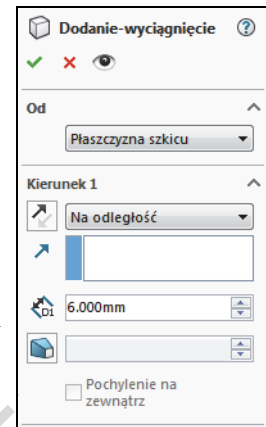
Zmieńmy ustawienia w ukazany sposób.

- **Status końca = Na odległość**
-  **(Głębokość) = 6 mm**

Kliknąć **OK** , aby utworzyć operację.

Porada

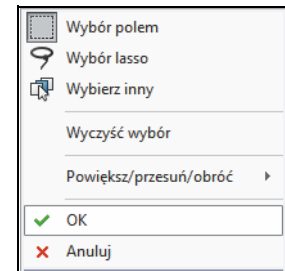
Przycisk **OK**  jest tylko jednym ze sposobów akceptacji i kończenia procesu. Drugim sposobem jest naciśnięcie klawisza **Enter**.



Trzeci sposób polega na użyciu zestawu przycisków **OK/Anuluj** w obszarze **narożnika potwierdzającego** obszaru graficznego lub naciśnięciu klawisza D w celu uaktywnienia tego narożnika pod kursorem.

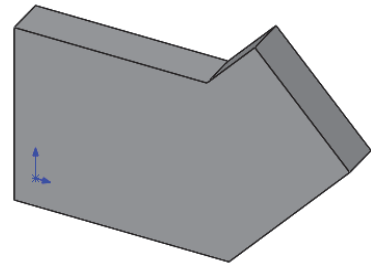


Czwarta metoda polega na kliknięciu prawym przyciskiem myszy i wybraniu **OK** z menu podręcznego.




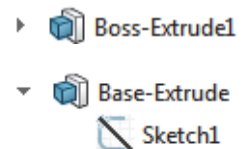
27 Ukończenie operacji.

Ukończona operacja jest pierwszą bryłą lub operacją w części. Szkic jest wchłonięty przez operację Extrude1 (Wyciągnięcie1).




Uwaga

Kliknąć symbol  znajdujący się z przodu nazwy operacji, aby rozwinąć operację i wyświetlić szkic.



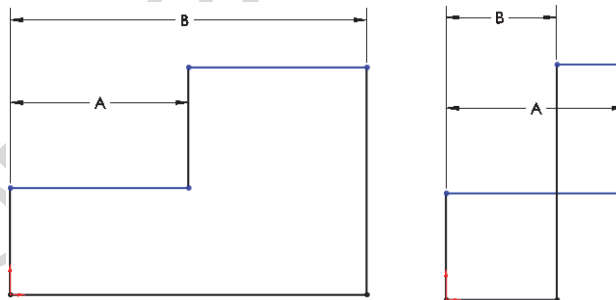
28 Zapisać i zamknąć.

Kliknąć **Zapisz** , a następnie kliknąć **Plik, Zamknij**, aby zamknąć część.

Szkicowanie linii wytyczających[†]

Poniżej zebrano praktyczne reguły lub zalecane praktyki szkicowania, które wszyscy użytkownicy SOLIDWORKS powinni znać. Niektóre z tych porad zostały bardzo szczegółowo omówione w kolejnych lekcjach w tym podręczniku.

- Szkice powinny być proste. Proste szkice są łatwiejsze do edycji, mniej podatne na błędy i wspomagają budowane na nich operacje, takie jak konfiguracje.
- Wykorzystać początek układu współrzędnych w pierwszym szkicu.
- Pierwszy szkic nowej części powinien reprezentować główny profil części.
- W pierwszej kolejności należy utworzyć geometrię szkicu, w drugiej należy dodać relacje geometryczne, a w ostatniej dodać wymiary. Wymiary mogą czasami kolidować z dodaniem wymaganych relacji.
- Tam, gdzie to tylko możliwe, należy używać relacji geometrycznych celem zachowania intencji projektu.
- Szkic należy narysować w przybliżeniu we właściwej skali, aby nie dopuścić do błędów lub zachodzenia geometrii na siebie, gdy rozpoczniemy dodawanie wymiarów.
- Aby nie dopuścić do zachodzenia na siebie geometrii, wymiary należy dodawać lub edytować w pierwszej kolejności w najbliższej lub najmniejszej geometrii, przechodząc następnie do geometrii zewnętrznych lub większych.



- Użyć relacji, równań i zmiennych globalnych, aby zmniejszyć liczbę wymaganych wymiarów niezależnych.
- Wykorzystać symetrię. Użyć narzędzia **Lustro** lub **Lustro dynamiczne**, aby utworzyć odbicie lustrzane elementów szkicu i dodać relacje symetryczne.
- Pracować elastycznie. Może być konieczna zmiana kolejności dodawania wymiarów lub relacji. Przed dodaniem wymiarów przeciągnąć geometrię szkicu bliżej żądanej lokalizacji.
- Błędy należy naprawiać bezpośrednio po ich wystąpieniu. Użyć narzędzi **SketchXpert Szkiców** i **Sprawdź szkic pod kątem użycia w operacji**, które pomagają szybko zidentyfikować i naprawić problemy.

[†] Dzięki uprzejmości Joe Medeiros, Javelin Technologies.

Ćwiczenie 1: Szkic i wyciągnięcie 1

Utwórzmy część, używając podanych informacji i wymiarów. Naszkicujmy i wyciągnijmy profile, aby utworzyć tę część.

To laboratorium utrwała następujące umiejętności:

- *Wprowadzenie: nowa część* na stronie 31.
- *Szkicowanie* na stronie 33.
- *Linie pomocnicze (Relacje automatyczne)* na stronie 38.
- *Wymiary* na stronie 49.
- *Wyciągnięcie* na stronie 54.

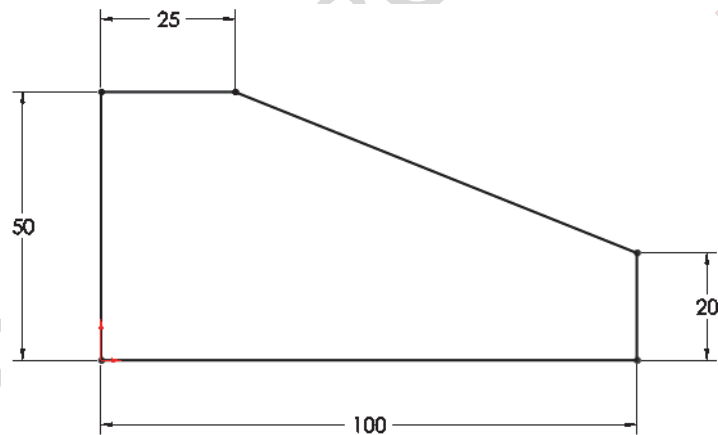
Jednostki: **milimetry**

1 Nowa część.

Utworzyć nową część, wykorzystując szablon Part_MM.

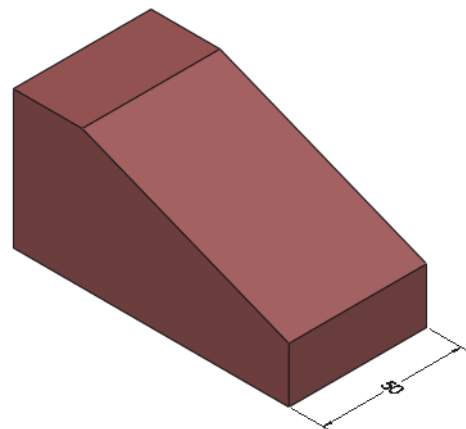
2 Szkic.

Utworzyć ten szkic na Płaszczyźnie przedniej, używając linii, automatycznych relacji oraz wymiarów.



3 Wyciągnięcie.

Wyciągnąć szkic na głębokość 50 mm.



4 Zapisać i zamknąć część.

NOT FOR REPRODUCTION

Ćwiczenie 2: Szkic i wyciągnięcie 2

Utwórzmy część, używając podanych informacji i wymiarów. Naszkicujmy i wyciągnijmy profile, aby utworzyć część.

To laboratorium utrwała następujące umiejętności:

- *Wprowadzenie: nowa część* na stronie 31.
- *Szkicowanie* na stronie 33.
- *Linie pomocnicze (Relacje automatyczne)* na stronie 38.
- *Wymiary* na stronie 49.
- *Wyciągnięcie* na stronie 54.

Jednostki: **milimetry**

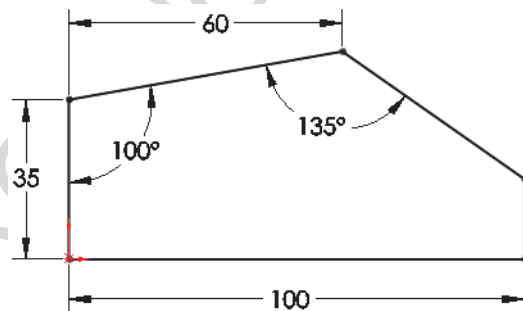
1 Nowa część.

Utworzyć nową część, wykorzystując szablon Part_MM.

2 Szkic.

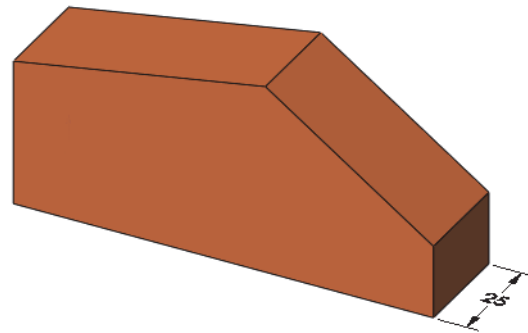
Utworzyć ten szkic na płaszczyźnie przedniej, używając linii, automatycznych relacji oraz wymiarów.

Zdefiniować w pełni szkic.

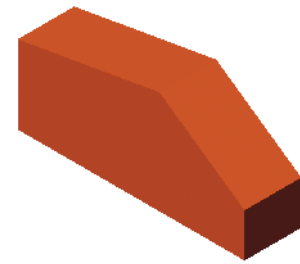


3 Wyciągnięcie.

Wyciągnąć szkic na głębokość **25 mm**.



4 Zapisać i zamknąć część.



**Ćwiczenie 3:
Szkic i
wyciągnięcie 3**

Utwórzmy część, używając podanych informacji i wymiarów. Naszkicujmy i wyciągnijmy profile, aby utworzyć część.

To laboratorium utrwała następujące umiejętności:

- *Wprowadzenie: nowa część* na stronie 31.
- *Szkicowanie* na stronie 33.
- *Linie pomocnicze (Relacje automatyczne)* na stronie 38.
- *Wymiary* na stronie 49.
- *Wyciągnięcie* na stronie 54.

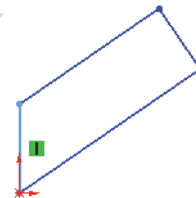
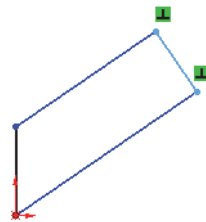
Jednostki: **milimetry**

1 Nowa część.

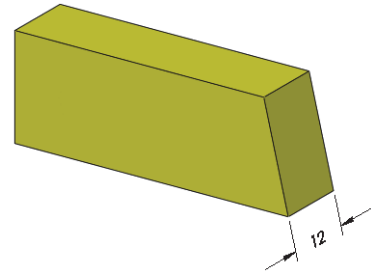
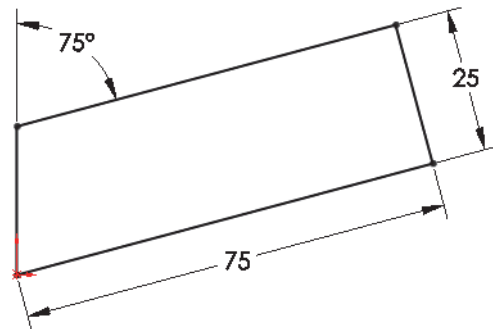
Utworzyć nową część, wykorzystując szablon Part_MM.

2 Automatyczne relacje.

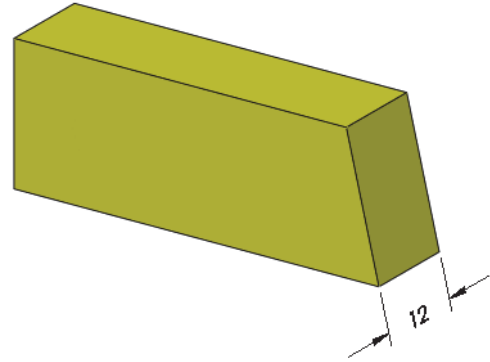
Utworzyć ten szkic na Płaszczyźnie przedniej, wykorzystując linie oraz automatyczne relacje. Wyświetlić relacje **Prostopadłe** i **Pionowe**.

**3 Wymiary.**

Dodać wymiary, aby całkowicie zdefiniować szkic.



- 4 Wyciągnięcie.**
Wyciągnąć szkic na **12 mm**.



- 5 Zapisać i zamknąć część.**

Lekcja 3

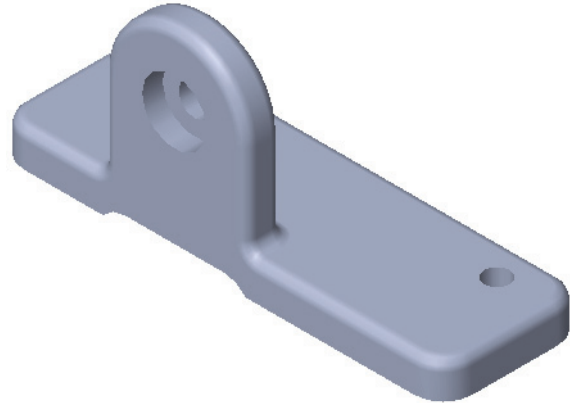
Modelowanie podstawowej części

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Wybierać najlepszy profil do szkicowania.
- Wybierać właściwą płaszczyznę szkicu.
- Wyciągać szkic jako wycięcie.
- Tworzyć otwory z Kreatora otworów.
- Dodawać zaokrąglenia do modelu bryłowego.
- Używać narzędzi edycji szkicu, edytować operacje i używać paska przewijania.
- Tworzyć podstawowy rysunek części.
- Wprowadzać zmiany w wymiarach.
- Demonstrować asocjacje pomiędzy modelem i jego rysunkami.

Modelowanie podstawowe

W niniejszej lekcji omówiono zagadnienia, jakie należy rozważyć przed utworzeniem części oraz przedstawiono proces tworzenia prostej części.



Etapy procedury

Poniżej wyszczególniono kroki w procesie planowania i utworzenia części.

- **Terminologia**
Jakie terminy są najczęściej używane, gdy mowa o modelowaniu i korzystaniu z oprogramowania SOLIDWORKS?
- **Wybór profilu**
Który profil jest najlepszym wyborem przy rozpoczynaniu procesu modelowania?
- **Wybór płaszczyzny szkicu**
W jaki sposób wybór najlepszego profilu wpływa na wybór płaszczyzny szkicu?
- **Intencja projektu**
Jakie są intencje projektu i w jaki sposób wpływają one na proces modelowania?
- **Nowa część**
Pierwszym krokiem jest otwarcie nowej części.
- **Pierwsza operacja**
Czym jest pierwsza operacja?
- **Dodania, wycięcia i operacje otworu**
W jaki sposób modyfikuje się pierwszą operację, dodając wycięcia, otwory i dodania?
- **Zaokrąglenia**
Zaokrąglanie ostrych narożników – zaokrąglanie.
- **Narzędzia edycji**
Stosowanie trzech najczęściej używanych narzędzi edycji.
- **Rysunki**
Tworzenie arkusza rysunku oraz widoków rysunku modelu.
- **Zmiany wymiarów**
Zmiana wymiaru zmienia geometrię modelu. Jak to się dzieje?

Terminologia

Przejdźcie do pracy w trzech wymiarach (3D) wymaga wprowadzenia nowej terminologii. Oprogramowanie SOLIDWORKS wykorzystuje wiele terminów, z którymi użytkownik zapozna się podczas korzystania z niego. Wiele z nich to terminy, które są już znane z projektowania i produkcji, jak na przykład wycięcia i dodania.

Operacja

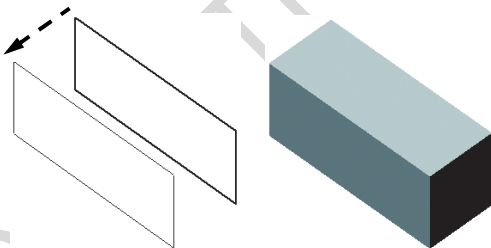
Za operacje uznawane są wszystkie tworzone wycięcia, dodania, płaszczyzny i szkice. Szkicowane funkcje są oparte na szkicach (dodawanie i wycinanie), a zastosowane funkcje są stosowane bezpośrednio do istniejącej geometrii (zaokrąglanie).

Płaszczyzna

Płaszczyzny są płaskie i nieskończone. Na ekranie są przedstawiane za pomocą widzialnych krawędzi. Są one wykorzystywane jako podstawowe płaszczyzny szkicowania podczas tworzenia operacji dodania i wycięcia.

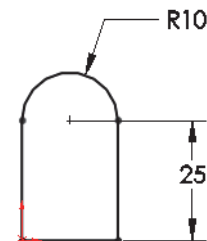
Wyciągnięcie

Chociaż istnieje wiele sposobów tworzenia operacji i kształtowania brył, w tej lekcji omówione zostaną tylko *wyciągnięcia*. Wyciągnięcie wydłuża o pewną odległość profil wzdłuż ścieżki, która jest zwykle normalna do płaszczyzny profilu. Przemieszczenie wzdłuż tej ścieżki pozwala utworzyć model bryłowy.



Szkic

W SOLIDWORKS do opisu profilu dwuwymiarowego (2D) stosuje się nazwę *szkic*. Szkice są tworzone na płaskich ścianach i płaszczyznach wewnątrz modelu. Generalnie są one używane jako podstawa dla dodań i wycięć, chociaż mogą również istnieć niezależnie.



Dodanie

Dodania są używane, aby *dodać* materiał do modelu. Krytyczną operacją początkową jest zawsze dodanie. Po wstawieniu pierwszej operacji można dodawać dowolną liczbę dodań, potrzebną do ukończenia projektu. Podobnie jak baza, wszystkie dodania rozpoczynają się od szkicu.

Wycięcie

Wycięcie jest używane, aby *usunąć* materiał z modelu. Jest to operacja przeciwna do operacji dodania. Podobnie jak dodania, wycięcia rozpoczynają się jako szkice dwuwymiarowe (2D) i usuwają materiał poprzez wyciągnięcie, obrót lub inne metody, które zostaną omówione później.

Zaokrąglenia

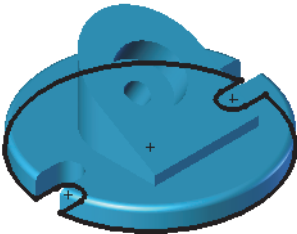
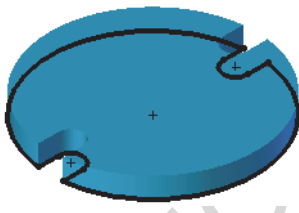

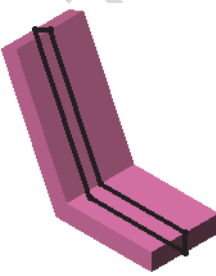
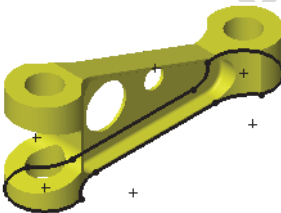
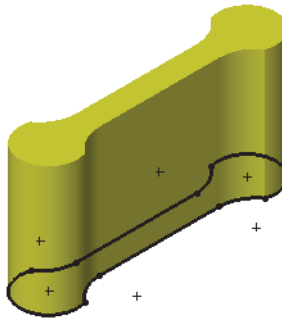
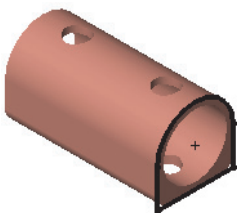
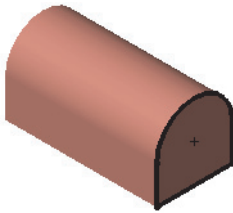
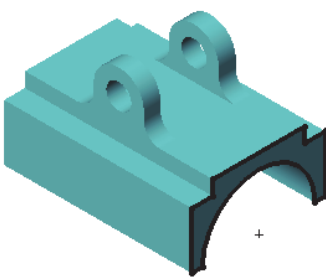
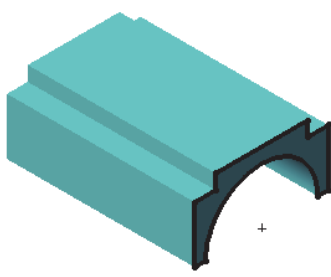
Zaokrąglenia są na ogół dodawane do bryły, nie do szkicu. Na podstawie natury ścian przyległych do wybranej krawędzi, system wnioskuję, czy zaokrąglenie należy utworzyć poprzez dodanie czy też poprzez usunięcie materiału.

Intencja projektu

Sposób tworzenia i zmieniania modelu określany jest mianem intencji projektu. Na intencję projektu składają się relacje pomiędzy operacjami oraz kolejność ich tworzenia.

Wybieranie najlepszego profilu

Wybierz profil „najlepszy” dla funkcji modelu bazowego. Profil ten po wyciągnięciu wygeneruje większą część modelu niż jakikolwiek inny profil. Przyjrzyjmy się poniższym przykładom modeli.

Część	Wyciągnięty najlepszy profil
	
	
	
	
	

Wybór płaszczyzny szkicu

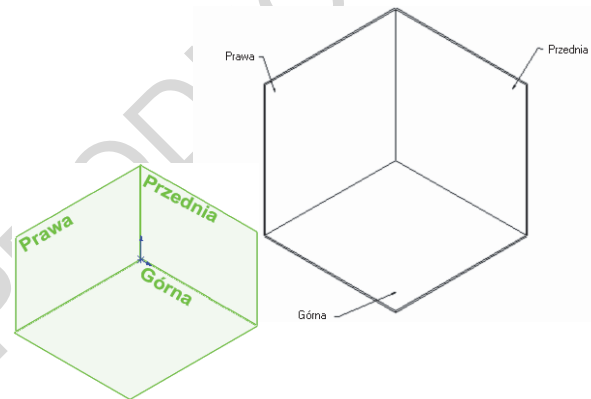
Płaszczyzny

Kolejnym krokiem po ustaleniu najlepszego profilu jest podjęcie decyzji, który widok ma zostać użyty, oraz wybranie płaszczyzny o tej samej nazwie, w celu jego naszkicowania. Oprogramowanie SOLIDWORKS zawiera trzy opisane niżej płaszczyzny.

Istnieją trzy domyślne płaszczyzny, oznaczone jako Płaszczyzna przednia, Płaszczyzna górna oraz Płaszczyzna prawa. Każda płaszczyzna jest nieskończona, lecz posiada granice na ekranie, umożliwiające jej zobaczenie i wybieranie. Ponadto każda płaszczyzna przechodzi przez początek układu współrzędnych i jest wzajemnie prostopadła do pozostałych.

Nazwy płaszczyzn można zmieniać. W tym ćwiczeniu użyto nazw Przednia Płaszczyzna, Górna Płaszczyzna i Prawa Płaszczyzna. Taka konwencja nazewnictwa jest stosowana w innych systemach CAD i jest wygodna dla wielu użytkowników.

Chociaż płaszczyzny są nieskończone, łatwiej jest o nich myśleć jak o tworzących otwarte pudełko i zbiegających się w początku układu współrzędnych. Używając tej analogii, wewnętrzne ściany tego pudełka są potencjalnymi płaszczyznami szkicu.



Umieszczenie modelu

Część zostanie umieszczona w pudełku trzy razy. Za każdym razem, najlepszy profil będzie się stykał z jedną z trzech płaszczyzn, bądź będzie do niej równoległy. Chociaż istnieje wiele różnych kombinacji, to w tym ćwiczeniu wybór jest ograniczony do trzech.

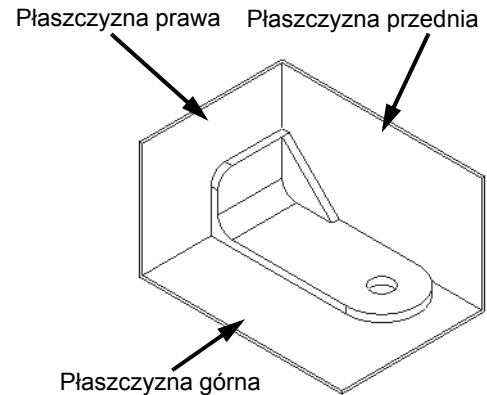
Podczas wyboru płaszczyzny szkicu należy uwzględnić wygląd i orientację części w złożeniu. Wygląd określa sposób, w jaki część będzie zorientowana w widokach standardowych, takich jak np. Izometryczny. Określa on także sposób, w jaki użytkownik będzie patrzył na model przez większość czasu w trakcie tworzenia.

Orientacja części w złożeniu decyduje o sposobie jego ustawienia względem innych, powiązanych części.

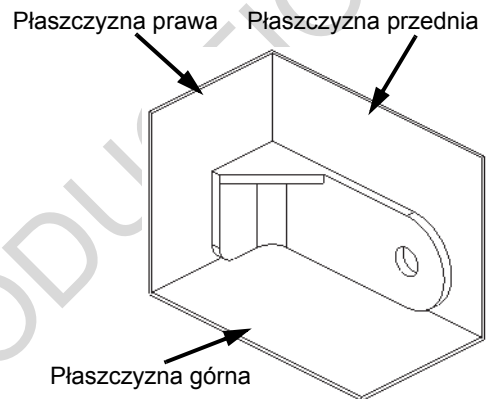
Orientowanie modelu na potrzeby rysunku

Decydując, która płaszczyzna szkicu ma zostać użyta, należy również wziąć pod uwagę sposób, w jaki model ma pojawić się na rysunku przy opisywaniu szczegółów. Model należy budować tak, aby jego przód był taki sam jak widok od przodu na rysunku. Oszczędza to czas podczas procesu opisywania szczegółów, ponieważ można wykorzystać uprzednio zdefiniowane widoki.

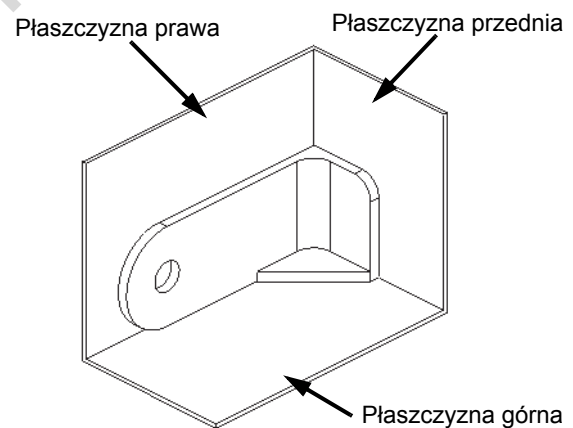
W pierwszym przykładzie najlepszy profil styka się z płaszczyzną Górną.



W drugim przykładzie styka się on z płaszczyzną Przednią.



Ostatni przykład ukazuje najlepszy profil stykający się z płaszczyzną Prawą.

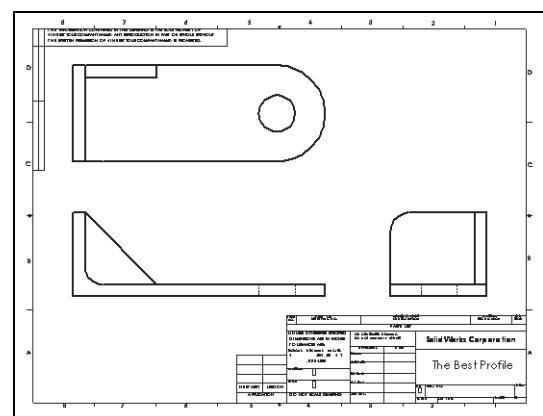


Wybrana płaszczyzna

Najlepszą wydaje się orientacja na płaszczyźnie Górnej. Oznacza to, że najlepszy profil należy naszkicować na płaszczyźnie Górnej modelu.

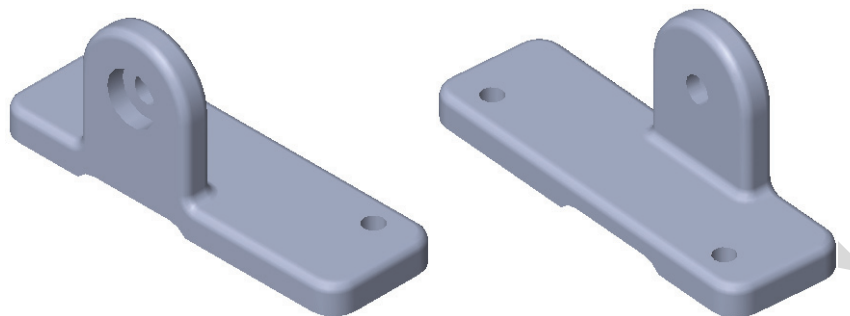
Jak to wygląda na rysunku

Dzięki starannemu wybraniu płaszczyzny do naszkicowania profilu, odpowiednie widoki są z łatwością generowane na szczegółowym rysunku.



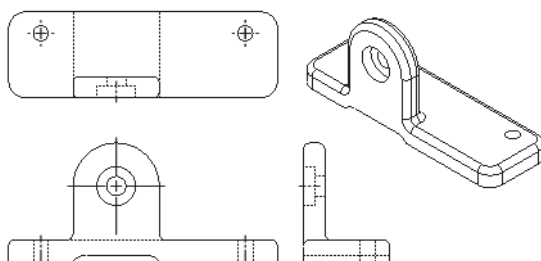
Szczegóły części

Poniżej przedstawiono część, którą będziemy tworzyć. Występują tu dwie główne operacje dodania, kilka wycięć oraz zaokrągleń.



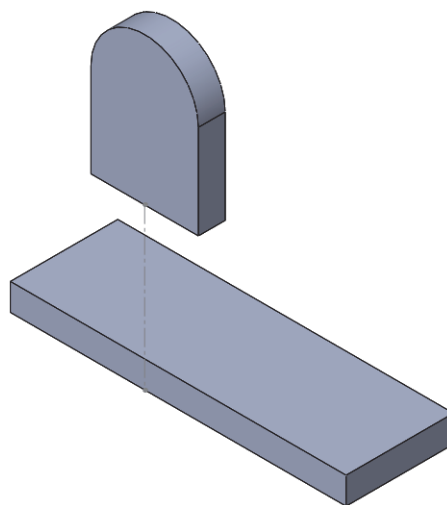
Standardowe widoki

Część została ukazana tutaj w czterech standardowych widokach.



Główne dodania

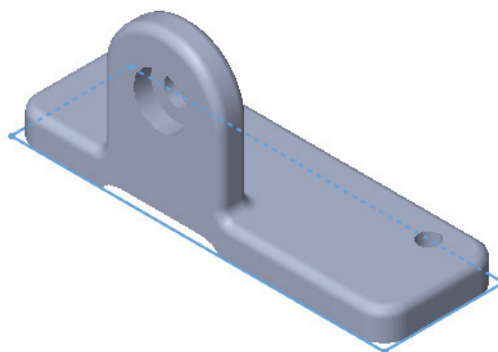
Dwa główne dodania bazowe posiadają odmienne profile na różnych płaszczyznach. Są one połączone w sposób ukazany w widoku rozstrzelonym po prawej stronie.



Najlepszy profil

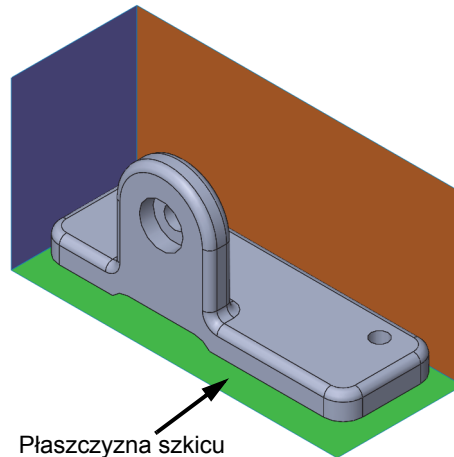
Pierwsza operacja modelu tworzona jest z prostokątnego szkicu ukazanego jako nałożony na model. Jest to najlepszy profil do rozpoczęcia modelu.

Prostokąt zostanie następnie wyciągnięty jako dodanie w celu utworzenia operacji bryły.



Płaszczyzna szkicu

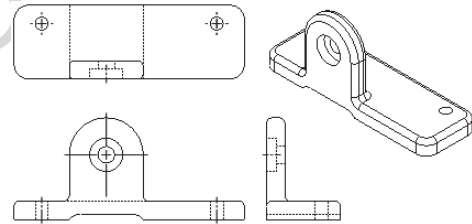
Umieszczenie modelu „w pudełku” określa płaszczyznę, która powinna zostać wykorzystana do szkicowania. W tym przypadku jest to płaszczyzna Górna.



Intencja projektu

Intencja projektu omawianej części opisuje sposób, w jaki należy lub nie należy tworzyć relacji w części. Podczas wprowadzania zmian w modelu, będzie on zachowywał się zgodnie z intencją.


- Wszystkie otwory są przelotowe.
- Szczelina jest wyrównana z zaczepem.
- Pogłębiony otwór przedni jest zrównany z zaokrągloną powierzchnią zaczepu.



Procedura

Proces modelowania obejmuje szkicowanie oraz tworzenie dodań, wycięć i zaokrągleń. Na początku tworzony jest nowy plik części.

1 Nowa część.

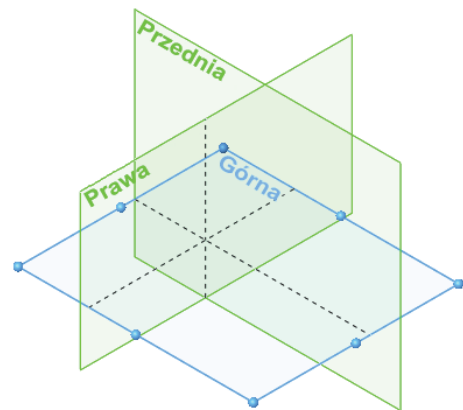
Kliknąć **Nowy**  lub kliknąć **Plik, Nowy**. Utworzyć nową część, używając szablonu Part_MM i **Zapisać** ją jako Basic.

2 Wybrać płaszczyznę szkicu.

Wstawić nowy szkic i wybrać Płaszczyznę górną.

Porada

Aby można było użyć płaszczyzny, nie musi być ona wyświetlana. Można ją wybrać z drzewa operacji FeatureManager.








**Szkicowanie
pierwszej operacji**


Utworzyć pierwszą operację poprzez wyciągnięcie szkicu, aby uzyskać dodanie. Pierwszą operacją jest zawsze dodanie i jest to pierwsza operacja bryły tworzona w dowolnej części. Należy rozpocząć od geometrii szkicu w postaci prostokąta.

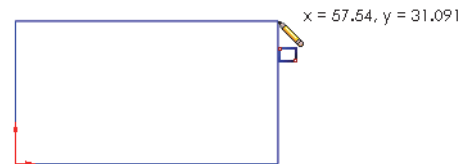
**Wprowadzenie:
prostokąt z
narożnika**

Prostokąt z narożnika pozwala utworzyć prostokąt w szkicu. Prostokąt składa się z czterech linii (dwóch poziomych i dwóch pionowych) połączonych w narożnikach. Jest on szkicowany jest poprzez wskazanie lokalizacji dwóch narożników po przekątnej. Dostępnych jest kilka innych narzędzi tworzenia prostokątów/równoległoboków:

- **Prostokąt ze środka**  — wykorzystuje punkt środka i narożnik do utworzenia prostokąta z linii poziomych i pionowych.
- **3-punktowy prostokąt ze środka**  — tworzy prostokąt w oparciu o punkt środka, punkt środkowy krawędzi oraz narożnik. Linie w narożnikach są prostopadłe.
- **Prostokąt z 3-punktowego narożnika**  — używa trzech narożników do zdefiniowania prostokąta. Linie w narożnikach są prostopadłe.
- **Równoległobok**  — używa trzech narożników do zdefiniowania *równoległoboku* (narożniki nie są prostopadłe).
- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Prostokąt z narożnika** 
- Menu: **Narzędzia, Elementy Szkicu, Prostokąt z narożnika**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Prostokąt z narożnika**

Gdzie to znaleźć**3 Naszkicować prostokąt.**

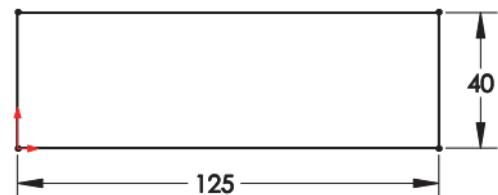
Kliknąć narzędzie **Prostokąt z narożnika**  i rozpocząć szkicowanie w początku układu współrzędnych.



Podczas szkicowania upewnić się, że prostokąt jest ulokowany w początku układu współrzędnych (ikona obok kursora). Nie należy przejmować się rozmiarem prostokąta. Wymiarowaniem zajmiemy się w następnym kroku.

**4 Szkic całkowicie zdefiniowany.**

Dodajmy wymiary do szkicu. Szkic został całkowicie zdefiniowany.



Opcje wyciągnięcia

Poniżej objaśniono niektóre z najczęściej używanych opcji **Wyciągnięcia** (patrz *Wyciągnięcie* na stronie 54). Inne opcje zostaną omówione w dalszych lekcjach.

■ Typ statusu końca

Szkic może być wyciągnięty w jednym lub dwóch kierunkach. Jeden z kierunków lub obydwa kierunki mogą kończyć się ślepo na pewnej głębokości, dochodzić do jakiejś geometrii w modelu, bądź przechodzić przez cały model.


■ Głębokość

Odległość dla wyciągnięcia na odległość lub symetrycznie od płaszczyzny. W przypadku wyciągnięcia symetrycznie od płaszczyzny, odnosi się ona do całkowitej głębokości wyciągnięcia. Oznacza to, że głębokość 50 mm dla wyciągnięcia symetrycznie od płaszczyzny da w rezultacie po 25 mm z każdej strony płaszczyzny szkicu.

■ Pochylenie

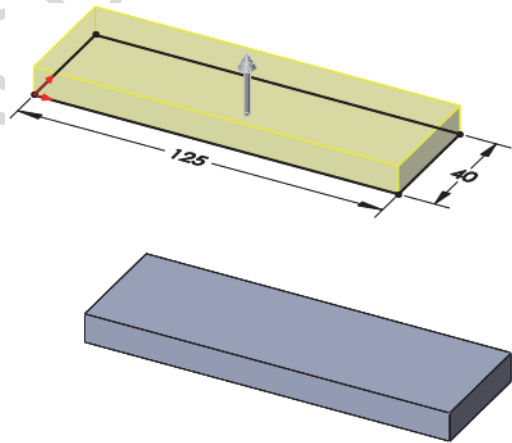
Stosuje pochYLENIE w wyciągnięciu. PochYLENIE wyciągnięcia może być do wewnątrz (wyciągany profil staje się mniejszy), bądź na zewnątrz.

5 Wyciągnięcie.

Kliknąć **Wyciągnięcie**  i wyciągnąć prostokąt 10 mm do góry.

Kliknąć **OK**.

Tu widać ukończoną operację.



Zmianianie nazw operacji

Nazwę każdej operacji pojawiającej się w drzewie operacji FeatureManager (oprócz samej części) można zmienić przy użyciu poniższej procedury. Zmianianie nazw operacji to użyteczna technika, pozwalająca znajdować i edytować operacje na późniejszych etapach tworzenia modelu. Dobrze dobrane, logiczne nazwy pomagają zorganizować pracę i ułatwić ją innym użytkownikom, gdy muszą edytować lub modyfikować model.

6 Zmiana nazwy operacji.

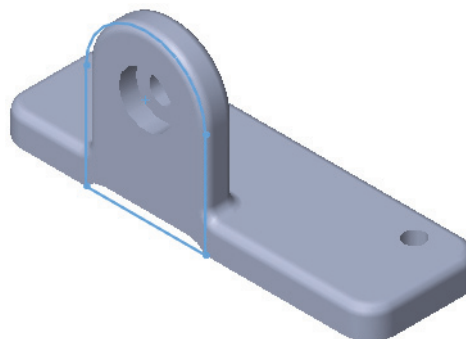
Dobłą praktyką jest nazywanie ważnych operacji tak, aby przekazywały istotne informacje. Aby edytować operację Dodanie-Wyciągnięcia1, należy bardzo powoli kliknąć ją dwa razy w drzewie operacji FeatureManager. Gdy nazwa zostanie podświetlona jako gotowa do edycji, wpisać BasePlate jako nową nazwę operacji. Wszystkie operacje w systemie SOLIDWORKS można edytować w ten sam sposób.

Porada

Zamiast używać powolnego podwójnego kliknięcia do edycji nazwy można wybrać nazwę i nacisnąć klawisz **F2**.

Operacja dodania

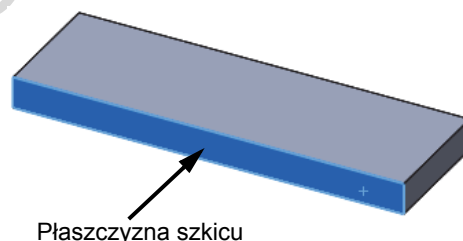
Kolejną operacją będzie dodanie z zakrzywioną górną częścią. Powierzchnia szkicu tej operacji będzie powierzchnią modelu, a nie istniejącą powierzchnią. Wymaganą geometrię szkicu ukazano jako nałożoną na gotowy model.

**Szkicowanie na ścianie planarnej**

Każda ściana planarna (płaska) modelu może być wykorzystana jako płaszczyzna szkicu. Wystarczy wybrać ścianę i kliknąć **Szkic** . Jeśli ścianę trudno zaznaczyć, ponieważ coś ją przesłania, można użyć narzędzia **Wybierz inny**, aby wybrać inną ścianę bez obracania modelu. W tym przypadku używana jest ściana planarna z przodu operacji BasePlate (Płyta bazowa).

7 Wstawianie nowego szkicu.

Wybrać wskazaną ścianę i kliknąć **Szkic** .



Płaszczyzna szkicu

Uwaga

Upewnić się, że narzędzie **Operacje > Instant 3D** jest wyłączone. Pozostawienie tego narzędzia włączonego spowoduje pojawienie się na ścianie wielu uchwytów i osi, których aktualnie nie będziemy wykorzystywać.

Szkicowanie

SOLIDWORKS oferuje dużą różnorodność narzędzi szkicu do tworzenia geometrii profili. W tym przykładzie użyto narzędzia **Łuk styczny**, aby utworzyć łuk, który zaczyna się stycznie do wybranego punktu końcowego na szkicu. Jego drugi punkt końcowy można umieścić w przestrzeni lub na innym elemencie szkicu.

Wprowadzenie: Łuk styczny

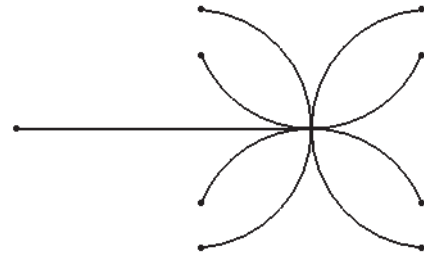
Polecenie **Łuk styczny** służy do tworzenia łuków stycznych w szkicu. Na początku łuk musi być styczny do innego elementu, linii bądź łuku.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Łuk** **> Łuk styczny**
- Menu: **Narzędzia, Elementy szkicu, Łuk styczny**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Łuk styczny**

Strefy intencyjne łuku stycznego

Kiedy szkicujesz łuk styczny, program SOLIDWORKS wnioskuje z ruchu kursora, czy chcesz utworzyć łuk styczny czy też normalny. Występują cztery strefy intencyjne, dające osiem możliwych rozwiązań, jak to ukazuje ilustracja.



Można rozpocząć szkicowanie łuku stycznego punktu końcowego dowolnego istniejącego elementu szkicu (linii, łuku, splajnu itd.). Przenieść kursor w kierunku od punktu końcowego.

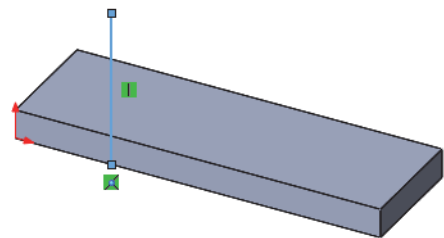
- Przemieszczanie kursora w kierunku stycznym tworzy jeden z czterech możliwych łuków stycznych.
- Przemieszczanie kursora w kierunku normalnym tworzy jeden z czterech możliwych łuków normalnych.
- Podgląd ukazuje, jaki typ łuku jest szkicowany.
- Można zmieniać typ łuku stycznego z jednego na drugi, powracając kursorem do punktu końcowego i przemieszczając go w innym kierunku.

Przejsięcie między liniami a łukami

Korzystając z narzędzia **Linia**, można przełączać się między trybem szkicowania linii a trybem szkicowania łuku stycznego i z powrotem bez potrzeby klikania opcji **Łuk styczny**. W tym celu należy przenieść kursor z powrotem do punktu końcowego i odsunąć go w innym kierunku albo, alternatywnie, nacisnąć klawisz **A** na klawiaturze.

8 Linia pionowa.

Kliknąć **Linia** i rozpocząć rysowanie na dolnej krawędzi, wychwytyując relację **Wspólny** oraz relację **Pionowy**.



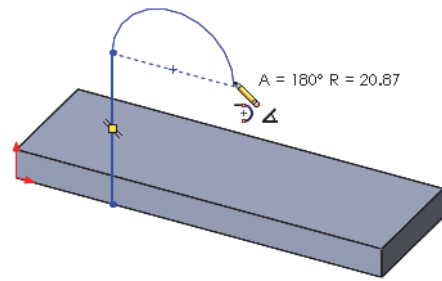
9 Automatyczne przejście.

Cofnąć kursor do punktu końcowego i odejść w innym kierunku. Aktywny jest teraz tryb łuku stycznego.

10 Łuk styczny.

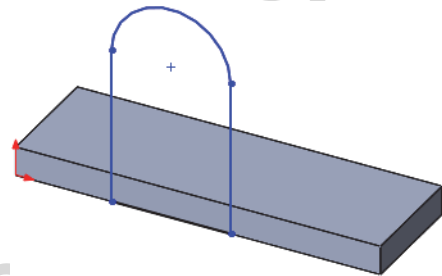
Naszkiejmy łuk 180° styczny do pionowej linii. Należy odnaleźć linię wnioskowania wskazującą, że punkt końcowy łuku jest wyrównany poziomo ze środkiem łuku.

Po zakończeniu szkicowania łuku stycznego, narzędzie szkicu automatycznie przełączy się na narzędzie linii.

**11 Linie kończące.**

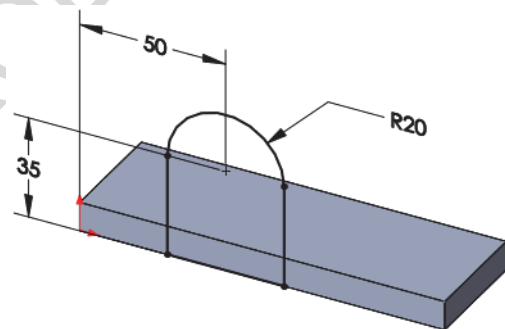
Utwórzmy pionową linię od końca łuku do bazy i kolejną linię łączącą dolne końce obydwu pionowych linii.

Zauważmy, że linia pozioma jest koloru czarnego, ale nie jej punkty końcowe.

**12 Dodaj wymiary.**


Dodajmy wymiary liniowe i promieniowe do szkicu.

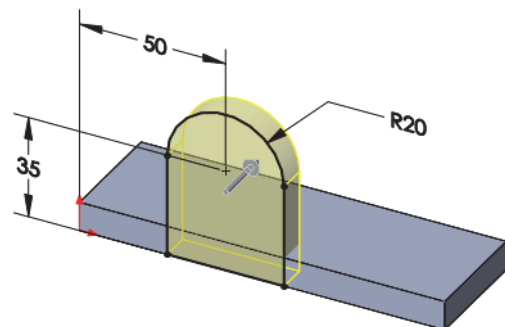
Podczas dodawania wymiarów, należy przemieścić kursor po modelu, aby wyświetlić różne możliwe orientacje.




Łuk należy wymiarować zawsze poprzez wybranie jego obwodu, a nie środka. Dzięki temu dostępne są inne opcje wymiarowania (minimalne i maksymalne).

13 Kierunek wyciągnięcia.

Kliknąć **Wyciągnięcie**  i ustawić **Głębokość** na 10 mm. Zauważmy, że podgląd ukazuje wyciągnięcie biegnące w stronę bazy, w odpowiednim kierunku.

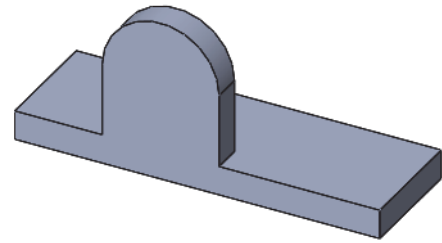


Jeżeli kierunek podglądu biegnie od bazy, kliknąć **Odwróć kierunek** .

14 Kompletna bryła.

Dodanie jest scalane z poprzednią bazą, tworząc jedną bryłę.

Zmienić nazwę operacji na VertBoss (Dodanie pionowe).



Operacja wycięcia

Po ukończeniu dwóch głównych operacji dodania, czas na utworzenie wycięcia reprezentującego usunięcie materiału. Operacje wycięcia są tworzone w taki sam sposób, jak operacje dodania - w tym przypadku za pomocą szkicu i wyciągnięcia.

Wprowadzenie: narzędzie Wytnij- wyciągnięcie

Menu do tworzenia operacji wycięcia przez wyciągnięcie jest identyczne z menu do tworzenia dodania. Jedyną różnicą jest to, że wycięcie usuwa materiał, natomiast dodanie dodaje go. Poza tą różnicą, operacje te są takie same. To wycięcie reprezentuje szczelinę.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Wytnij-wyciągnięcie**
- Menu: **Wstaw, Wycięcie, Wyciągnięcie**

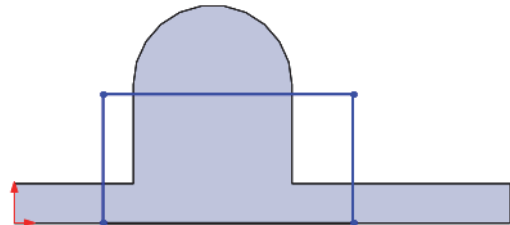
15 Prostokąt.

Nacisnąć **klawisz spacji** i

kliknąć **Przód**

Rozpocząć szkic od tej dużej ściany i dodać prostokąt

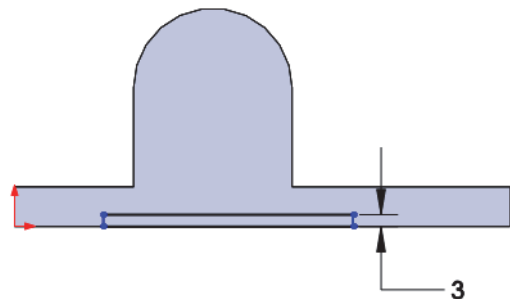
Wspólny z dolną krawędzią modelu.



Wyłączyć narzędzie prostokąta.

16 Wymiary.

Dodać wymiar zgodnie z ilustracją.



Uwaga

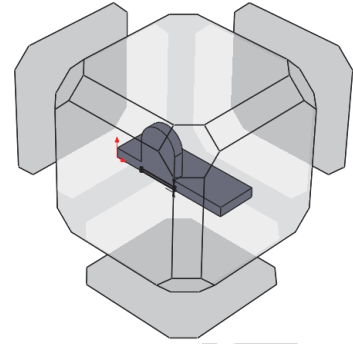
Szkic jest niedodefiniowany, ale zostanie w pełni zdefiniowany w dalszej części tej lekcji. Patrz *Status szkicu* na stronie 40.

Selektor widoku



Selektor widoku pozwala na przedstawienie widoku modelu w postaci przezroczystego sześcianu otaczającego model.

Wybrać ścianę sześcianu, aby zobaczyć model przez sześcian, normalną do tej ściany lub wybrać orientację widoku po nazwie.

Sześcian można też obrócić przed wybraniem ściany.

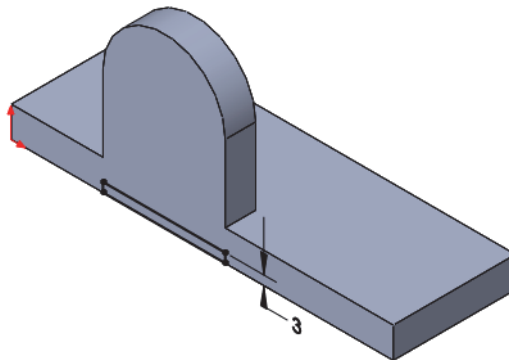
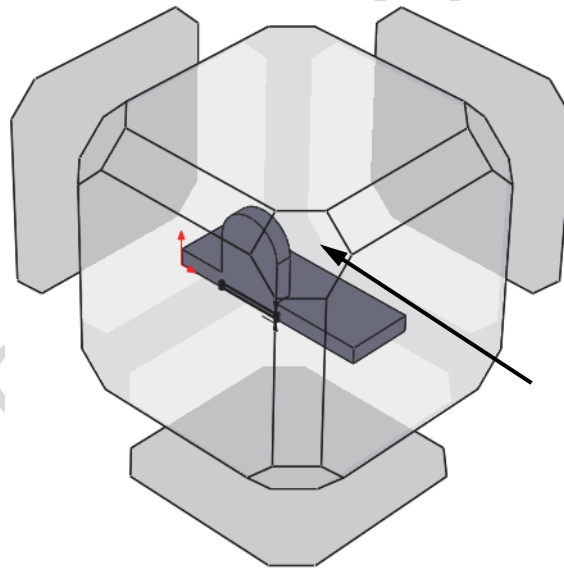


Gdzie to znaleźć


- Pasek narzędzi Wyświetlacz przezroczysty: **Orientacja widoku**  i **Selektor widoku** 
- Skrót klawiaturowy: **Ctrl + klawisz spacji**

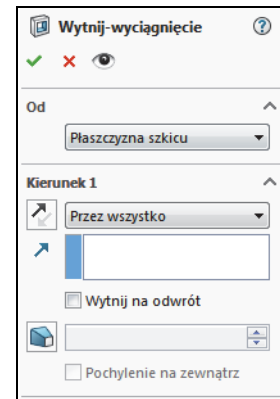
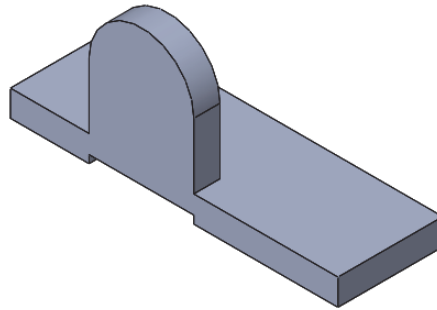
17 Selektor widoku.

Nacisnąć klawisze **Ctrl + spacja** i kliknąć narożnik sześcianu oznaczony etykietą Izometryczny.



18 Wycięcie przez wszystko.

Kliknąć **Wyciągnięcie wycięcia** . Wybrać **Przez wszystko** i kliknąć **OK**. Ten typ statusu końca zawsze powoduje wycięcie przez cały model, bez względu na odległość. Ustawianie głębokości nie było konieczne. Zmienić nazwę operacji na BottomSlot (Szczelina dolna).



Używanie Kreatora otworów

Tworzenie standardowego otworu

Kreator otworów jest używany do tworzenia otworów specjalnych w bryle. Pozwala on tworzyć otwory proste, stożkowe, z pogłębieniem walcowym i stożkowym przy użyciu podzielonej na etapy procedury. W tym przykładzie **Kreator otworów** zostanie użyty do utworzenia standardowego otworu.

Porada

Można wybrać ścianę, w której ma zostać wstawiony otwór, zdefiniować wymiary otworu i zlokalizować go przy użyciu **Kreatora otworów**. Jednym z najbardziej intuicyjnych aspektów **Kreatora otworów** jest określanie rozmiaru otworu na podstawie łącznika, jaki ma się w nim znaleźć.

Pogłębienie walcowe


Otwory można również umieszczać na płaszczyznach i ścianach nieplanarnych. Na przykład można utworzyć otwór na ścianie cylindrycznej.

Wprowadzenie: Kreator otworów


W tym modelu potrzebny jest otwór z pogłębieniem walcowym. Pozycję otworu można ustalić, używając przedniej ściany modelu oraz relacji.

Kreator otworów tworzy otwory o różnych kształtach, takie jak otwory z pogłębieniem walcowym i stożkowym. Proces ten tworzy dwa szkice. Jeden definiuje kształt otworu. Drugi punkt lokalizuje środek.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Kreator otworów** 
- Menu: **Wstaw, Operacje, Otwór, Kreator**

19 Wybrać Poglębenie walcowe.

Wybrać pokazaną ścianę i kliknąć **Kreator otworów** . Ustawić właściwości otworu w następujący sposób:

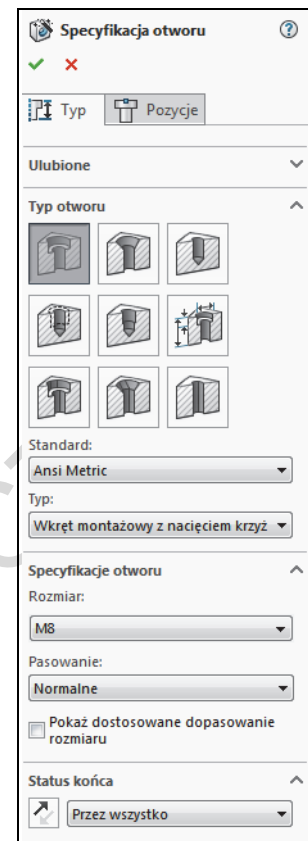
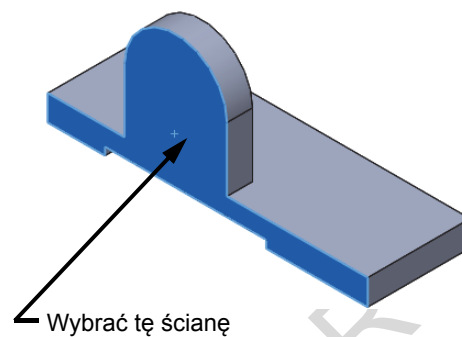
Typ: Poglębenie walcowe

Standard: ANSI Metric

Typ: Śruba z łbem sześciokątnym - ANSI B18.2.3.5M

Rozmiar: M8

Status końca: Przez wszystko


**Uwaga**

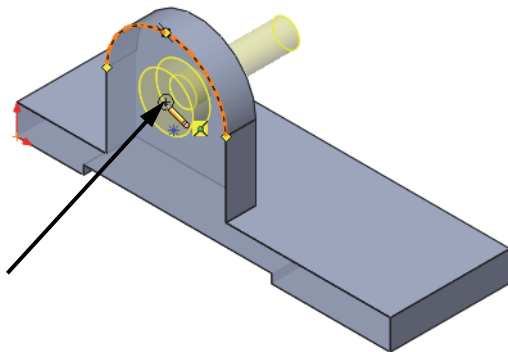
Jeśli nie wybrano wstępnie ściany, pojawi się komunikat z monitem o wybór.

20 Wzbudzanie punktu środka.

Kliknąć kartę **Pozycje**.

Przeciągnąć kursor nad obwód dużego łuku. *Nie klikać.*

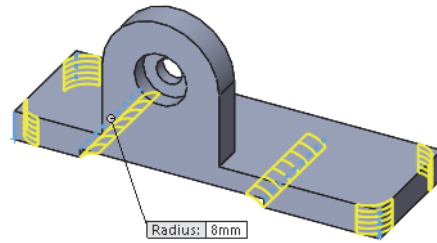
Kiedy pojawi się symbol **Wspólny** , zostanie „rozbudzony” punkt środkowy tego łuku, i dodany jako punkt, do którego będzie można przyciągnąć okrąg.



Kliknąć punkt na punkcie środka łuku. Należy zwrócić uwagę na informację zwrotną, która sygnalizuje przyciąganie do środka łuku - relacja wspólna. Kliknąć **OK**, aby dodać relację, i ponownie, aby zamknąć okno dialogowe.

Zaokrąglanie

Zaokrąglanie odnosi się zarówno do zaokrągleń (dodawanie objętości), jak i wyokrągleń (odejmowanie objętości). Rozróżnienie dokonywane jest na podstawie warunków geometrycznych, a nie przez samo polecenie. Zaokrąglenia są tworzone na wybranych krawędziach modelu. Te krawędzie można wybrać na kilka sposobów, istnieje kilka opcji do tworzenia różnych typów zaokrągleń, w tym zaokrągleń o stałej wielkości, zmiennej wielkości, zaokrągleń płaszczyzny i pełnych zaokrągleń. Opcje zaokrągleń profilu są następujące: koliste, stożkowe i krzywizny ciągłej.



Uwaga

Przeczytać kurs *Zaawansowane modelowanie części*, aby uzyskać więcej informacji na temat typów i opcji zaokrągleń.

Zasady zaokrąglania


Oto kilka ogólnych zasad zaokrąglania:

1. Zaokrąglenia kosmetyczne należy zostawić na koniec.
2. Wiele zaokrągleń o tym samym promieniu należy tworzyć w tym samym poleceniu.
3. Gdy potrzebne są zaokrąglenia o różnych promieniach, generalnie należy w pierwszej kolejności utworzyć większe zaokrąglenia.
4. Kolejność zaokrągleń jest ważna. Zaokrąglenia tworzą ściany i krawędzie, które mogą zostać wykorzystane do generowania kolejnych zaokrągleń.

Gdzie to znaleźć


- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje >**

Zaokrąglenie

- Menu: **Wstaw, Operacje, Zaokrąglenie**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy ścianę lub krawędź i kliknąć **Zaokrąglenie** 

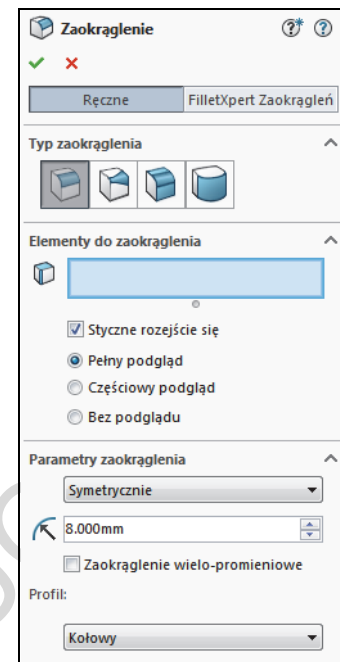
21 Wstaw zaokrąglenie.

Kliknąć **Zaokrąglenie** . Kliknąć **Ręczne**, kliknąć **Zaokrąglenie o stałym**

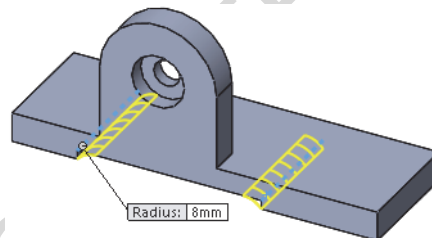
rozmiarze  i ustawić wartość promienia na **8 mm**.

Podgląd

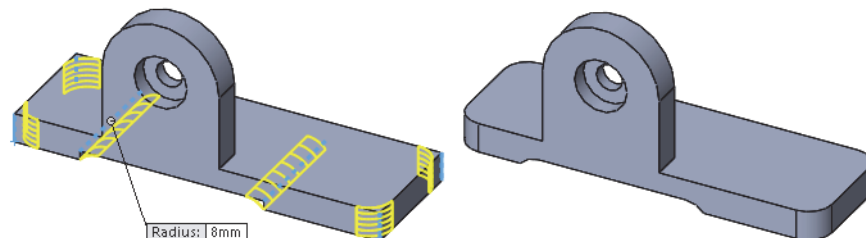
Użytkownik może wybrać dla zaokrąglenia opcję **Pełny podgląd**, **Częściowy podgląd** lub **Bez podglądu**. **Pełny podgląd**, pokazany na poniższych ilustracjach, generuje podgląd siatki na każdej wybranej krawędzi. **Częściowy podgląd** generuje podgląd tylko na pierwszej wybranej krawędzi. Po zdobyciu doświadczenia w zaokrąglaniu użytkownik zwykle używa podglądu **Częściowego** lub opcji **Bez podglądu**, ponieważ pozwala to szybciej wykonać pracę.

**22 Wybrać krawędź.**

Wybrać dwie ukryte krawędzie przedstawione na modelu (patrz ilustracja).

**23 Dodatkowy wybór.**

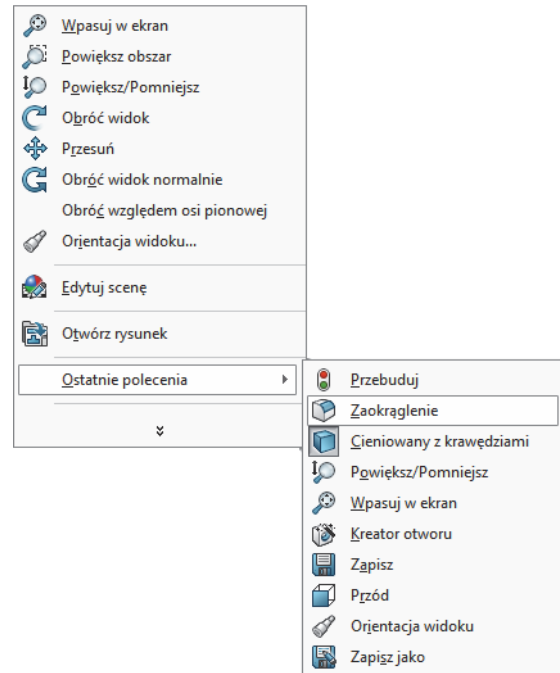
Zaznaczyć dodatkowe cztery krawędzie narożnika, jak pokazano na rysunku, i kliknąć **OK**.

**Uwaga**

Wszystkie sześć zaokrągleń kontrolowanych jest przez tę samą wartość wymiaru. Utworzenie tych zaokrągleń wygenerowało nowe krawędzie, na których można utworzyć kolejny szereg zaokrągleń.

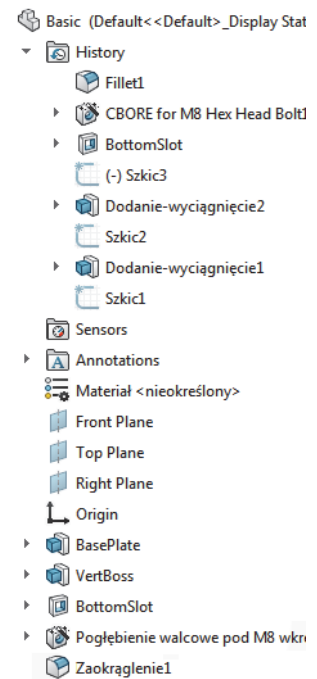
Ostatnie polecenia

SOLIDWORKS ma bufor „właśnie użytych” poleceń, który wyszczególnia kilka ostatnich poleceń, umożliwiając ich łatwe ponowne użycie. Klawisza **Enter** można również użyć do ponownego uruchomienia ostatnio używanego polecenia.



Ostatnie operacje

Folder Historia zawiera listę ostatnich utworzonych lub edytowanych operacji. Jest to przydatne do uzyskania dostępu do ostatnio używanych operacji. Patrz *Narzędzia edycji* na stronie 83, aby uzyskać więcej informacji.



24 Ostatnie polecenie.

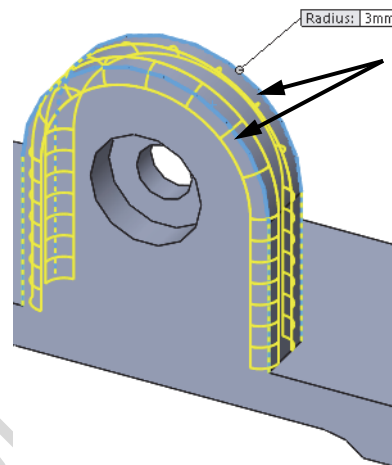
Aby użyć ponownie polecenia zaokrąglenia, kliknąć prawym przyciskiem myszy w oknie graficznym i wybrać **Ostatnie polecenia** oraz **Zaokrąglenie** z menu podręcznego.

25 Podgląd i rozchodzenie się.

Dodać kolejne zaokrąglenie o promieniu **3 mm**, używając **Pełnego podglądu**.

Wybrać ukazane krawędzie, aby zobaczyć wybrane krawędzie i podgląd.

Kliknąć **OK**.

**Narzędzia edycji**

W tej lekcji wprowadzono trzy najbardziej popularne narzędzia edycji: **Edytuj szkic**, **Edytuj operację** i **Pasek przewijania**. Można je wykorzystać do edytowania i naprawiania szkiców i operacji, a także do określenia miejsca w drzewie operacji FeatureManager, w którym operacje mają zostać utworzone.

Porada

Inne narzędzia edycji można znaleźć w dalszej części tej lekcji: *Edycja operacji* na stronie 84 oraz *Pasek przewijania* na stronie 85.


Edytowanie szkicu

Raz utworzony szkic można zmieniać, korzystając z narzędzia **Edytuj szkic**. Otwiera to wybrany szkic, umożliwiając dowolne zmiany: wartości wymiarów, samych wymiarów, geometrii bądź relacji geometrycznych.

Wprowadzenie: edycja szkicu


Narzędzie **Edytuj szkic** pozwala na przejście do szkicu i wprowadzenie w nim dowolnych zmian. Podczas edytowania model jest „przewinięty wstecz” do stanu w momencie utworzenia szkicu. Model zostanie przebudowany po wyjściu ze szkicu.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy szkic lub operację, a następnie kliknąć **Edytuj szkic** 
- Menu: wybrać ścianę i kliknąć **Edycja, Szkic**

Wybór wielu obiektów

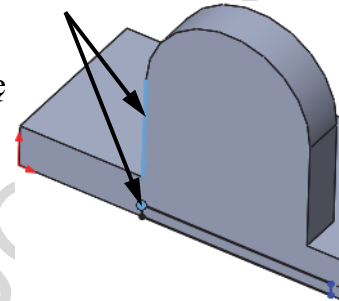
26 Przeprowadzić edycję szkicu.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy operację BottomSlot, a następnie kliknąć **Edytuj szkic** . Istniejący szkic zostanie otwarty do edycji.

Zgodnie z wiadomościami nabytymi w sekcji *Wybór wielu obiektów* na stronie 48 podczas wybierania wielu obiektów należy przytrzymać klawisz **Ctrl**.

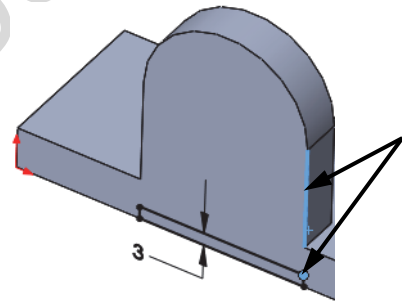
27 Relacje.

Wybrać punkt końcowy i krawędź, jak pokazano na ilustracji, po czym dodać relację **Wspólną**.



28 Powtórzenie.


Powtórzyć tę procedurę dla punktu końcowego po drugiej stronie prostokąta, jak na ilustracji. Dodanie tych relacji spowoduje całkowite zdefiniowanie szkicu.



Uwaga

Więcej informacji o relacjach zawiera sekcja *Relacje szkicu* na stronie 44.

29 Wyjść ze szkicu.

Kliknąć **Wyjdź ze szkicu**  w prawym górnym rogu (potwierdzającym), aby wyjść ze szkicu i przebudować część.

Edycja operacji

Drugie zaokrąglenie powinno być zastosowane do górnych krawędzi Płyty podstawy. Aby tego dokonać, poddamy edycji definicję ostatniej operacji zaokrąglenia.


Wprowadzenie: edycja operacji

Polecenie **Edytuj operację** zmienia sposób, w jaki operacja jest dodawana do modelu. Każda operacja posiada określone informacje, które można zmieniać lub poszerzać, zależnie od typu operacji. Generalnie do tworzenia operacji i ich edytowania wykorzystywane jest to samo okno dialogowe.

Rozchodzenie się zaokrąglenia


Pole wyboru **Styczne rozejście się** w narzędziu **Zaokrąglenie** pozwala na przejście operacji zaokrąglenia do krawędzi stycznych w obszarze wyboru.

Gdzie to znaleźć

- Menu: **Edycja, Definicja**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy operację, a następnie kliknąć **Edytuj operację** 

30 Poddać operację edycji.

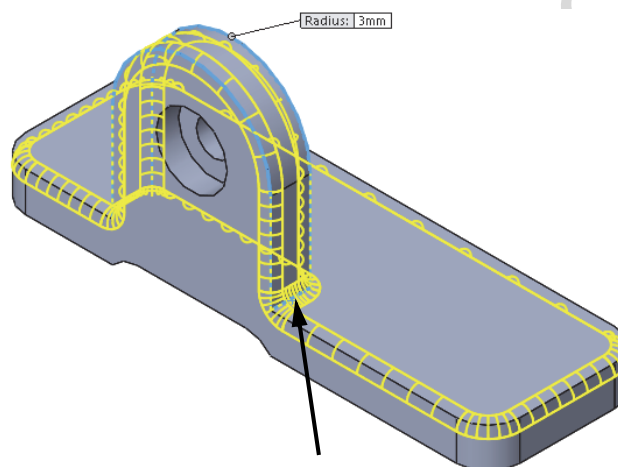
Kliknąć prawym przyciskiem myszy operację Fillet2

(Zaokrąglenie2), a następnie kliknąć **Edytuj operację** .

Istniejąca operacja zostanie otwarta do edycji przy użyciu tego samego menedżera właściwości PropertyManager, którego użyto do jej utworzenia. Pamiętać o kliknięciu **Styczne rozejście się**.

31 Wybrać dodatkową krawędź.

Wybrać dodatkową krawędź, jak na ilustracji. Rozejście się utworzy ukazane zaokrąglenia. Kliknąć **OK**.

**Pasek przewijania**

Pasek przewijania to niebieski poziomy pasek znajdujący się na dole drzewa operacji FeatureManager.



Pasek przewijania ma wiele zastosowań. Można je wykorzystać do „przechodzenia” przez model, ukazując kroki, jakie wykonano, aby go zbudować lub w celu dodania operacji w konkretnym miejscu w historii części. W tym przykładzie zostanie ono wykorzystane, aby dodać operację otworu pomiędzy istniejącymi operacjami zaokrąglenia.

Używanie paska przewijania przy pracy z dużymi częściami

Narzędzie **Pasek przewijania** jest również użyteczne podczas edytowania dużych części w celu ograniczenia przebudowy. Należy umieścić pasek przewijania w położeniu tuż po operacji, która jest edytowana. Po zakończeniu edycji część jest przebudowywana tylko do paska przewijania. Zapobiega to przebudowie całej części. Część można zapisać w stanie przewiniętym wstecz.

**Wprowadzenie:
pasek przewijania**

Część można przewinąć wstecz, używając **paska przewijania** w drzewie operacji FeatureManager. Pasek przewijania to linia, która jest podświetlana po jej wybraniu. Należy przeciągnąć pasek w górę i w dół drzewa operacji FeatureManager, aby przejść do przodu lub do tyłu w sekwencji regeneracji.

Uwaga

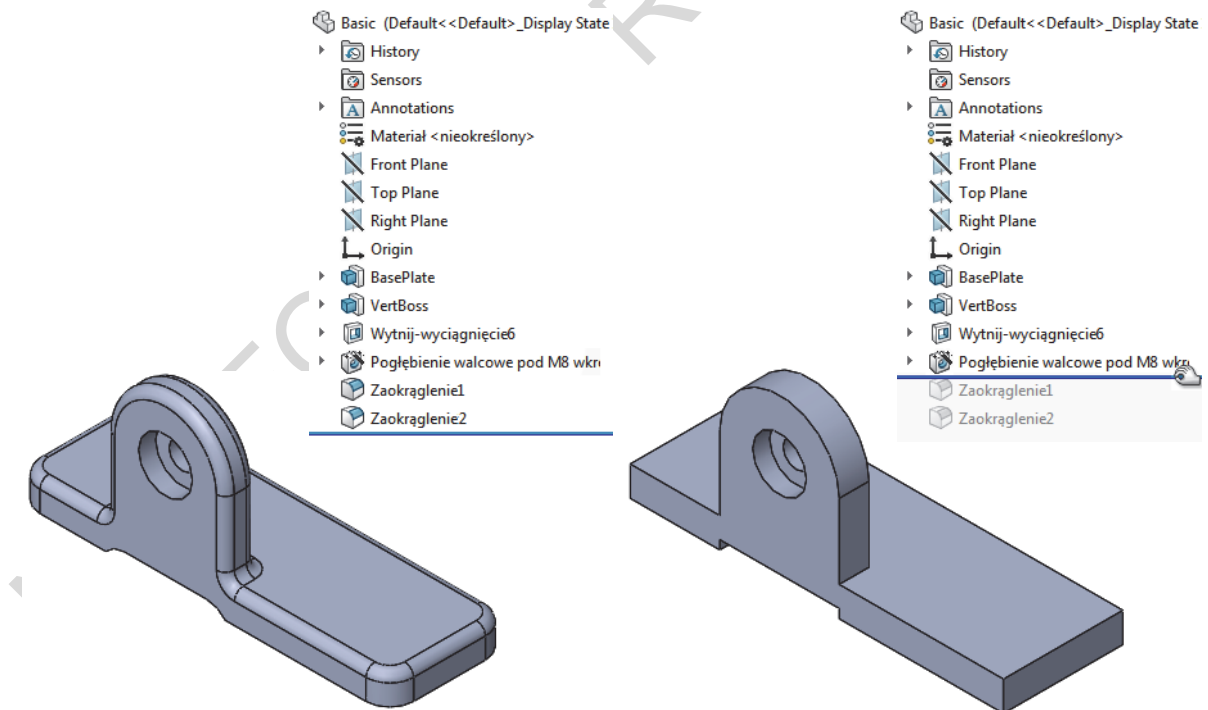
Aby poruszać paskiem przewijania przy użyciu klawiszy strzałek, kliknąć **Narzędzia, Opcje, Opcje systemu, FeatureManager, Nawigacja klawiszami strzałek**. Fokus musi być ustawiony na pasek przewijania poprzez kliknięcie go. Jeżeli fokus jest ustawiony na obszar graficzny, to klawisze strzałek spowodują obracanie modelu.

Gdzie to znaleźć


- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy operację, a następnie kliknąć **pasek przewijania** ↵
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w drzewie operacji FeatureManager i wybrać **Przewiń do poprzedniego** lub **Przewiń do końca**

32 Pasek przewijania.

Kliknąć **pasek przewijania** i przeciągnąć go do góry. Upuścić przed operacjami zaokrąglenia, jak na ilustracji.

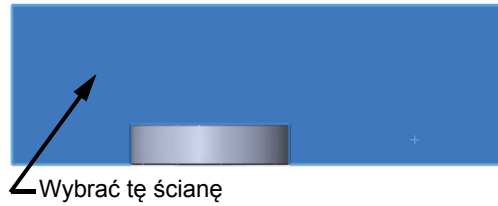


33 Kreator otworów.

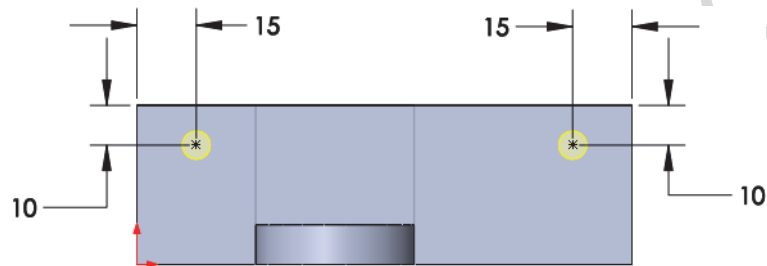
Kliknąć **Kreator otworów** , a następnie kliknąć kartę **Pozycje**.

34 Wybór ściany.

Wybrać wskazaną ścianę.

**35 Otwory.**

Dodać dwa punkty i zwymiarować je, jak na ilustracji. Kliknąć **OK**.

**36 Typ.**

Kliknąć kartę **Typ** i zdefiniować właściwości otworu w przedstawiony poniżej sposób. Kliknąć **OK**.

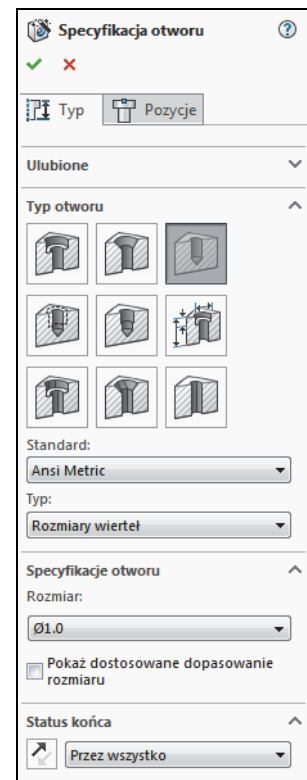
Typ: Otwór

Standard: ANSI Metric


Typ: Rozmiary wiertel

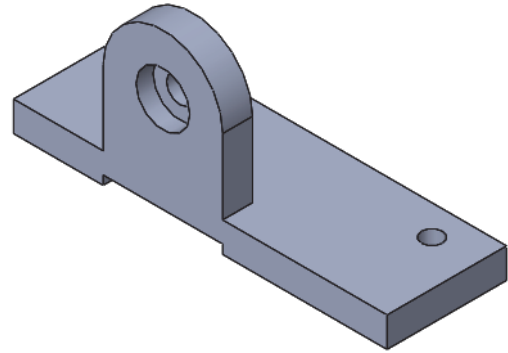
Rozmiar: 7,0

Status końca: Przez wszystko



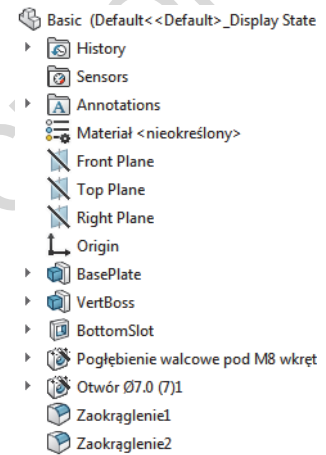
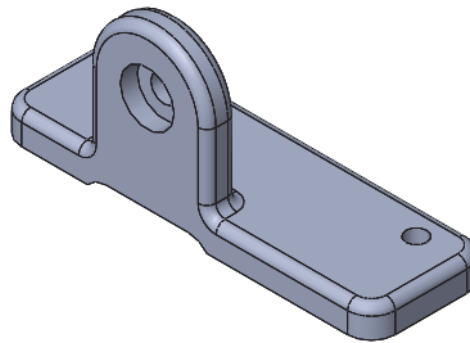
37 Zmienić orientację widoku.

Kliknąć **Izometryczny** , aby zmienić orientację widoku.



38 Przewinąć do końca.


Kliknąć prawym przyciskiem myszy pasek przewijania i kliknąć **Przewiń do końca**.



**Wprowadzenie:
Wyglądy**

Wyglądy służą do zmieniania kolorów i właściwości optycznych grafiki. Można również tworzyć **Próbki** kolorów dla kolorów definiowanych przez użytkownika.

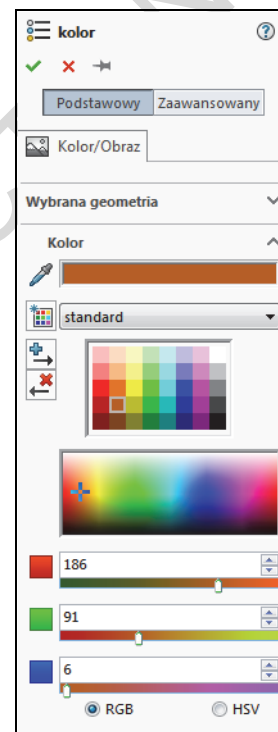
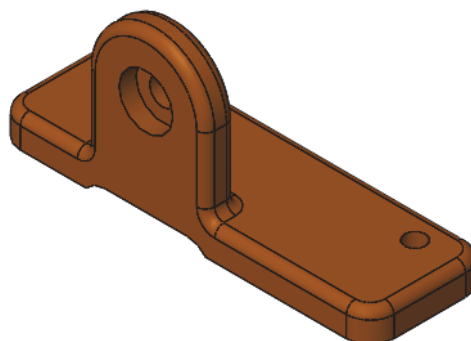
Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy ścianę, operację, bryłę, część lub komponent, kliknąć **Wyglądy**, a następnie kliknąć element do edycji
- Pasek narzędzi Wyświetlacz przezroczysty: **Edytuj wygląd** 

39 Wybrać próbkę.

Kliknąć **Edytuj wygląd** . Poniżej wyboru **Kolor** wybrać próbkę standardową i jeden z kolorów, jak na ilustracji.

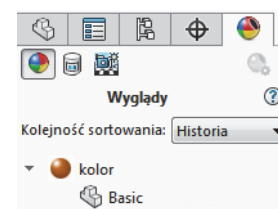
Kliknąć **OK**.

**40 Wyglądy wyświetlania.**

Kliknąć kartę **Menedżer wyświetlania**

DisplayManager , aby zobaczyć kolor.

Kliknąć kartę drzewa operacji FeatureManager

**Porada**

Menedżera wyświetlania **DisplayManager** można również użyć, aby przejrzeć i zmodyfikować sceny, światła i kamery.

**Informacje na temat
kolorów interfejsu
użytkownika**

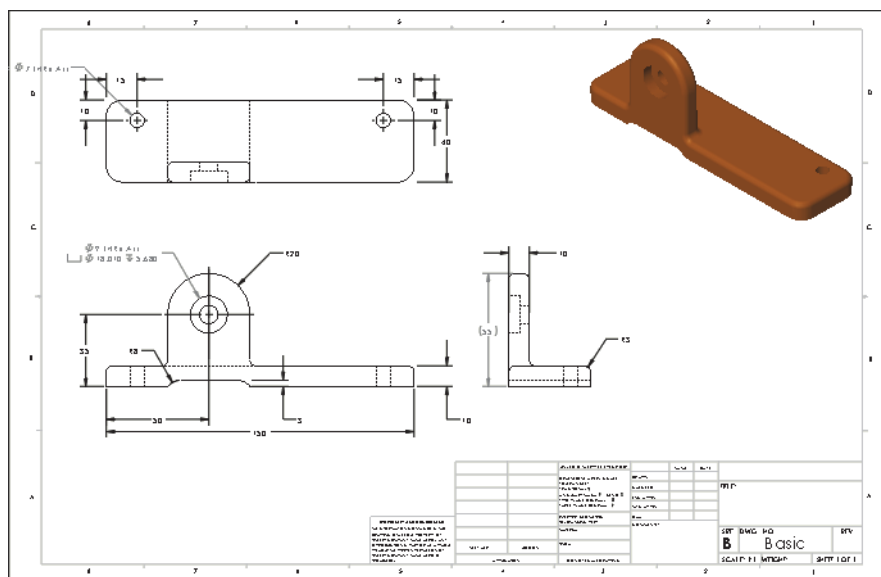
Kolory interfejsu użytkownika SOLIDWORKS można dostosowywać. W tym celu kliknąć **Narzędzia, Opcje, Opcje systemu, Kolory**. Można wybierać uprzednio zdefiniowane schematy kolorów lub tworzyć własne. W niektórych przypadkach domyślne ustawienia kolorów zostały zmienione, aby polepszyć widoczność i jakość reprodukcji. W wyniku tego, kolory w systemie użytkownika mogą nie odpowiadać kolorom użytym w tym podręczniku.

41 Zapisać rezultaty.

Kliknąć **Zapisz** , aby zapisać wyniki swojej pracy.

Podstawy opisywania szczegółów

SOLIDWORKS pozwala na łatwe tworzenie rysunków z części lub złożeń. Rysunki te są całkowicie skojarzone z częściami i złoženiami, do których się odnoszą. Zmiana modelu powoduje aktualizację rysunku.



Różne tematy związane z tworzeniem rysunków zostały włączone do wielu lekcji w niniejszym podręczniku. Materiał przedstawiony tutaj stanowi jedynie wprowadzenie. W szczególności:

- Tworzenie nowego pliku rysunku i arkusza.
- Tworzenie widoków rysunku przy użyciu Palety widoków.
- Używanie pomocniczych narzędzi wymiarowania.

Opisywanie szczegółów zostało dokładnie omówione w kursie *Rysunki SOLIDWORKS*.

Ustawienia użyte w szablonie

Szablon rysunku użyty w tym rozdziale został tak opracowany, aby zawierał **Właściwości dokumentu** wyszczególnione w poniższej tabeli. Aby uzyskać dostęp do ustawień, kliknąć **Narzędzia, Opcje**. Ustawienia użyte w tej lekcji:

Opcje systemu	Właściwości dokumentu (ustawiane przy użyciu szablonu rysunku)
Rysunki, styl wyświetlania: • Styl wyświetlania dla nowych widoków = Ukryte linie usunięte	Standard projektowania: • Ogólny standard projektowania = ANSI
Kolory: • Rysunki, ukryte krawędzie modelu = Czarne	Wymiary: • Czcionka = Century Gothic • Dokładność podstawowa = 0,123 • Dodaj domyślnie nawiasy okrągłe = Wybrane
	Opisywanie szczegółów, Wstaw automatycznie przy tworzeniu widoku: • Wszystkie opcje = nie zaznaczone
	Jednostki • Układ jednostek miar = MMGS

Karty menedżera poleceń CommandManager

Podczas pracy w dokumencie rysunku karty CommandManager aktualizują się w celu uwzględnienia pasków narzędzi, które są charakterystyczne dla procesu opisywania i wykonywania rysunków. Są to:

■ Widok układu



Adnotacja



Nowy rysunek

Pliki rysunków (*.SLDDRW) to pliki SOLIDWORKS, które zawierają arkusze rysunku. Każdy arkusz odpowiada pojedynczemu arkuszowi papieru.

Wprowadzenie: tworzenie rysunku z części

Narzędzie **Utwórz rysunek z części** działa w odniesieniu do bieżącej części i wykonuje kolejne kroki tworzenia pliku rysunku, formatu arkusza oraz początkowych widoków rysunku przy użyciu tej części.

Gdzie to znaleźć

- Pasek menu: **Nowy** , **Utwórz rysunek z części/złożenia** 
- Menu: **Plik, Utwórz rysunek z części**

1 Tworzenie rysunku

Kliknąć ikonę **Utwórz rysunek z części/złożenia**  i wybrać B_Size_ANSI_MM z karty **Training Templates**.

Ten format arkusza tworzy rysunek w rozmiarze B (11 x 17 cali), którego dłuższy bok jest poziomy. Format arkusza zawiera obramowanie, blok tytułowy i inne elementy graficzne.

Porada

Dwukrotne kliknięcie szablonu powoduje jego automatyczne otwarcie, eliminując potrzebę klikania przycisku **OK**.

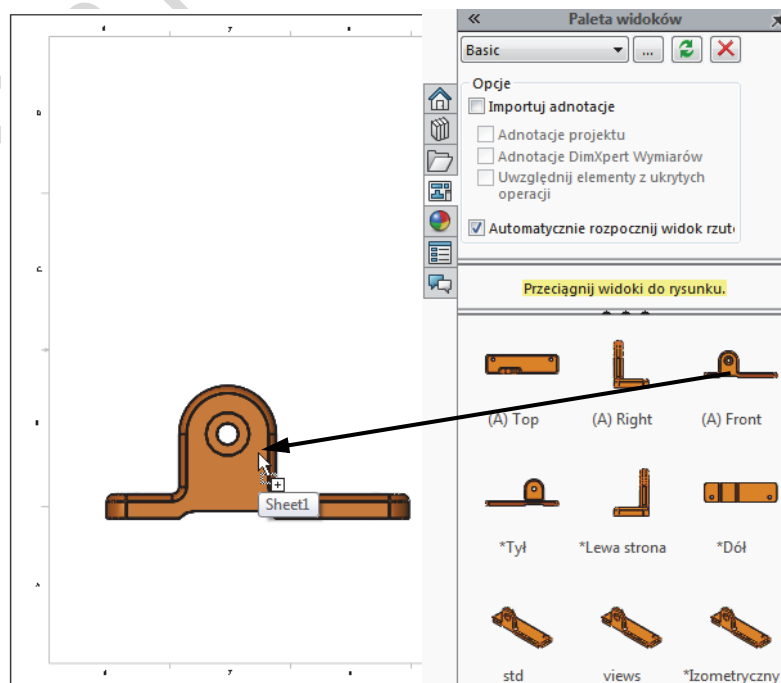
Widoki rysunku

Początkowym zadaniem opisywania szczegółów jest tworzenie widoków. Narzędzie **Utwórz rysunek z części/złożenia** poprowadzi Cię do **Palety widoków**. Podgląd z położeniem modelu znajduje się w dolnej części Palety widoków. Tworzenie widoków na arkuszu rysunku z zastosowaniem procedury „przeciągnij i upuść”. Dodatkowe widoki można rzutować lub zaginać bezpośrednio z upuszczonego widoku.

Opcje te zostały omówione szczegółowo w kursie *Rysunki SOLIDWORKS*.

2 Paleta widoków.

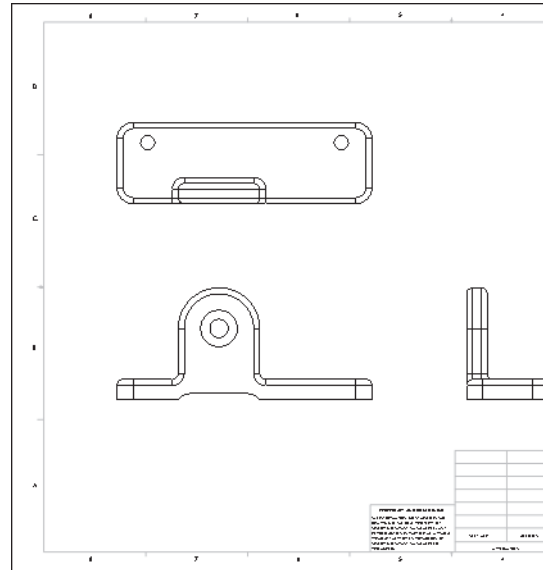
Usunąć zaznaczenie opcji **Importuj adnotacje**. Przeciągnąć widok Przód z **Palety widoków** i upuścić na rysunku, jak pokazano na ilustracji.



3 Widoki rzutowania.

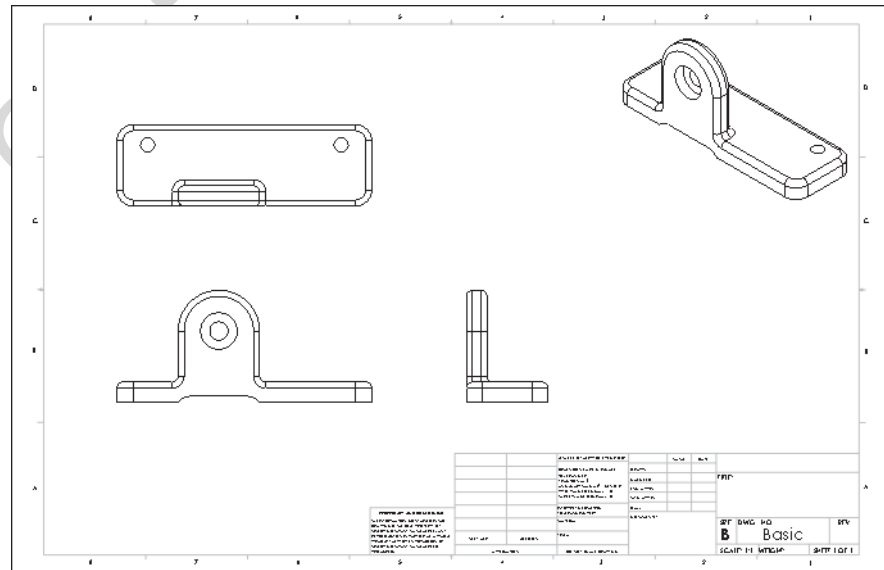
Po umieszczeniu pierwszego widoku uaktywni się opcja **Widok rzutowania**. Dodać widok Góra, przemieszczając kursor nad ten widok i klikając.

Powrócić kursorem do widoku Przód i przemieścić go w prawo, aby utworzyć widok Prawy. Kliknąć **OK**.



4 Widoki rysunków.

Dodać widok *Izometryczny, przeciągając i upuszczając z palety. Umieścić go w prawym górnym narożniku.



Uwaga

Dokument części jest nadal otwarty. Aby przechodzić pomiędzy oknem rysunku a częścią, nacisnąć klawisze **Ctrl+Tab**.

Styczne krawędzie

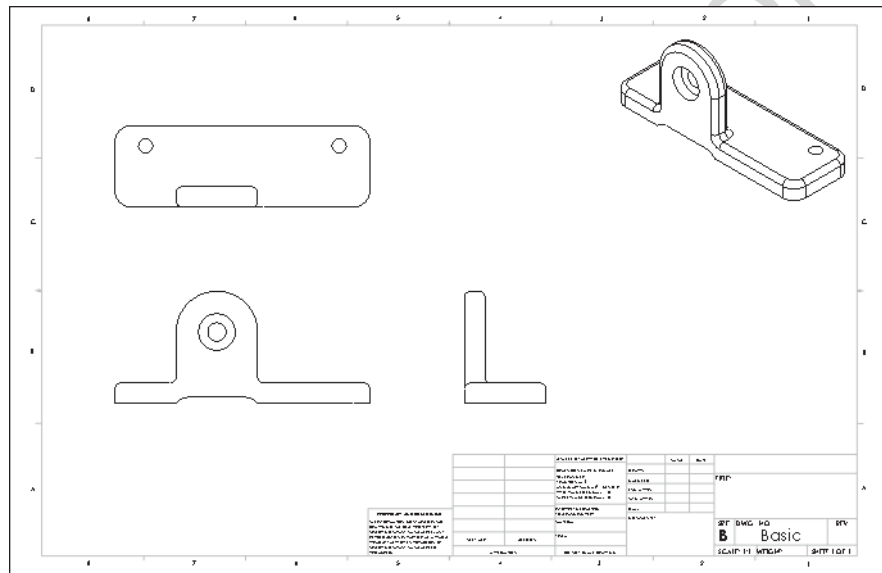
Styczne krawędzie to topologiczne krawędzie ścian, które spełniają warunki styczności. Najczęściej spotykanymi krawędziami stycznymi są krawędzie zaokrągleń. Są one często uwidaczniane w widokach obrazowych, lecz usuwane z widoków ortograficznych.



Gdzie to znaleźć

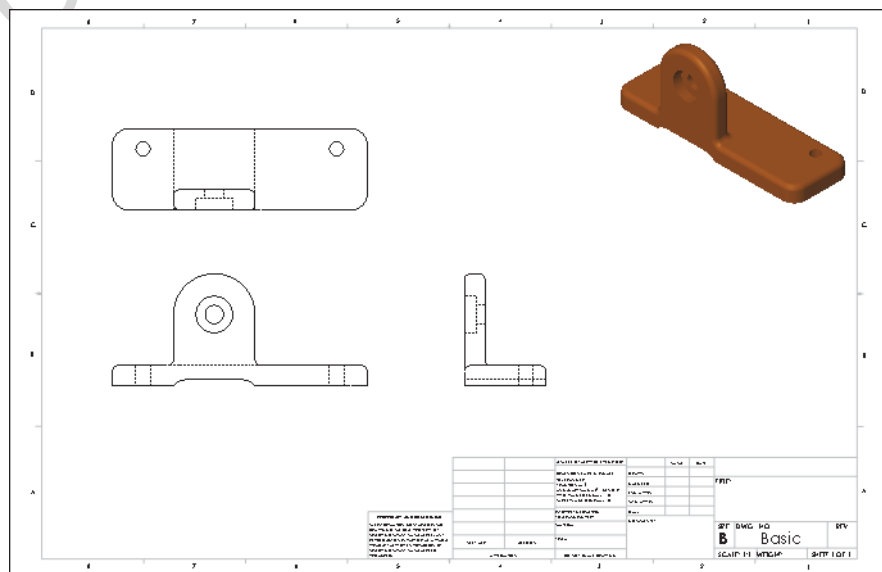
- Menu skrótów: Kliknąć prawym przyciskiem myszy widok, a następnie kliknąć **Styczna krawędź**.

5 Usunąć styczne krawędzie.

Kliknąć **Styczna krawędź** i **Styczne krawędzie usunięte** dla widoków od przodu, z góry, z prawej strony i z lewej strony, jak pokazano.

**6 Styl wyświetlania.**

Kliknąć widok izometryczny i kliknąć **Cieniowany** . W widoku Przód kliknąć **Ukryte linie widoczne** .

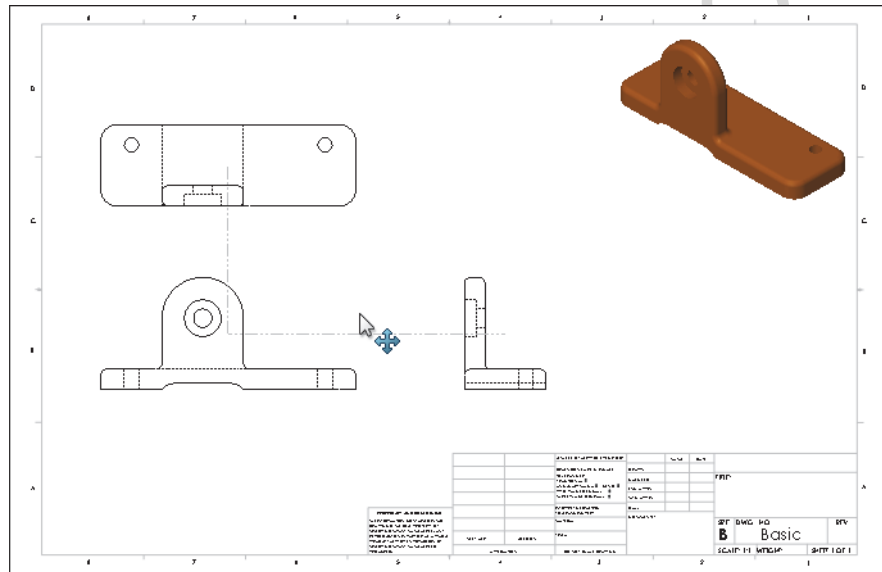


Przenoszenie widoków

Widoki rysunku można przenosić na rysunku. Wystarczy umieścić wskaźnik na obramowaniu widoku, a następnie przeciągnąć widok. W widoku standardowym potrójnym widok **Przód** jest widokiem *źródłowym*. Oznacza to, iż przenoszenie widoku przedniego, przenosi wszystkie pozostałe trzy widoki. Widoki **Góra** i **Prawy** są *wyrównane* z widokiem **Przód**. Mogą się one poruszać tylko wzdłuż osi wyrównania.

7 Przesuń wyrównane widoki.

Wybrać krawędź i przenieść widok **Przód**. Można go przemieścić w dowolnym kierunku, a pozostałe widoki pozostaną wyrównane.



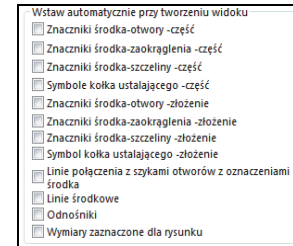
Uwaga

Po wybraniu widoku rysunku, można go przeciągać przy użyciu myszy lub przenosić, stosując klawisze strzałek. Odległość przemieszczenia dla każdego naciśnięcia klawisza strzałki jest ustawiana w obszarze **Narzędzia, Opcje, Opcje systemu, Rysunki, Przyrost ruchu klawiatury**. Aby wybrać dowolne miejsce w widoku, **przeciągać przy wciśniętym klawiszu Alt**. Aby utrzymać odstępy pomiędzy widokami podczas przeciągania, **przeciągać przy wciśniętym klawiszu Shift**.

Znaczniki środka

Znaczniki środka są dołączane do środków okręgów i łuków w widoku rysunku.

Znaczniki środka nie są automatycznie wstawiane do widoku rysunku. Opcję tę można włączać i wyłączać. Swoje preferencje można określić przy użyciu menu **Narzędzia, Opcje, Właściwości dokumentu, Opisywanie szczegółów**.



Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Adnotacja > Znacznik środka**
- Menu: **Wstaw, Adnotacje, Znacznik środka**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Adnotacje, Znacznik środka**

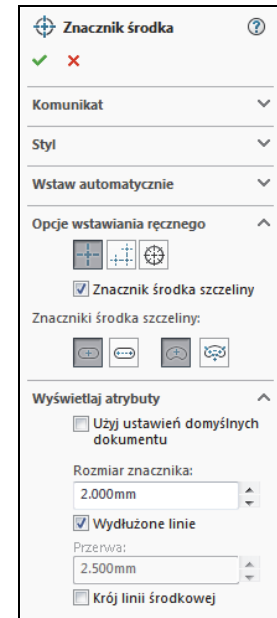
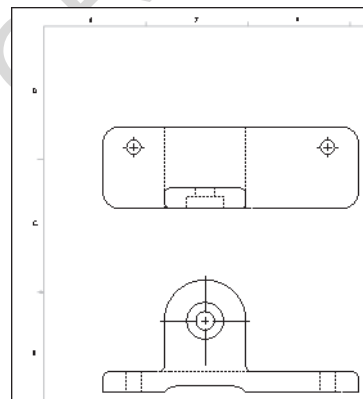
8 Znacznik środka.

Kliknąć **Znacznik środka** .

Usunąć zaznaczenie opcji **Użyj ustawień domyślnych dokumentu**, zaznaczyć opcję **Wydłużone linie** i ustawić **Rozmiar znacznika** na **2 mm**, jak na ilustracji.

Kliknąć duży łuk w widoku od przodu. Kontynuować dodawanie znaczników środka do dwóch otworów w widoku Górnym.

Kliknąć **OK**.



Wymiarowanie

Wymiary można tworzyć w rysunkach przy użyciu kilku narzędzi. Niektóre wymiary mogą odnosić się do wymiarów wygenerowanych na szkicach i w operacjach modelu. Są to wymiary *sterujące*. Inne wymiary są niezależne od szkiców i operacji modelu. Noszą one nazwę wymiarów *zależnych*.

Wymiary sterujące

Wymiary sterujące zawsze wyświetlają prawidłowe wartości i mogą być używane do zmieniania modelu. Narzędzie **Elementy modelu** importuje do rysunku wymiary utworzone na szkicach i w operacjach modelu.

Wymiary zależne

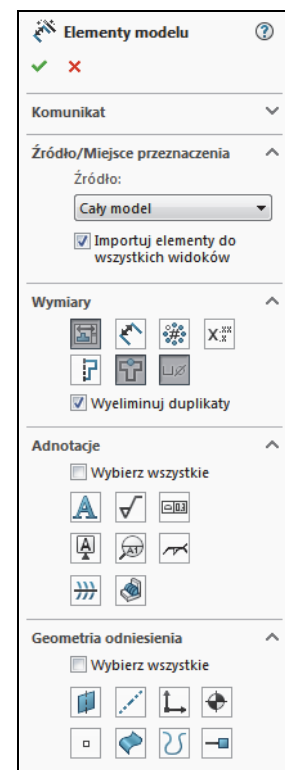
Wymiary zależne zawsze wyświetlają prawidłowe wartości, lecz nie mogą być używane do zmieniania modelu. Wartości wymiarów zależnych zmieniają się przy zmianie wymiarów modelu. Domyślnie wymiary tego typu są wyświetlane w innym kolorze i są ujęte w nawiasy. Oto dwa sposoby tworzenia wymiarów zależnych:

- Narzędzie **Inteligentny wymiar** ręcznie dodaje wymiary do modelu, tak jak na szkicu.
- Narzędzie **DimXpert wymiarów** dodaje wymiary, rozpoczynając od pozycji bazy pomiarowej.


Wprowadzenie: Elementy modelu

Narzędzie **Elementy modelu** wspomaga dodawanie wymiarów do widoku lub wszystkich widoków za pomocą wymiarów szkicu i operacji modelu.


Wymiary można zaimportować do wybranej operacji lub całego modelu. Umożliwia ono również wybieranie i importowanie różnych typów **Adnotacji** i **Geometrii odniesienia**, które mogą istnieć w modelu.



Gdzie to znaleźć

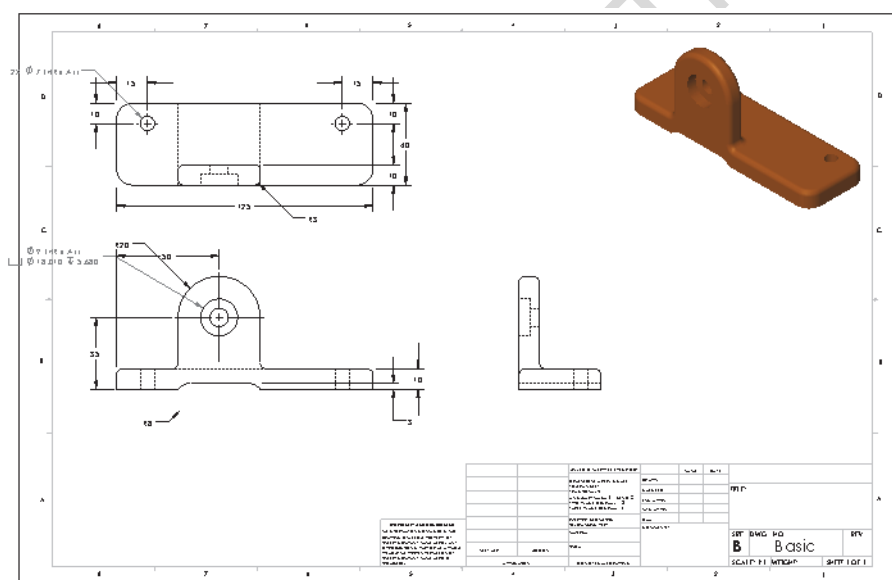
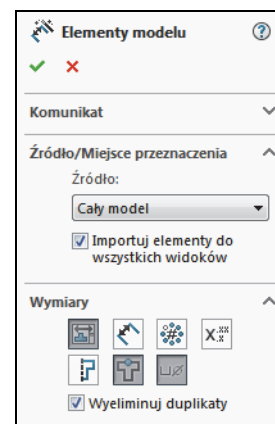
- Menedżer poleceń CommandManager: **Adnotacja > Elementy modelu** 
- Menu: **Wstaw, Elementy modelu**

9 Elementy modelu.

Kliknąć **Elementy modelu** . Kliknąć **Cały model** jako **Źródło** i kliknąć **Importuj** elementy do wszystkich widoków.

W obszarze **Wymiary** kliknąć **Zaznaczone dla rysunku**, **Lokalizacje z Kreatora otworów**, **Objaśnienia otworów** i **Wyeliminuj duplikaty**.

Kliknąć OK.



Uwaga

Pozycja wymiaru zależy od sposobu utworzenia operacji oraz od usytuowania wymiaru modelu. Wyniki mogą się różnić od przedstawionych na ilustracji powyżej.

Porada

Po wstawieniu wymiarów, następuje ich skojarzenie z danym widokiem i będą one przemieszczane łącznie z tym widokiem, chyba że nastąpi umyślne ich przeniesienie do innego widoku lub ich usunięcie. Więcej informacji zawiera rozdział *Manipulowanie wymiarami* na stronie 100.

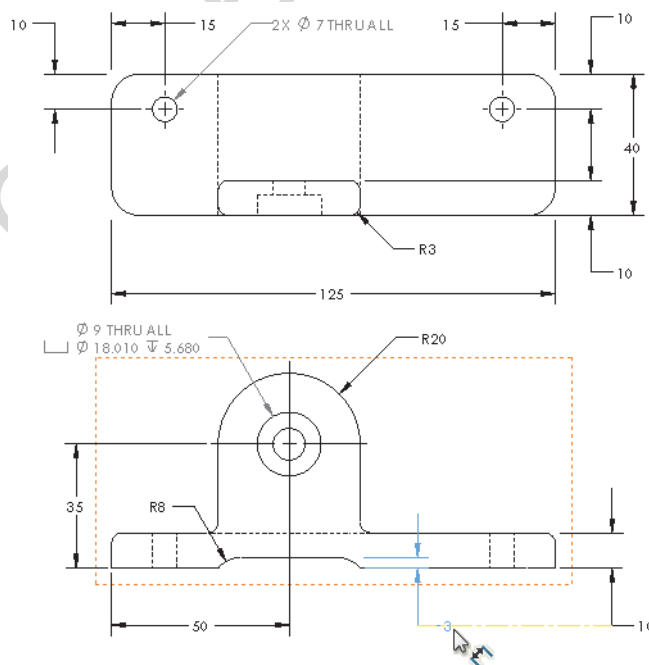
Manipulowanie wymiarami

Po dodaniu wymiarów do widoku, istnieje kilka opcji dotyczących sposobu, w jaki można nimi manipulować:

Przeciąganie	Przeciągnąć wymiary za tekst do nowych lokalizacji. Użyć linii wnioskowania, aby ustalić ich położenie i wyrównać je.
Ukrywanie	Kliknąć prawym przyciskiem myszy tekst wymiaru i kliknąć Ukryj w menu podręcznym.
Przenoszenie do innego widoku	Wymiaru można zwykle użyć w kilku widokach. Aby przenieść wymiar, należy przytrzymać klawisz Shift i przeciągnąć wymiar do innego widoku.
Kopiowanie do innego widoku	W celu skopiowania wymiaru nacisnąć klawisz Ctrl , po czym przeciągnąć wymiar do innego widoku i upuścić go.
Usuwanie	Niepotrzebne wymiary można usunąć z rysunku przy użyciu klawisza Delete .

10 Przeciąganie wymiarów.

Przeciągnąć wymiary w ramach widoku, aby zmienić ich pozycję, jak na ilustracji.

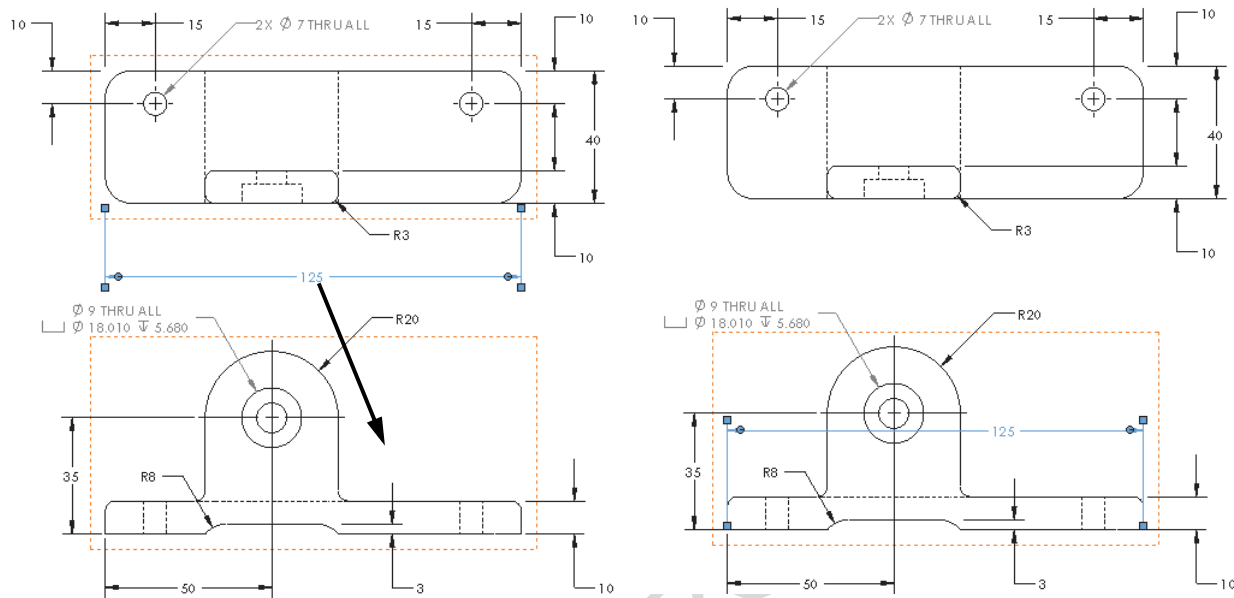


Porada

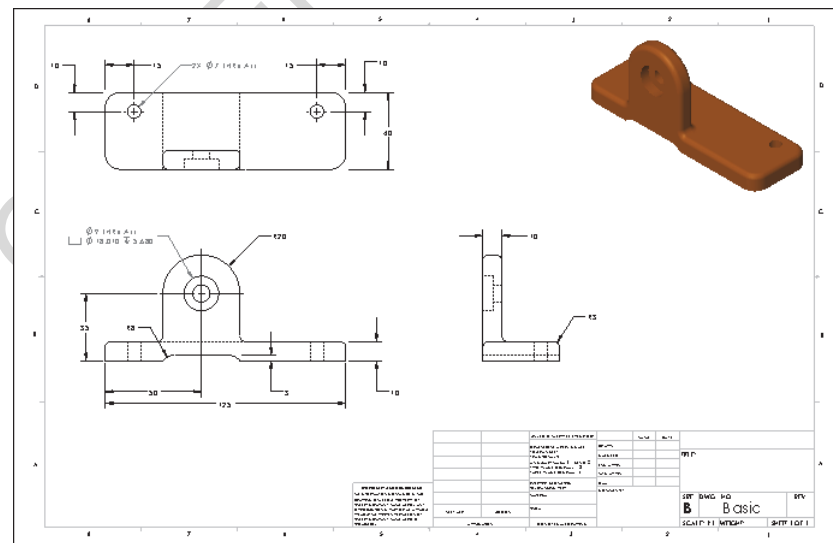
Wyrównać tekst wymiarów przy użyciu żółtych linii pomocniczych.

11 Przenieść wymiar do innego widoku.

Przytrzymując wciśnięty klawisz **Shift**, przeciągnąć wymiar **125 mm** do widoku Drawing View1 i upuścić go. Wymiar zostanie przeniesiony z widoku oryginalnego do nowego.

**12 Przenieść pozostałe wymiary.**

Przenieś wymiary, aby ułożyć je tak, jak pokazano.



Paleta wymiarów

Paleta wymiarów pojawia się obok kursora po wstawieniu wymiaru lub wybraniu przynajmniej jednego wymiaru. Może być użyta do zmiany właściwości wymiarów, formatowania, położenia i układu.



Gdzie to znaleźć

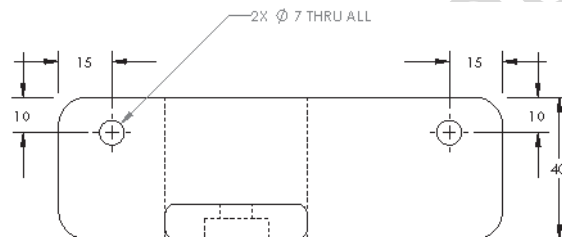
Pomocnicze narzędzie wymiarowania - Inteligentne wymiarowanie

- Wybrać jeden lub więcej wymiarów, a następnie kliknąć .

Opcja **Inteligentne wymiarowanie** pomocniczego narzędzia wymiarowania służy do ręcznego dodawania wymiarów do rysunku. Wymiary takie uznawane są za wymiary *zależne*. Patrz *Wymiary zależne* na stronie 98.

13 Rozmieścić wymiary.


Wybrać wszystkie wymiary w widoku od góry i kliknąć , aby otworzyć **Paletę wymiarów**. Następnie kliknąć **Rozmieść wymiary automatycznie** , aby zapewnić optymalne odstępy i wyrównanie wymiarów.



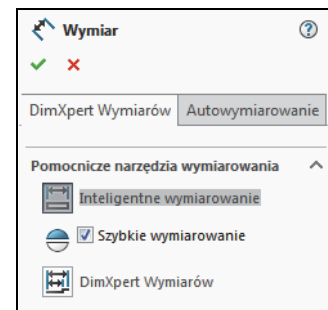
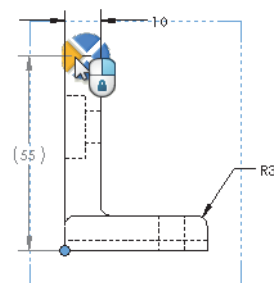
Uwaga

Regulacji można dokonać według wymiarów po użyciu opcji rozmieszczenia.

14 Wymiarowanie.

Kliknąć **Inteligentny wymiar** . Wybrać wierzchołki na górze i na dole, po czym umieścić wymiar po lewej stronie widoku.

Kliknąć **OK**.

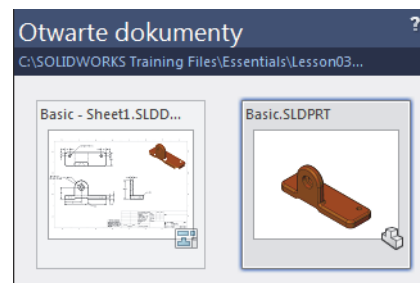


**Skojarzenie
pomiędzy
modelem i
rysunkiem**

W oprogramowaniu SOLIDWORKS wszystko jest skojarzone. Dokonanie zmiany w indywidualnej części powoduje jej propagację na wszystkie rysunki i złożenia, które posiadają do niej odniesienia.

15 Przełączyć okna.

Nacisnąć klawisze **Ctrl+Tab** i kliknąć plik części w celu przejścia do okna dokumentu części.


**Zmienianie
parametrów**

Oprogramowanie SOLIDWORKS pozwala na bardzo łatwe wprowadzanie zmian w wymiarach części. Ta łatwość edycji jest jedną z podstawowych korzyści modelowania parametrycznego. Dlatego tak ważne jest prawidłowe uchwycenie intencji projektu. Jeżeli intencja projektu nie zostanie uchwyciona prawidłowo, to zmiany wymiarów mogą powodować dosyć nieoczekiwane rezultaty części.

**Przebudowywanie
modelu**

Po dokonaniu zmian w wymiarach, konieczne jest przebudowanie modelu, aby zostały one uwzględnione.

**Symbol
przebudowania**


Jeśli dokonasz zmian w szkicu lub części, która wymaga rekonstrukcji BasePlate, symbol przebudowy  pojawi się obok nazwy części oraz na ikonie operacji. Ikonę przebudowania można również odnaleźć na pasku stanu.

Symbol przebudowania jest również wyświetlany podczas edytowania szkicu. Po wyjściu ze szkicu, część zostanie przebudowana automatycznie.

**Wprowadzenie:
przebudowa**

Polecenie **Przebuduj** powoduje ponowne wygenerowanie modelu z uwzględnieniem wszelkich dokonanych zmian.

Gdzie to znaleźć

- Pasek menu: **Przebudowanie** 
- Menu: **Edycja, Przebuduj**
- Skrót klawiaturowy: **Ctrl+B**

Porada

Model zostanie przebudowany przy zapisywaniu.

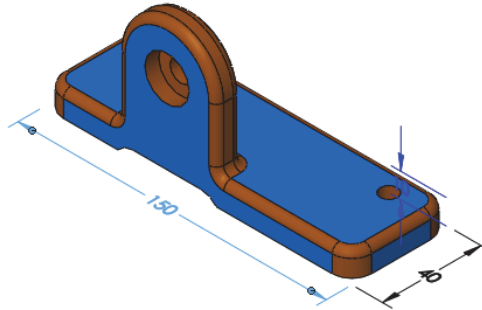
Uwaga

Aby przebudować *wszystkie* operacje, nacisnąć klawisze **Ctrl+Q**.


16 Kliknąć dwukrotnie operację.

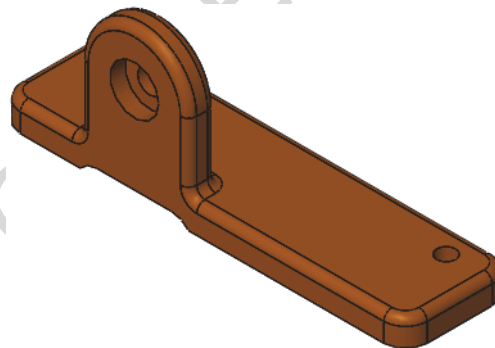
Można kliknąć dwukrotnie operację **BasePlate** (Płyta bazowa) w drzewie operacji **FeatureManager** bądź w obszarze graficznym. Pojawią się wówczas parametry skojarzone z tą operacją.

Kliknąć dwukrotnie pokazany wymiar **125 mm**. Pojawi się okno dialogowe **Modyfikuj**. Wprowadzić nową wartość, wpisując ją bezpośrednio lub używając strzałek pola pokrętna. Wprowadzić wartość **150 mm** i kliknąć **OK**.



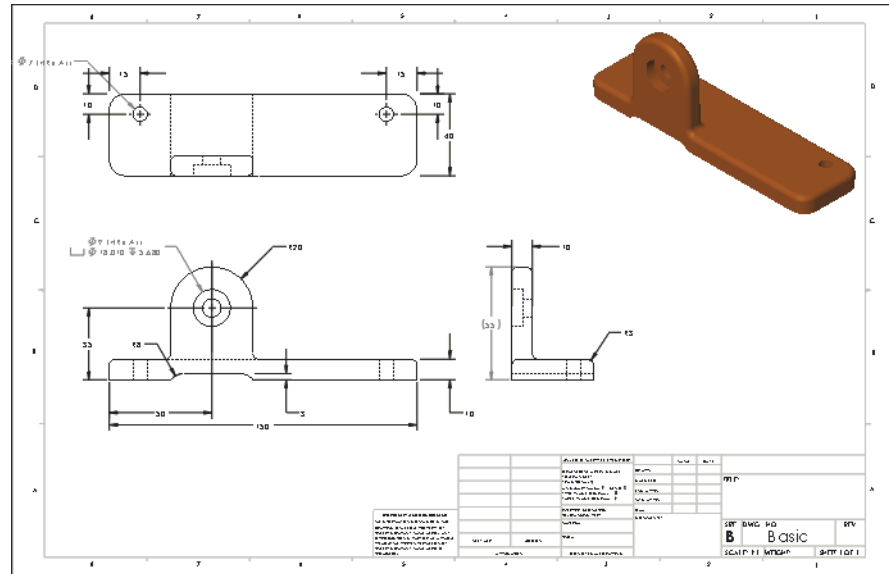
17 Przebudować część, aby zobaczyć rezultaty.

Przebuduj część, klikając **Przebuduj** . W przypadku użycia narzędzia w oknie dialogowym **Modyfikuj** okno to pozostanie otwarte, umożliwiając dokonanie kolejnej zmiany. Ułatwia to badanie scenariuszy „jeżeli-to”.

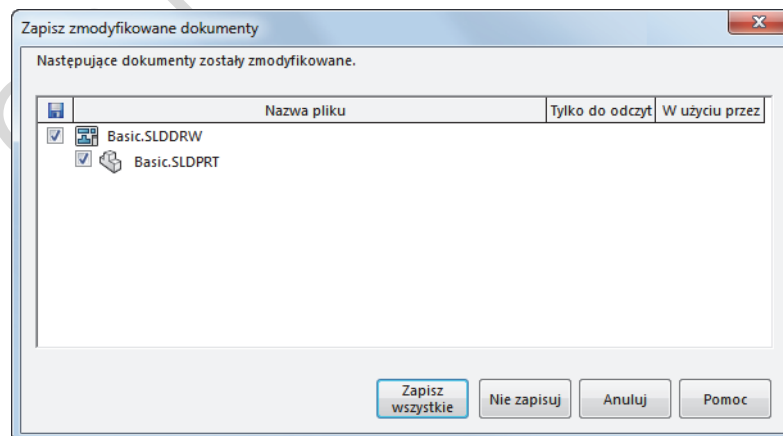


18 Zmodyfikuj rysunek.

Nacisnąć klawisze **Ctrl+Tab** i kliknąć plik rysunku, aby przełączyć się z powrotem na arkusz rysunku. Rysunek zostanie zaktualizowany automatycznie, aby odzwierciedlić zmiany w modelu. Wymiary mogą przemieścić się podczas procesu przebudowy, w związku z czym mogą wymagać późniejszego uporządkowania.

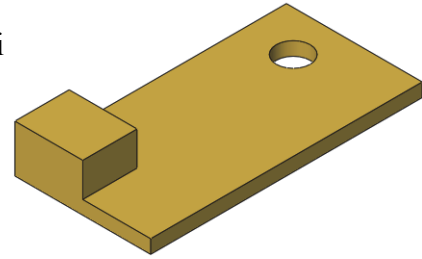
**19 Zamknąć rysunek.**

Kliknąć **Plik, Zamknij**, aby zamknąć rysunek. Kliknąć **Zapisz wszystkie**, aby zapisać pliki zarówno rysunku, jak i części. Zapisać plik w tym samym folderze co część.



Ćwiczenie 4: Płytki

Utwórzmy część, używając podanych informacji i wymiarów. Naszkicujmy i wyciągnijmy profile, aby utworzyć część. To laboratorium utrwała następujące umiejętności:



- Wybieranie najlepszego profilu na stronie 66.
- Wprowadzenie: prostokąt z narożnika na stronie 71.
- Szkicowanie na ścianie planarnej na stronie 73.
- Operacja dodania na stronie 73.
- Używanie Kreatora otworów na stronie 78.

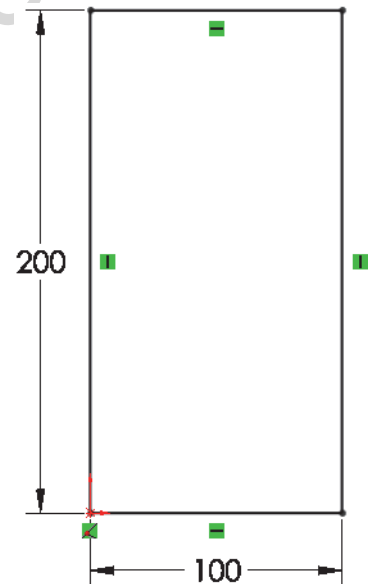
Jednostki: **milimetry**

Procedura

Utworzyć nową część w jednostkach mm i nazwać ją Plate (Płytki). Utworzyć geometrię jak na ilustracji, wykonując poniższe kroki.

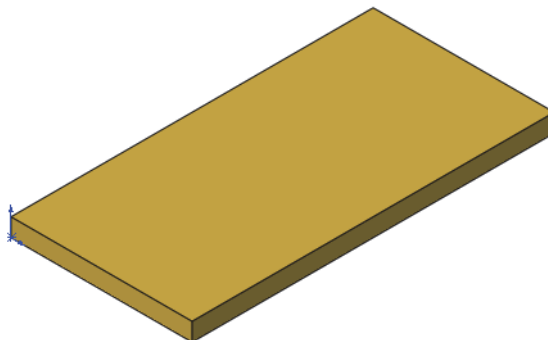
1 Naszkicować operację bazy.

Utworzyć nowy szkic na płaszczyźnie Górnej. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.



2 Wyciągnąć operację bazy.

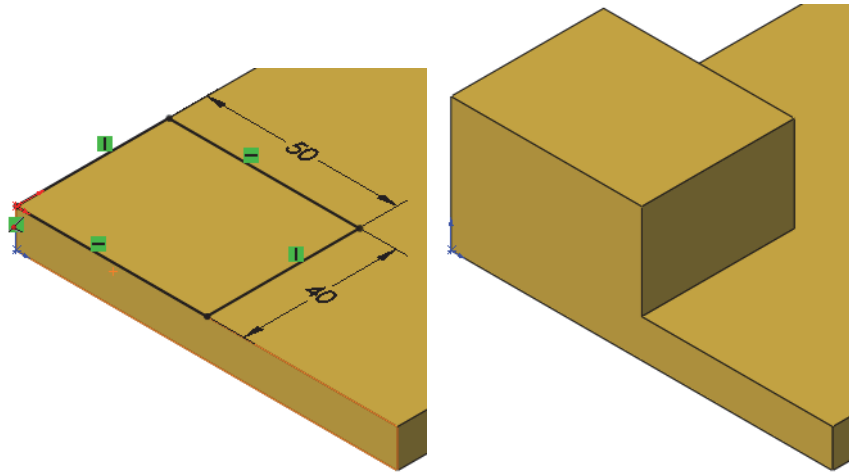
Wyciągnąć szkic na **10 mm**, jak pokazano na rysunku.



3 Dodanie.

Utworzyć nowy szkic na górnej ścianie bryły. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.

Wyciągnąć dodanie **25 mm**.

**4 Kreator otworów.**

Kliknąć narzędzie **Kreator otworów** , a następnie kliknąć pokazaną ścianę.

Kliknąć kartę **Typ**. Ustawić właściwości otworu w następujący sposób:

Typ: Otwór

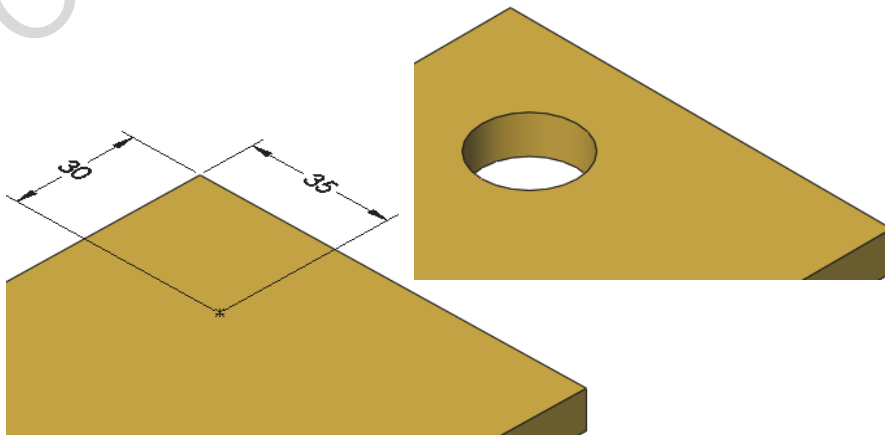
Standard: ANSI Metric

Typ: Rozmiary wiertel

Rozmiar: 25 mm

Status końca: Przez wszystko

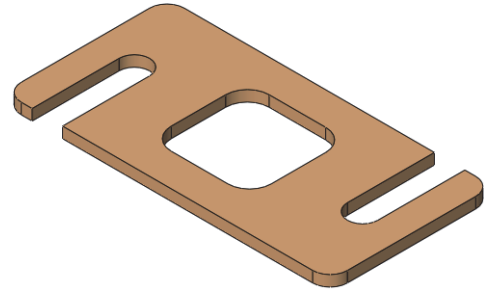
Kliknąć kartę **Pozycje**. Umieścić punkty, jak na ilustracji.

**5 Zapisać i zamknąć część.**

Ćwiczenie 5: Wycięcia

Wykorzystać prostokąty, łuki styczne i operacje wycięcia do utworzenia części. To laboratorium utrwała następujące umiejętności:

- *Wprowadzenie: prostokąt z narożnika na stronie 71.*
- *Strefy intencyjne łuku stycznego na stronie 74.*
- *Operacja wycięcia na stronie 76.*
- *Zaokrąglanie na stronie 80.*



Jednostki: **milimetry**

Procedura

Utworzyć nową część w jednostkach mm i nazwać ją Cuts (Wycięcia). Utworzyć geometrię jak na ilustracji, wykonując poniższe kroki.

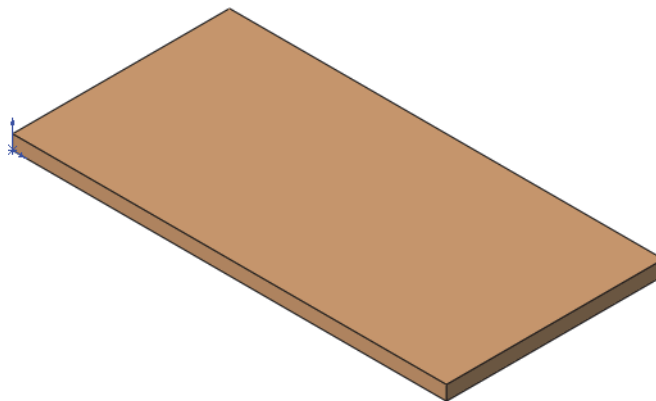
1 Naszkicować operację bazy.

Utworzyć nowy szkic na płaszczyźnie Górnej. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.



2 Wyciągnąć operację bazy.

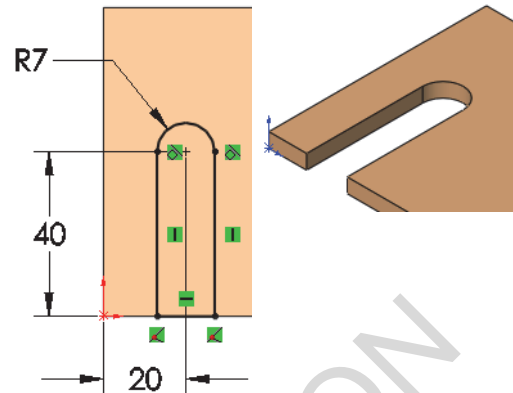
Wyciągnąć szkic na **5 mm**, jak pokazano na rysunku.



3 Wyciąć szczelinę.

Utworzyć nowy szkic na górnej ścianie bryły. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.

Wyciągnąć wycięcie, używając opcji **Przez wszystko**.

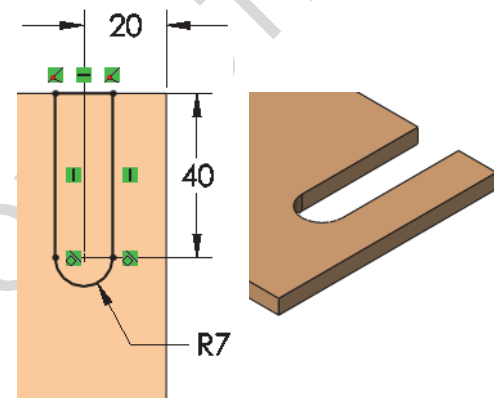
**Porada**

Pamiętać, aby utworzyć zamknięty profil, szkicując linię dolną.

4 Wyciąć kolejną szczelinę.

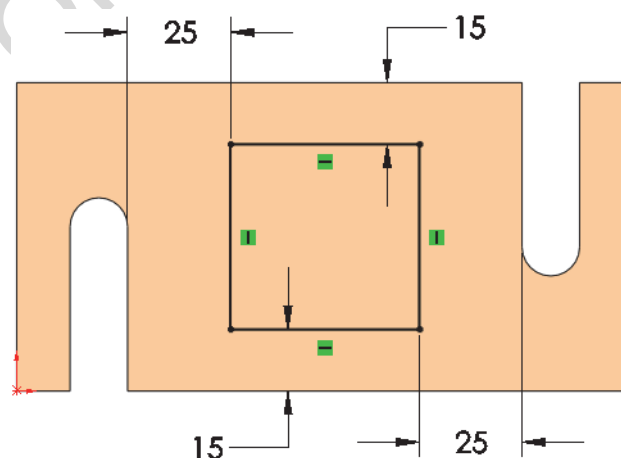
Utworzyć nowy szkic, wykorzystując tę samą ścianę. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.

Wyciągnąć kolejne wycięcie, używając opcji **Przez wszystko**.

**5 Wyciąć prostokąt.**

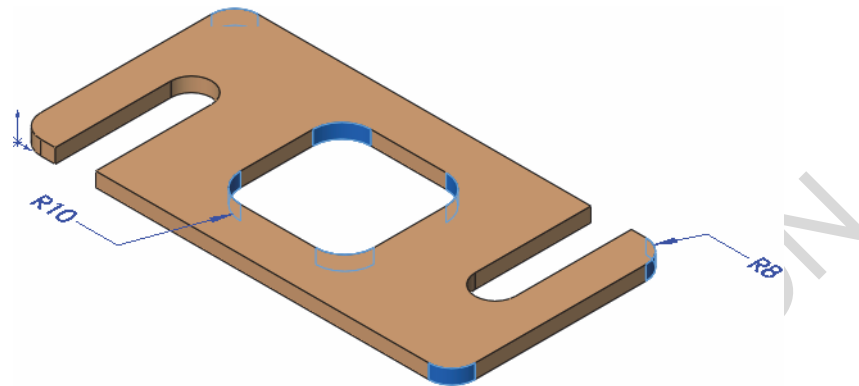
Utworzyć nowy szkic, wykorzystując tę samą ścianę. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.

Wyciągnąć kolejne wycięcie, używając opcji **Przez wszystko**.



6 Zaokrąglenia.

Dodać zaokrąglenia **R 10 mm** oraz **R 8 mm** do krawędzi, jak pokazano na ilustracji.



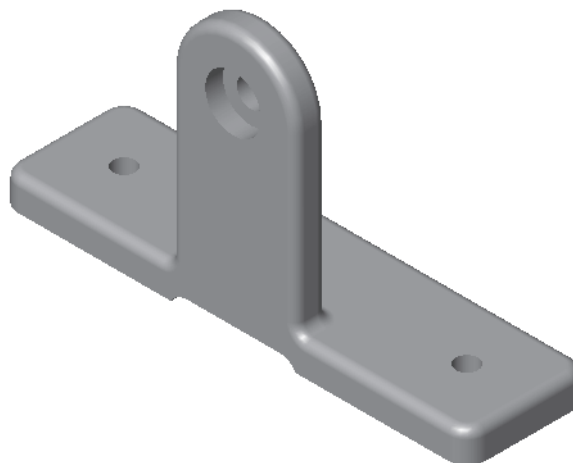
7 Zapisać i zamknąć część.

Ćwiczenie 6: Podstawowe zmiany

Dokonajmy zmian w części utworzonej w poprzedniej lekcji.

To ćwiczenie wykorzystuje następujące umiejętności:

- *Zmienianie parametrów* na stronie 103.
- *Przebudowywanie modelu* na stronie 103.

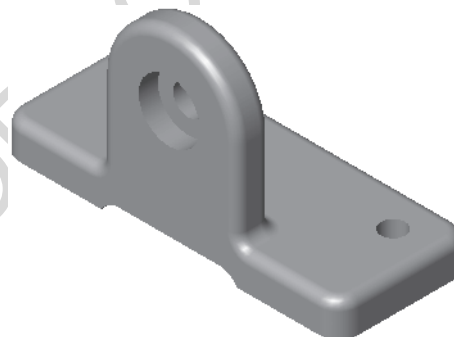


Procedura

Otworzyć istniejącą część w folderze Lesson03\Exercises.

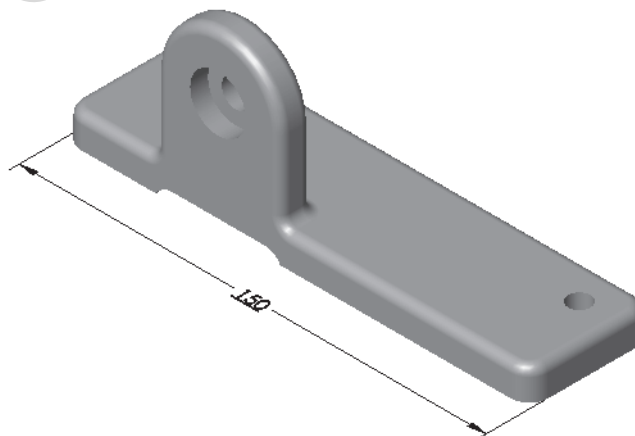
1 Otworzyć część Podstawowe zmiany.

Dokonanych zostanie kilka zmian w modelu celem zmiany jego rozmiarów i sprawdzenia intencji projektu.



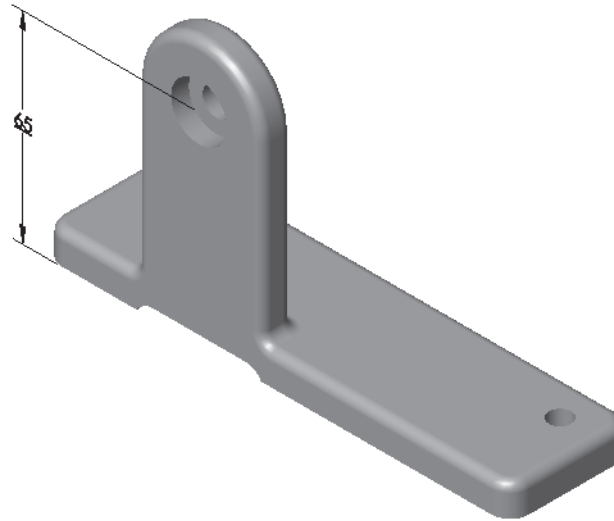
2 Całkowity wymiar.

Kliknąć dwukrotnie pierwszą operację (Base Plate (Płyta podstawy)) w drzewie operacji FeatureManager lub na ekranie, aby uzyskać dostęp do wymiarów. Zmienić wymiar długości na **150 mm** (pokazany poniżej jako pogrubiony i podkreślony) i przebudować model.



3 Dodanie.

Kliknąć dwukrotnie operację Vert boss (Dodanie pionowe) i zmienić wymiar wysokości, jak pokazano na ilustracji. Przebudowa części.



4 Lokalizacje otworów.

Kliknąć dwukrotnie operację $\varnothing 7.0$ (7) Diameter Hole i zmienić położenie wymiarów na **20 mm**. Przebudowa modelu.

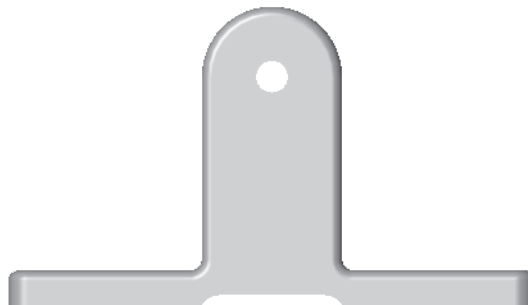


5 Wyśrodkować Vert Boss.

Ustalić prawidłową wartość i zmienić wymiar wyśrodkowujący operację Vert Boss na podstawie.

Porada

Ewentualnie można usunąć wymiar i dodać relacje wyśrodkowujące operację VertBoss względem podstawy.

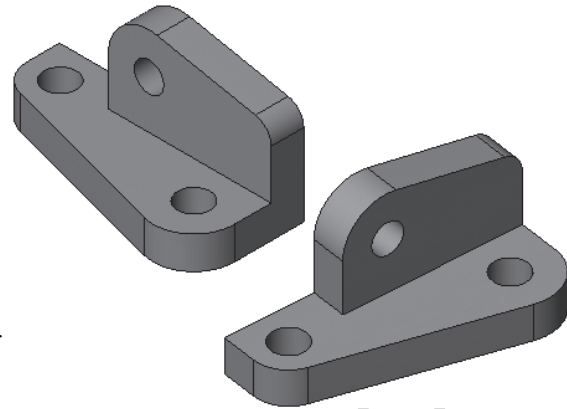


6 Zapisać i zamknąć część.

**Ćwiczenie 7:
Wspornik
podstawy**

To laboratorium utrwała następujące umiejętności:

- Wybieranie najlepszego profilu na stronie 66.
- Operacja dodania na stronie 73.
- Używanie Kreatora otworów na stronie 78.
- Zaokrąglanie na stronie 80.



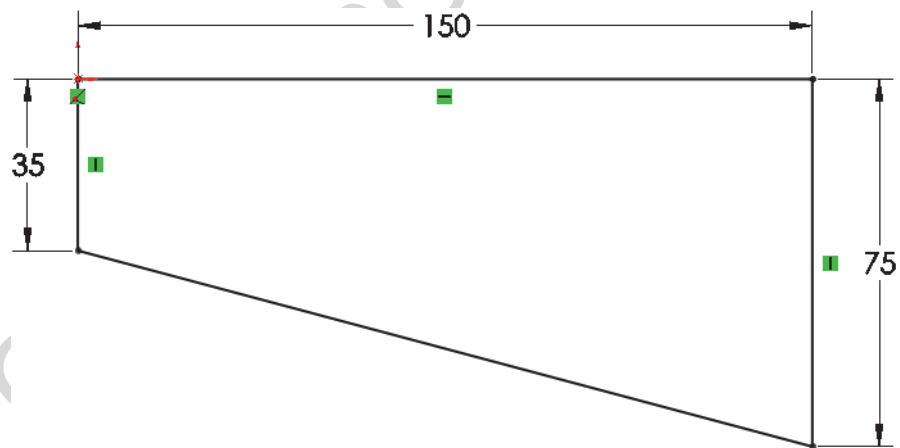
Jednostki: **milimetry**

Procedura

Utworzyć nową część w jednostkach mm i nazwać ją Base_Bracket (Wspornik bazowy). Utworzyć geometrię jak na ilustracji, wykonując poniższe kroki.

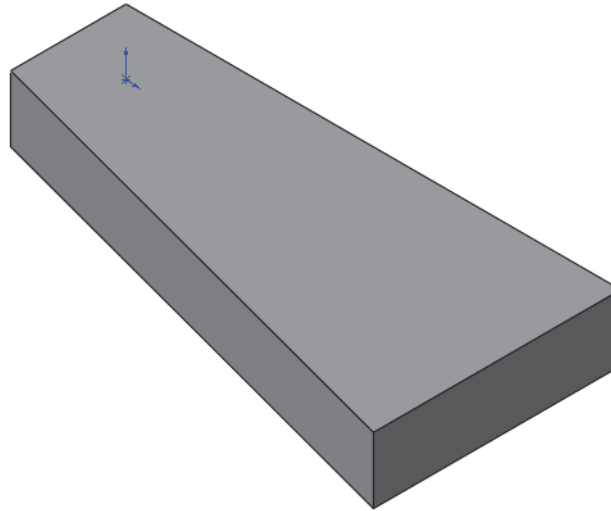
1 Naszkicować operację bazy.

Utworzyć nowy szkic na płaszczyźnie Górnej. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.



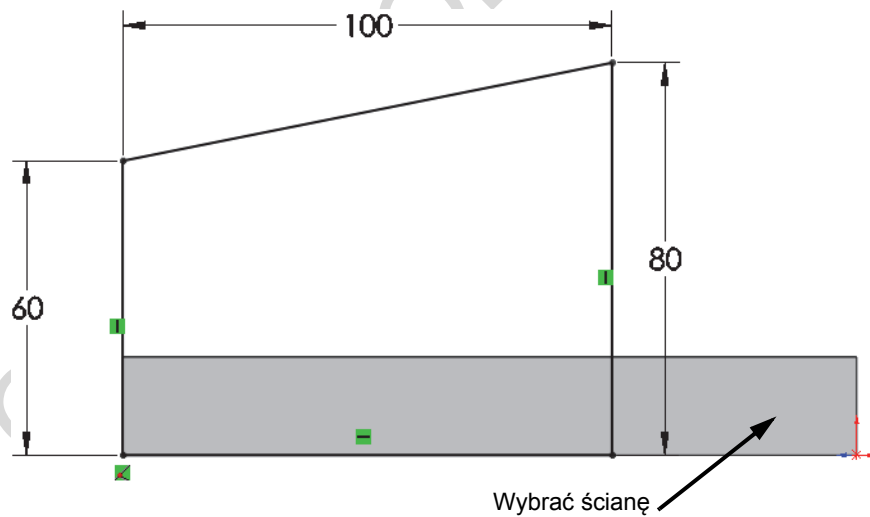
2 Wyciągnąć operację bazy.

Wyciągnąć szkic o **20 mm**, aby utworzyć operację bazy, jak na ilustracji.



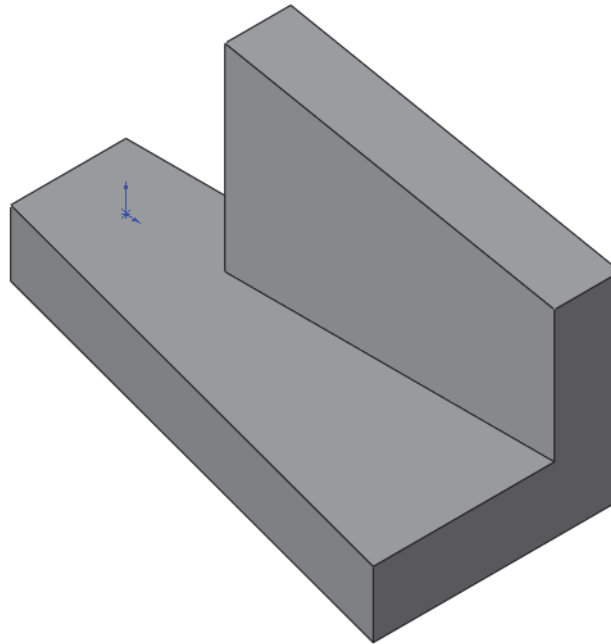
3 Szkic na tylnej ścianie.

Zmienić orientację widoku na Tylną, wybrać wskazaną ścianę i utworzyć nowy szkic. Dodać geometrię i wymiary jak na rysunku.



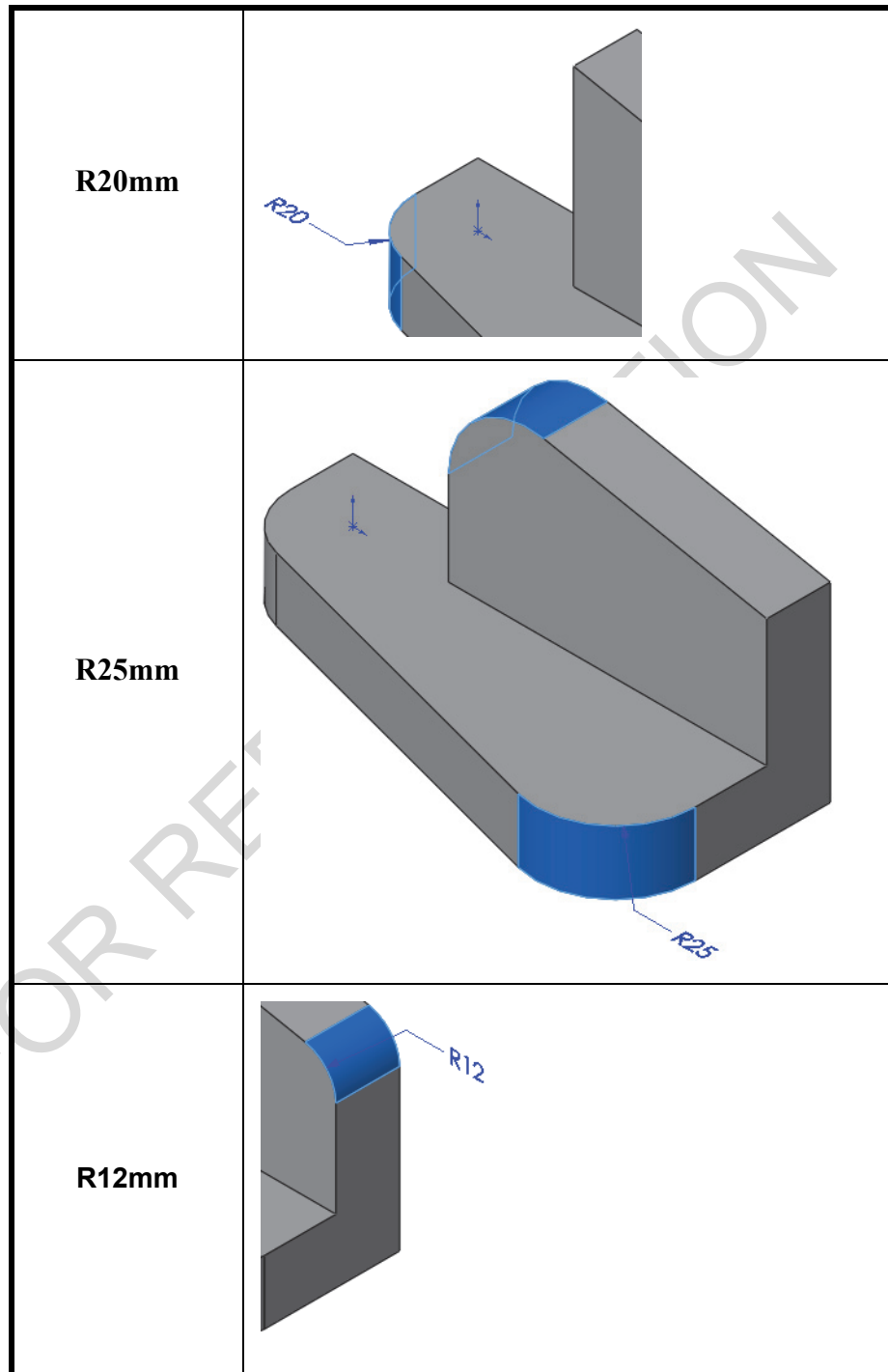
4 Wyciągnięcie dodania.

Wyciągnąć szkic na **20 mm**, jak pokazano na ilustracji.



5 Zaokrąglenia.

Dodać zaokrąglenia do krawędzi jak na ilustracji.



6 Kreator otworów.

Kliknąć narzędzie **Kreator otworów** , a następnie kliknąć pokazaną ścianę. Kliknąć kartę **Typ** i zdefiniować właściwości otworu w następujący sposób:

Typ: Otwór

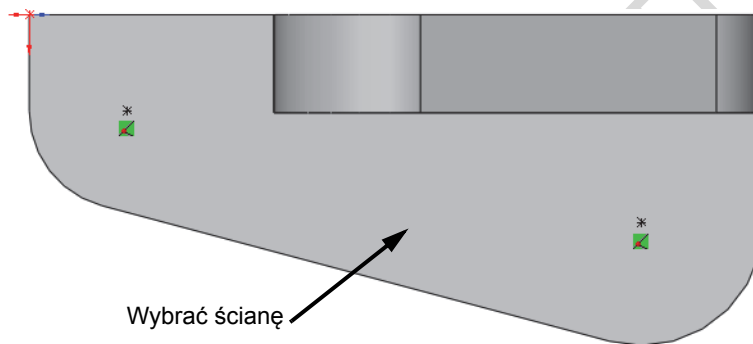
Standard: ANSI Metric

Typ: Rozmiary wiertel

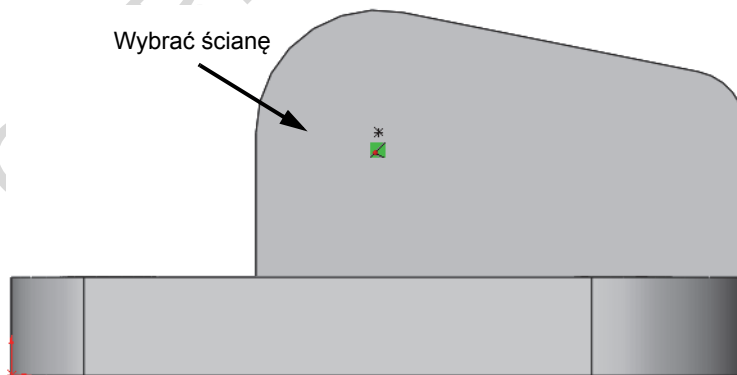
Rozmiar: 20 mm

Status końca: Przez wszystko

Kliknąć kartę **Pozycje** i znaleźć otwory, jak pokazano na ilustracji.

**7 Drugi otwór.**

Powtórzyć tę procedurę, aby utworzyć otwór **18 mm** na innej ścianie, jak na ilustracji.

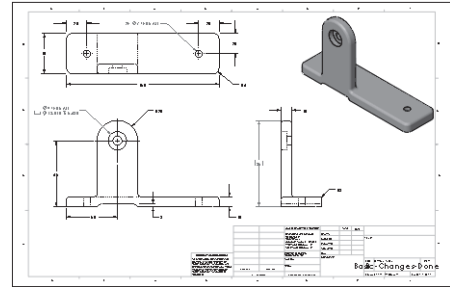
**8 Zapisać i zamknąć część.**

Ćwiczenie 8: Rysunki części

Utworzyć rysunek tej części,
wykorzystując podane informacje.

To laboratorium utrwała
następujące umiejętności:

- *Nowy rysunek* na stronie 92.
- *Widoki rysunku* na stronie 93.
- *Znaczniki środka* na stronie 97.
- *Wymiarowanie* na stronie 98.



Procedura

Utworzyć nowy rysunek i dodać widoki oraz wymiary podane w
poniższych krokach.

1 Otwarcie części.

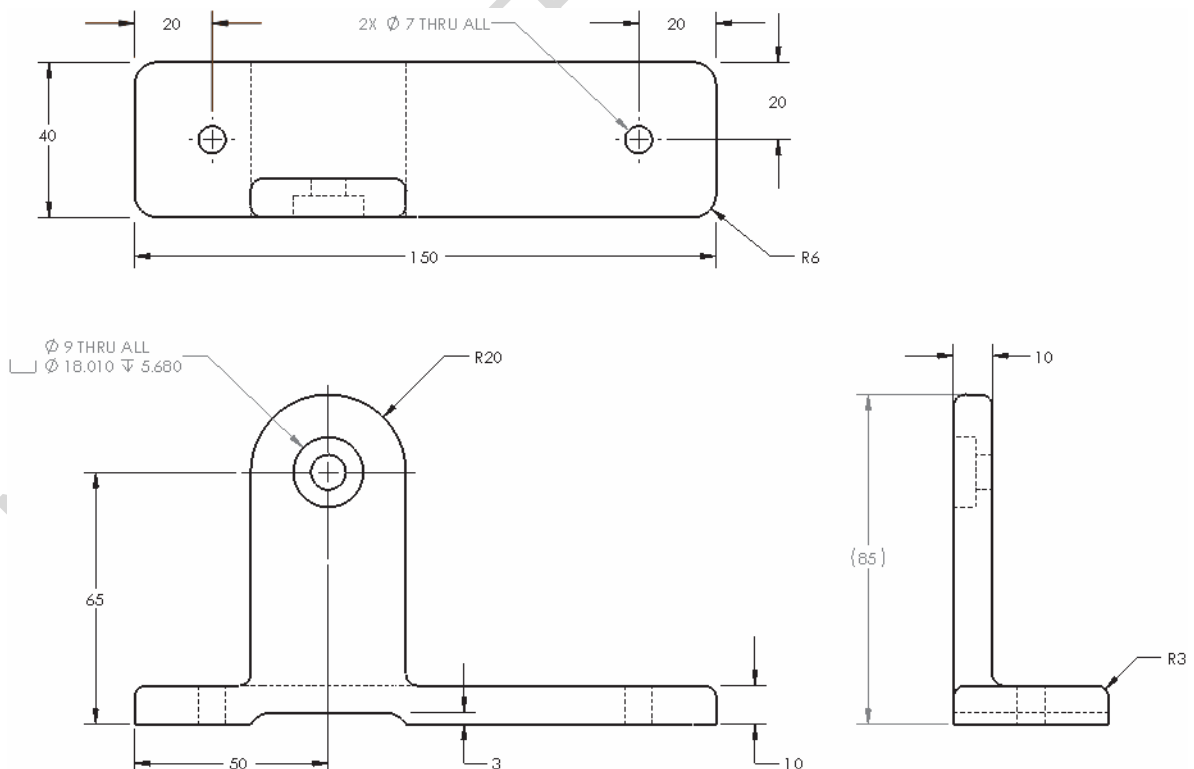
Otwórz część Basic-Changes-done (Gotowe zmiany
podstawowe) z folderu Lesson03\Exercises
(Lekcja 3\Ćwiczenia).

2 Nowy rysunek.

Użyć polecenia **Utwórz rysunek z części** i szablonu
B_Size_ANSI_MM, aby utworzyć widoki rysunków tak, jak
pokazano na ilustracji.

3 Wymiary.

Dodać adnotacje i wymiary jak na rysunku.



4 Zapisać i zamknąć wszystkie pliki.

NOT FOR REPRODUCTION

NOT FOR REPRODUCTION

Lekcja 4

Tworzenie szyku

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Utworzyć szyk liniowy.
- Dodać szyk kołowy.

Dlaczego stosuje się szyki?

Szyki są najlepszą metodą tworzenia wielu przypadków jednej/wielu operacji, jeśli zamiarem projektowym jest pozostawienie jednakowych operacji. Użycie szyków jest korzystniejsze od innych metod z kilku powodów.

- **Ponowne użycie geometrii**

Operacja pierwotna, czyli **Źródło**, jest tworzona tylko raz.

Wystąpienia źródła są tworzone i umieszczane przy użyciu odniesienia do źródła.

- **Zmiany**

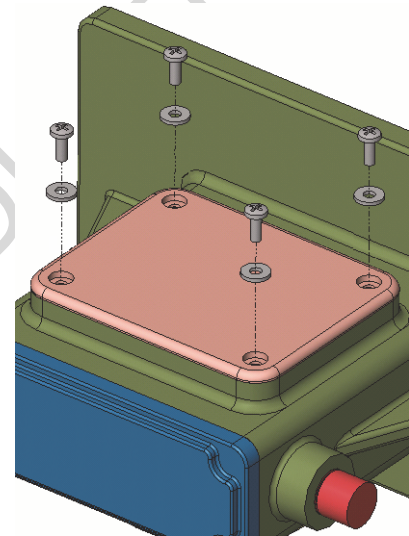
Ze względu na relację źródło-wystąpienie, zmiany w źródle są automatycznie przenoszone na wystąpienia.

- **Użycie szyku komponentów złożenia**

Szyki utworzone na poziomie części można ponownie wykorzystać na poziomie złożenia jako **Szyki oparte na operacjach**. Szyk można wykorzystać do umieszczania części komponentów lub podzespołów.

- **Łączniki Smart Fastener**

Ostatnią zaletą szyków jest obsługa łączników Smart Fasteners. Łączniki Smart Fasteners pozwalają automatycznie dodawać łączniki do złożenia. Są one specyficzne dla otworów.



Terminologia dotycząca szyków

Aby prawidłowo korzystać z szyków, trzeba wiedzieć, co oznaczają terminy „źródło” i „wystąpienie szyku”.

- **Źródło**

Źródłem jest geometria, której szyk ma zostać utworzony. Może to być jedna lub kilka operacji, obiektów lub ścian.

- **Wystąpienie szyku**




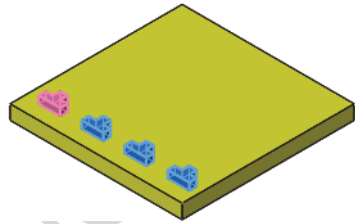

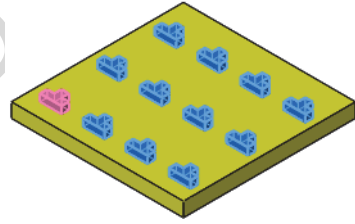

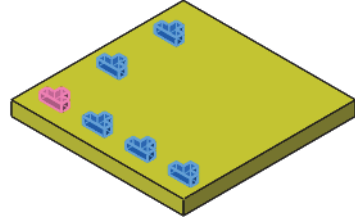

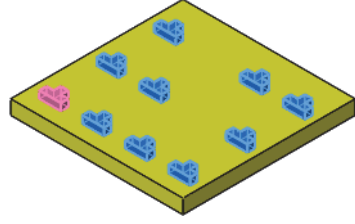

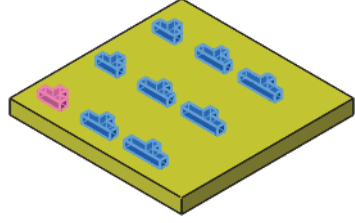
Wystąpienie szyku (lub po prostu **wystąpienie**) stanowi „kopię” źródła utworzoną przez szyk. W rzeczywistości jest ono dużo bardziej zaawansowane niż kopia, ponieważ jest wyprowadzone ze źródła i zmienia się wraz z nim.


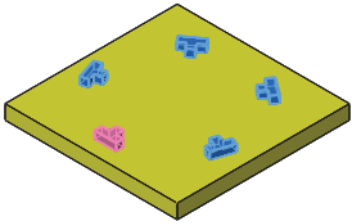

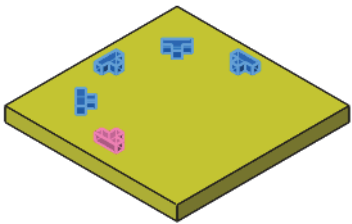

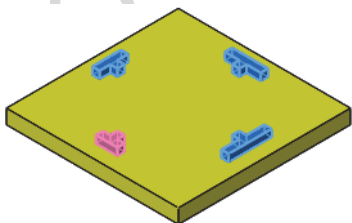

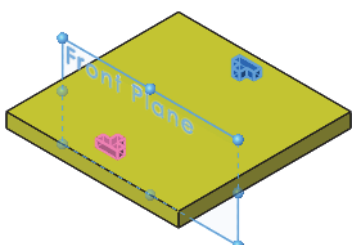

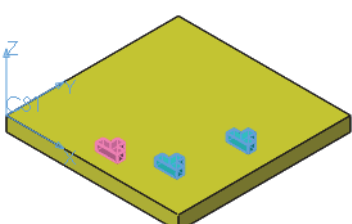

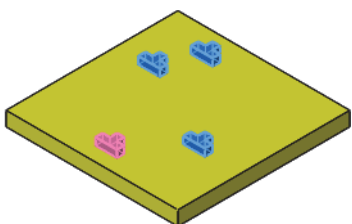
Typy szyków


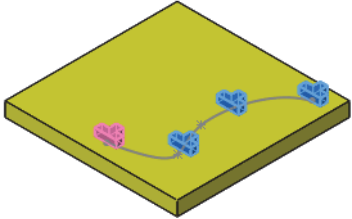

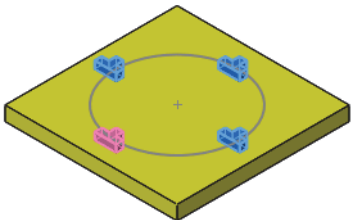

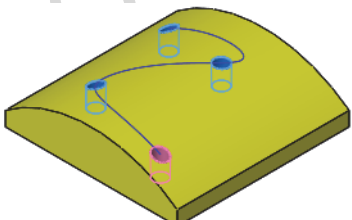

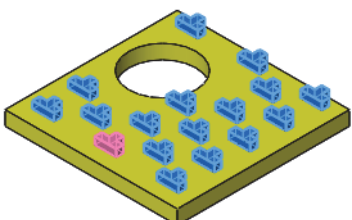

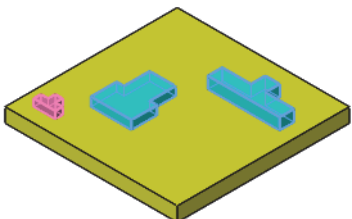
W oprogramowaniu SOLIDWORKS dostępnych jest wiele typów szyków. Poniższa tabela przedstawia w zarysie typowe zastosowania każdego z nich.

Uwaga

Nie wszystkie typy szyków są uwzględnione w tabeli jako studia przypadków.

Typ szyku:	Typowe wykorzystanie:	Klucz: Źródło =  Wystąpienie szyku = 
Liniowe 	Jednokierunkowa tablica z jednakowymi odstępami.	
Liniowe 	Dwukierunkowa tablica z jednakowymi odstępami.	
Liniowe 	Dwukierunkowa tablica; tylko szyk źródła.	
Liniowe 	Tablica jedno- lub dwukierunkowa. Usunięte wybrane wystąpienia.	
Liniowe 	Tablica jedno- lub dwukierunkowa. Wybrane wymiary są różne.	

Kołowe 	<p>Tablica kołowa z równymi odstępami względem środka.</p>	
Kołowe 	<p>Tablica kołowa z jednakowymi odstępami względem środka. Usunięte wybrane wystąpienia lub kąt mniejszy od 360°.</p>	
Kołowe 	<p>Tablica kołowa z wybranymi różnymi wymiarami.</p>	
Odbicie lustrzane 	<p>Orientacja odbita w lustrze względem wybranej płaszczyzny.</p>	
Oparte na tabeli 	<p>Rozmieszczenie oparte na tabeli lokalizacji XYZ w układzie współrzędnych.</p>	
Oparte na szkicu 	<p>Rozmieszczenie oparte na pozycjach punktów w szkicu.</p>	



Oparte na krzywej. 	Rozmieszczenie oparte na geometrii krzywej.	
Oparte na krzywej. 	Rozmieszczenie pełnej lub częściowej ścieżki kołowej.	
Oparte na krzywej. 	Rozmieszczenie oparte na geometrii rzutowanej krzywej.	
Wypełnienie 	Rozmieszczenie wystąpień w szyku w oparciu o ścianę. Wypełnienie może również korzystać z domyślnych kształtów: okręgów, kwadratów, karo czy wieloboków.	
Zmienna 	Układ oparty na wybranych wymiarach z tabeli wzorcowej zmiennych wzdłuż planarnej lub zakrzywionej płaszczyzny.	

Opcje szyku

Operacje szyku posiadają kilka wspólnych opcji. Są one unikatowe dla tej klasy operacji i zostaną omówione szczegółowo w tej lekcji.

Operacja szyku	Wybierz operację, obiekty lub ściany	Rozejście właściwości wizualnych	Tylko element źródłowy	Pomiń wystą- pienia	Szyk geometrii	Zmienny szkic	Wystąpienia do zmiany
Liniowe 	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kołowe 	✓	✓		✓	✓		✓
Odbicie lustrzane 	✓	✓			✓		
Oparte na tabeli 	✓	✓			✓		
Oparte na szkicu 	✓	✓			✓		
Oparte na krzywej 	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Wypełnie- nie 	Tylko operacje i ściany	✓		✓	✓	✓	
Zmienna 	Tylko operacje	✓					Każdy przypadek jest inny

Uwaga

Opcje szkicu **Szyk liniowy ze szkicu**  oraz **Szyk kołowy ze szkicu**  mogą być używane w szkicu do tworzenia kopii geometrii szkicu. Nie tworzą one operacji szyku.

Szyk liniowy

Narzędzie **Szyk liniowy** tworzy kopie lub wystąpienia w tablicach jedno lub dwuwymiarowych. Każda tablica jest sterowana przez kierunek, odległość oraz liczbę kopii lub wystąpień.


Kierunek można zdefiniować według kąta, osi, osi tymczasowej, wymiaru liniowego, ściany/powierzchni planarnej, ściany/powierzchni stożkowej, krawędzi kołowej, okręgu/luku szkicu albo płaszczyzny odniesienia.

Wystąpienia są zależne od oryginałów. Zmiany wprowadzone w oryginałach są przenoszone na operacje wystąpień. W tym przykładzie użyto opcji **Odstępy i wystąpienia**.

Uwaga

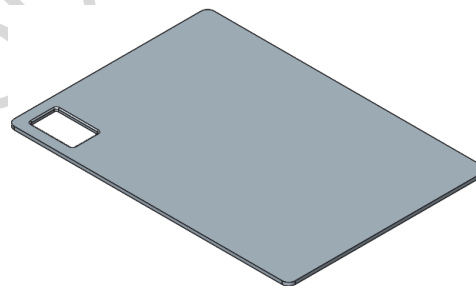
Liczba wystąpień uwzględnia oryginalne lub źródłowe wystąpienie.

Gdzie to znaleźć



- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Szyk liniowy** 
- Menu: **Wstaw, Szyk/lustro, Szyk liniowy**

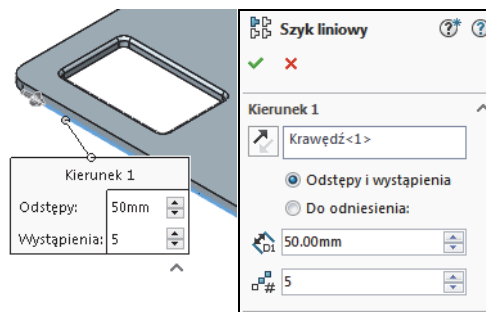
1 Otworzyć część o nazwie **Linear Pattern (Szyk liniowy)**.

Część zawiera operację źródłową, która zostanie wykorzystana w szyku.



2 Kierunek 1.

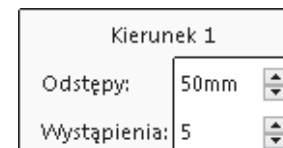
Kliknąć **Szyk liniowy** .
Wybrać krawędź liniową części, a jeśli to konieczne, kliknąć **Odwróć kierunek** , aby ustawić pokazany kierunek.



Kliknąć **Odstępy i wystąpienia**, ustawić **Odstęp 50 mm** i **Liczbę wystąpień 5**.

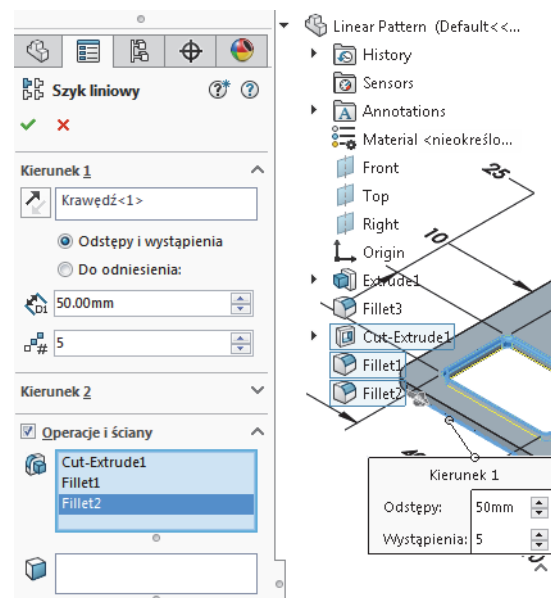
Uwaga

Do geometrii dołączone jest objaśnienie, które służy do definiowania osi lub kierunku szyku. Zawiera ono kluczowe ustawienia **Odstępów** oraz **Wystąpień** i umożliwia edycję. Kliknąć pole wartości, aby zmienić wartość.



Wysuwane drzewo operacji FeatureManager

Wysuwane drzewo operacji FeatureManager umożliwia jednocześnie wyświetlanie zarówno drzewa operacji FeatureManager, jak i menedżera właściwości PropertyManager. Pozwala to na wybieranie operacji z drzewa operacji FeatureManager, które w przeciwnym razie byłoby zasłonięte przez menedżera właściwości PropertyManager. Jest ono również przezroczyste i nałożone na grafikę części.



Wysuwane drzewo operacji FeatureManager uaktywniane jest automatycznie wraz z menedżerem właściwości PropertyManager. Może być zwinięte (aby je rozwinąć, należy kliknąć ikonę strzałki przed operacją najwyższego poziomu).

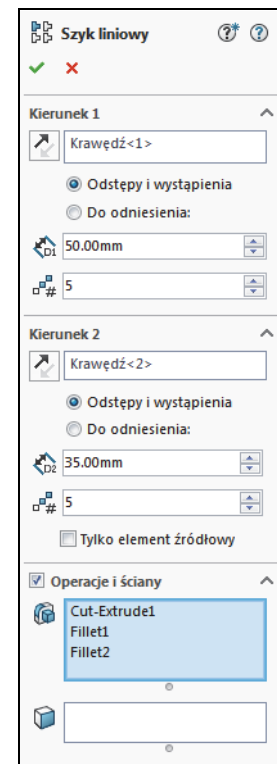
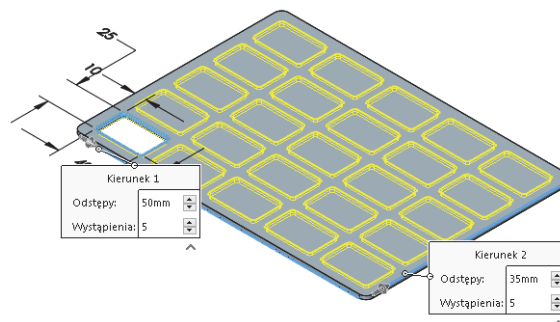
3 Wybieranie operacji.

Kliknąć w obszarze **Operacje i ściany** i **Operacje do powtórzenia**. Wybrać operacje Wytnij-wyciągnięcie1, Zaokrąglenie1 i Zaokrąglenie2 z wysuwanego drzewa FeatureManager.

4 Kierunek 2.

Rozwinąć okno grupy **Kierunek 2** i kliknąć drugą krawędź liniową tak, jak przedstawiono.

Kliknąć **Odstępy i wystąpienia**, ustawić **Odstęp 35 mm** i **Wystąpienia 5**.



**Pomijanie
wystąpień**

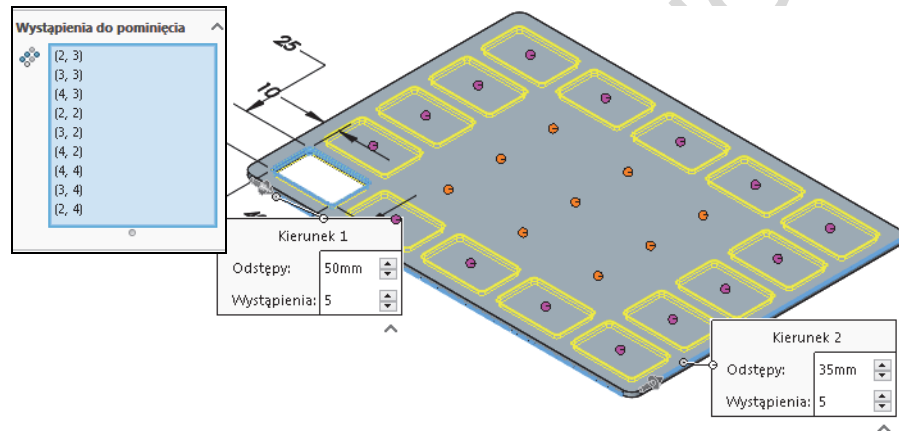
Określone wystąpienia wygenerowane przez szyk można pomijać poprzez wybranie znacznika w centroidzie wystąpienia ukazanego w podglądzie szyku. Aby można było zidentyfikować poszczególne wystąpienia, są one wyszczególniane w formacie tablicy (2,3).

Uwaga

Operacji źródłowej nie można pominąć.

5 Wystąpienia do pominięcia.

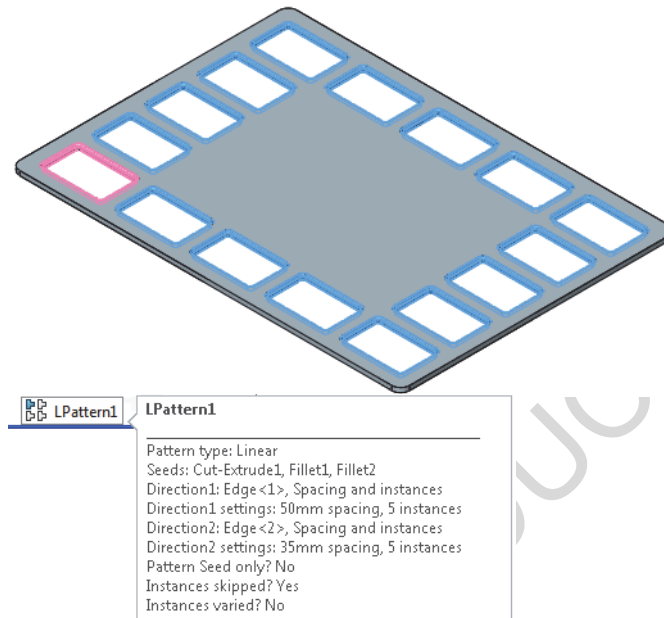
Rozwinąć pole grupy **Wystąpienia do pominięcia** i kliknąć znaczniki środka wystąpienia, jak pokazano. Etykiетка narzędzia ukazuje lokalizację w tablicy, która jest dodawana do listy podczas wybierania. Kliknąć **OK**, aby dodać operację szyku LPattern1 (Szyk liniowy1).

**Uwaga**

Pole wprowadzania można rozwinąć, przeciągając dolną krawędź.

6 Źródło i wystąpienia.

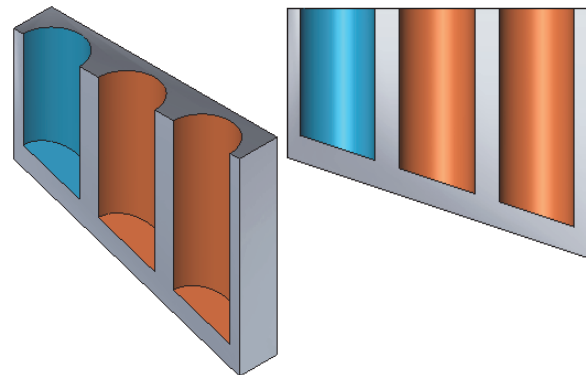
Kliknąć wzór w drzewie projektu FeatureManager, aby innymi kolorami zaznaczyć źródło i wystąpienia. Okno dialogowe dla operacji szyku zawiera informacje o używanym ustawieniu.



Szyki geometrii

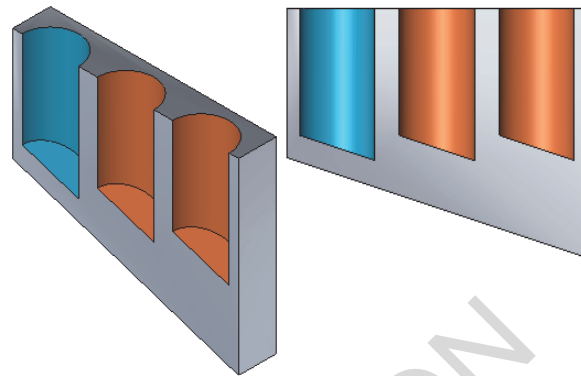
Opcja **Szyk geometrii** pozwala zminimalizować czas przebudowy dzięki użyciu geometrii **źródła** dla wszystkich **wystąpień** w szyku. Można jej użyć tylko wtedy, gdy geometrie źródła i wystąpień mają identyczne lub podobne kształty.

- **Bez szyku geometrii**
Jeżeli opcja **Szyk geometrii** jest *niezaznaczona*, w wystąpieniach jest używany status końca źródła. W tym przykładzie status końca **Odsunięte od powierzchni** niebieskiej operacji źródłowej jest stosowany w pomarańczowych wystąpieniach, wymuszając na nich użycie tego samego statusu końca.




■ Z szykiem geometrii

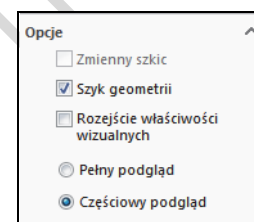
W przypadku, gdy opcja **Szyk geometrii** jest zaznaczona, wykorzystywana jest geometria źródła. Geometria jest kopiowana wzdłuż szyku, ze zignorowaniem statusu końca.



7 Szyk geometrii.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy operację LPattern1, a następnie kliknąć **Edytuj**

operację . Zaznaczyć opcję **Szyk geometrii** i kliknąć **OK**. Ponieważ płytka ma stałą grubość, geometria wynikowa będzie wyglądać identycznie.



Ocena wydajności

Ocena wydajności jest narzędziem wyświetlającym ilość czasu potrzebnego na przebudowanie każdej operacji w części. Narzędzie to służy do identyfikowania operacji wymagających długiego czasu przebudowy. Po zidentyfikowaniu, użytkownik może je edytować, aby zwiększyć efektywność, albo wygasić je, jeżeli nie mają krytycznego znaczenia dla procesu edycji.

Wprowadzenie: Ocena wydajności

W oknie dialogowym **Ocena wydajności** jest wyświetlana lista wszystkich operacji oraz czasów ich przebudowy w porządku malejącym.

■ Kolejność operacji

Wyszczególnia każdy element w drzewie operacji FeatureManager: operacje, szkice i wyprowadzone płaszczyzny. Menu podręczne pozwala **Edytować operację**, **Wygasać** operacje itd.


■ Czas%

Wyświetla wartość procentową czasu potrzebnego na regenerację każdego elementu w stosunku do całkowitego czasu przebudowy części.

■ Czas

Wyświetla ilość czasu w sekundach, jaka jest potrzebna dla przebudowania każdego elementu.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Oceń > Ocena wydajności** 
- Menu: **Narzędzia, Oceń, Ocena wydajności**

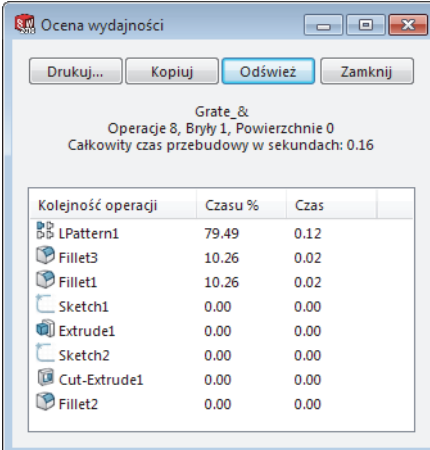
8 Ocena wydajności.

Kliknąć **Statystyka** .

Operacje są wyszczególniane w porządku malejącym ze względu na czas potrzebny do ich regeneracji.

Operacja Wzór1 wykorzystuje największą część czasu przebudowy.


Kliknąć **Zamknij**.




Grate_&
Operacje 8, Bryły 1, Powierzchnie 0
Całkowity czas przebudowy w sekundach: 0.16

Kolejność operacji	Czasu %	Czas
LPattern1	79.49	0.12
Fillet3	10.26	0.02
Fillet1	10.26	0.02
Sketch1	0.00	0.00
Extrude1	0.00	0.00
Sketch2	0.00	0.00
Cut-Extrude1	0.00	0.00
Fillet2	0.00	0.00

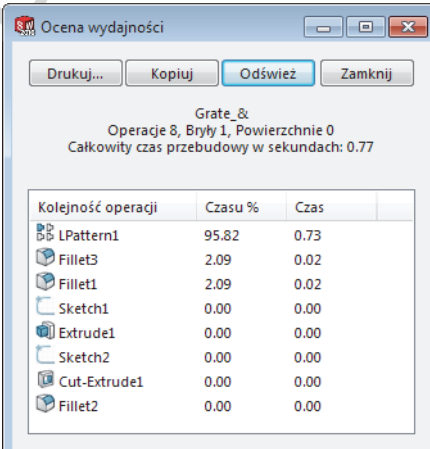
9 Szyk geometrii wyłącz.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy operację LPattern1, a następnie kliknąć **Edytuj operację** . *Usunąć zaznaczenie opcji Szyk geometrii i kliknąć OK.*

10 Powtórzenie.

Ponownie kliknąć **Statystyka** .

Operacja Szyk1 wykorzystuje znacznie większą część czasu przebudowy, jeśli szyk geometrii jest wyłączony.



Grate_&
Operacje 8, Bryły 1, Powierzchnie 0
Całkowity czas przebudowy w sekundach: 0.77

Kolejność operacji	Czasu %	Czas
LPattern1	95.82	0.73
Fillet3	2.09	0.02
Fillet1	2.09	0.02
Sketch1	0.00	0.00
Extrude1	0.00	0.00
Sketch2	0.00	0.00
Cut-Extrude1	0.00	0.00
Fillet2	0.00	0.00

11 Zapisać i zamknąć część.

Interpretacja danych

Pierwszą rzeczą, o jakiej należy pamiętać, jest to, iż całkowity czas przebudowy dla tej części wynosi mniej niż sekundę, tak więc zmiana w dowolnej pojedynczej operacji raczej nie spowoduje znacznej różnicy.

Drugą sprawą jest liczba znaczących cyfr oraz błąd zaokrąglenia. Na przykład może wydawać się, że przebudowa operacji Feature1 (Operacja1) trwa 0,02 sekundy, czyli dwa razy dłużej niż Feature2 (Operacja2), która trwa 0,01 sekundy. Czy sygnalizuje to problem z operacją Feature1? Niekoniecznie. Jest całkiem możliwe, że operacja Feature1 wymaga 0,0151 sekundy, podczas gdy operacja Feature2 wymaga 0,0149 sekundy, a różnica wynosi tylko 0,0002 sekundy.

Użyć narzędzia **Ocena wydajności**, aby zidentyfikować operacje, które mają znaczący wpływ na czas przebudowy. Następnie wykonać jedną z poniższych czynności:

- Wygasić lub usunąć operacje, aby zwiększyć wydajność. Opcjonalnie można to zrobić bezpośrednio w oknie dialogowym **Ocena wydajności**.
- Przeanalizować i zmodyfikować operacje, aby poprawić wydajność.

Co wpływa na czas przebudowy?

Operacje można przeanalizować, aby ustalić, dlaczego zachowują się w taki, a nie inny sposób. Zależnie od typu operacji i sposobu jej użycia, przyczyny zachowania będą różne.

Dla operacji szkicowanych należy zwrócić uwagę na zewnętrzne relacje oraz statusy końca, które odnoszą się do innych operacji. Relacje te należy utrzymywać jako dołączone do najwcześniejszej możliwej operacji. Tak samo należy postępować w odniesieniu do płaszczyzn szkicu.

Porada

Generalnie im więcej rodziców ma operacja, tym wolniej będzie przebudowywana.

Szyki kołowe

Narzędzie **Szyk kołowy** tworzy kopie, czyli wystąpienia, w układzie kołowym kontrolowanym przez środek obrotu, kąt i liczbę kopii. Zmiany wprowadzone w oryginałach są przenoszone na operacje wystąpień.

Wprowadzenie: Szyk kołowy

Szyk kołowy tworzy wiele wystąpień jednej lub wielu operacji, które są rozmieszczone wokół osi. Oś może wywodzić się ze ściany kołowej, krawędzi kołowej lub liniowej, osi, osi tymczasowej lub wymiaru kątowego.

Gdzie to znaleźć

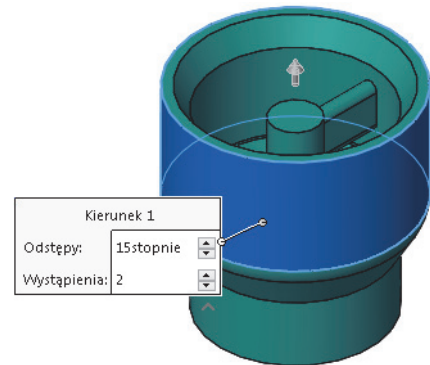
- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Szyk liniowy**  **> Szyk kołowy** 
- Menu: **Wstaw, Szyk/lustro, Szyk kołowy**

-
- 1 Otworzyć część o nazwie **Circular_Pattern** (**Szyk kołowy**).

2 Oś szyku.

Kliknąć **Szyk kołowy** .

Kliknąć w obszarze **Oś szyku** i wybrać ścianę cylindryczną modelu, jak na ilustracji.

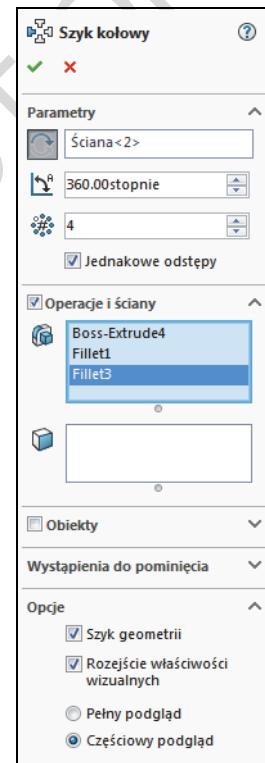
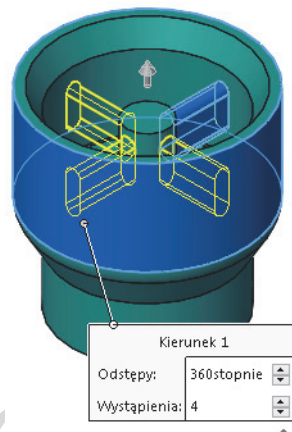


3 Ustawienia.


Kliknąć w obszarze **Operacje i ściany** i kliknąć trzy operacje pokazane jako **Operacje do powtórzenia**.

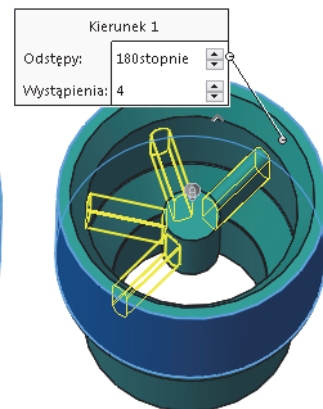
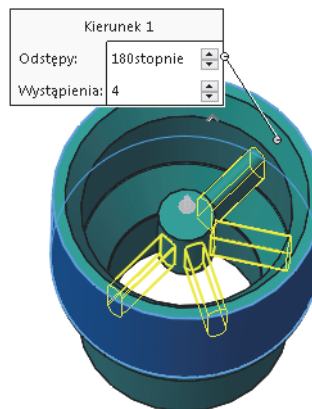
Kliknąć **Jednakowe odstępy**, 4 wystąpienia i kliknąć **Szyk geometrii**.

Sprawdzić, czy ustawiono **Kąt 360°** i kliknąć **OK**.



Uwaga

Opcja **Odwróć kierunek**  ma znaczenie tylko wtedy, gdy użyto kąta innego niż 360°.



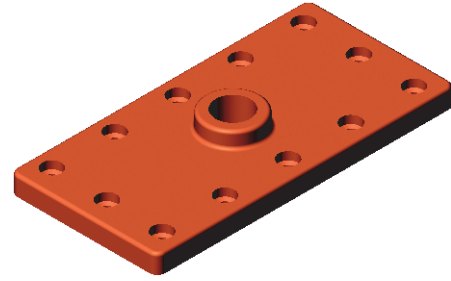
4 Zapisać i zamknąć część.

**Ćwiczenie 9:
Szyki liniowe**

Utworzyć szyki operacji w tej części, używając szyku liniowego z odstępem i wystąpieniami.

W tym laboratorium są wykorzystywane następujące umiejętności:

- *Szyk liniowy* na stronie 127.
- *Pomijanie wystąpień* na stronie 129.

**Procedura**

Otworzyć istniejącą część.

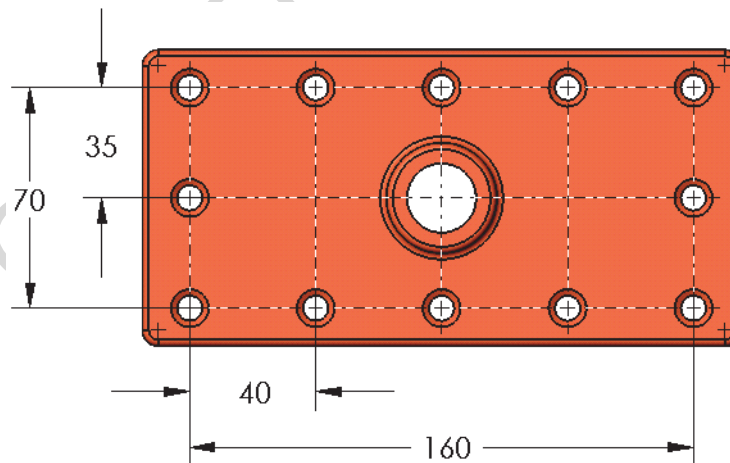
1 Otworzyć część Linear Pattern (Szyk liniowy).

Część ta zawiera operację „źródłową”, która zostanie wykorzystana w szykach.



2 Szyk liniowy.

Utworzyć szyk, wykorzystując operację źródłową. Użyć poniższych wymiarów.



3 Zapisać i zamknąć część.

NOT FOR REPRODUCTION

Lekcja 5

Operacje obrotu wokół linii środkowej

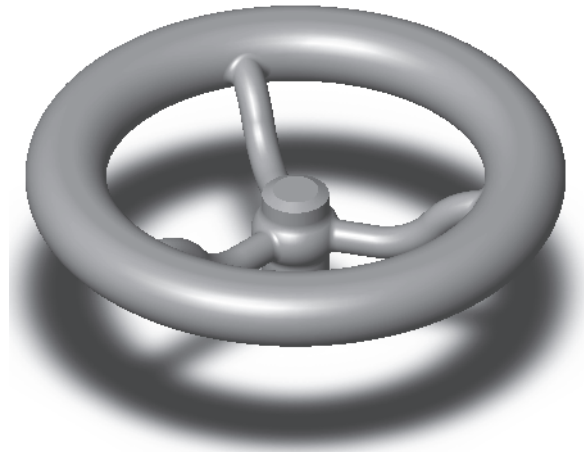
Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Tworzyć operacje obrotu wokół linii środkowej
- Stosować specjalne techniki wymiarowania szkiców dla operacji wokół linii środkowej.
- Wykorzystywać technikę brył wieloobektowych.
- Tworzyć operacje wyciągnięcia po ścieżce.
- Obliczać właściwości fizyczne części.

Analiza przypadku: pokrętło

Pokrętło wymaga utworzenia operacji obrotu wokół linii środkowej, szyków kołowych i operacji wyciągnięcia po ścieżce.

W tej lekcji zawarto również niektóre podstawowe narzędzia analizy.



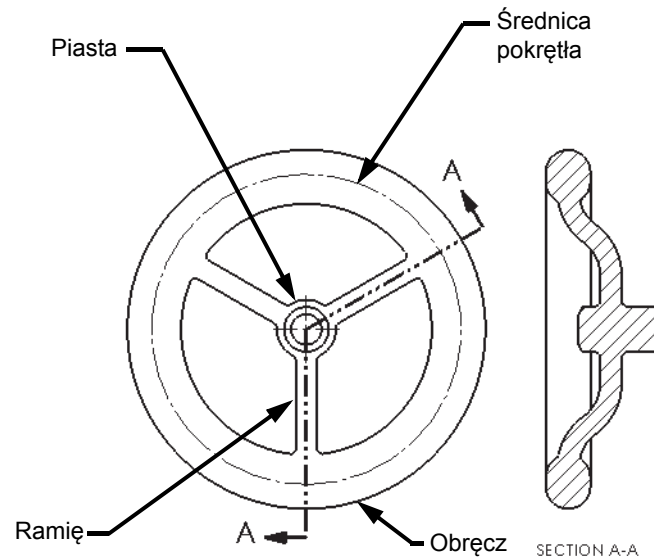
Etapy procedury

Poniższa lista zestawia niektóre kluczowe etapy procesu modelowania tej części.

- **Intencja projektu**
Omówienie i objaśnienie intencji projektu części.
- **Operacje obrotu wokół linii środkowej**
Środkiem części jest piasta Hub, stanowiąca kształt obrócony wokół linii środkowej. Zostanie ona utworzona ze szkicu przy użyciu linii konstrukcyjnej i osi obrotu.
- **Bryły wieloobiektowe**
Utworzenie dwóch odrębnych brył: piasty Hub i obręczy Rim, połączenie ich i scalenie przy użyciu trzeciej bryły – ramienia Spoke.
- **Operacje wyciągnięcia po ścieżce**
Operacja ramienia Spoke jest tworzona przy użyciu operacji wyciągnięcia po ścieżce, jako kombinacja dwóch szkiców, które definiują profil wyciągnięcia przemieszczający się wzdłuż ścieżki wyciągnięcia.
- **Analiza**
Używając narzędzi analizy, można wykonywać podstawowe funkcje analizy, takie jak obliczanie właściwości masy czy wstępna analiza naprężeń. W oparciu o wyniki można wprowadzać zmiany w projekcie części.

Intencja projektu

Poniżej przedstawiono intencję projektu tej części:



- Ramiona muszą być równo rozmieszczone.
- Środek obręczy koła pokrętła leży na końcu ramion.
- Piasta oraz obręcz mają wspólny środek.
- Ramiona przechodzą przez środek piasty.

Operacje obrotu wokół linii środkowej

Hub (Piasta) to operacja tworzona przez obrót geometrii wokół osi. Operacje obrotu wokół linii środkowej wymagają geometrii symetrycznej osiowo oraz linii (używanej jako oś) w szkicu. Ta operacja obrotu wokół linii środkowej zostanie wykorzystana jako środek koła. W pewnych okolicznościach także linia szkicu lub krawędź może być użyta jako linia środkowa.

Procedura

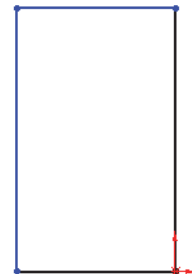
Rozpoczęcie analizy przypadku:

- 1 Utworzyć nową część, wykorzystując szablon Part_MM.**
Zapisać część pod nazwą Handwheel.

Szkicowanie geometrii operacji obrotu wokół linii środkowej

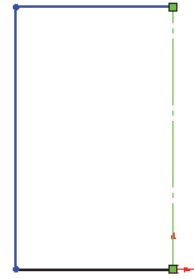
Geometria dla operacji obrotu wokół linii środkowej tworzona jest przy użyciu tych samych narzędzi i metod, co operacje wyciągnięcia. W tym przypadku linie i łuki zostaną użyte do uformowania kształtu, a linia środkowa będzie osią obrotu.

- 2 Prostokąt.**
Wybrać Płaszczyznę prawą i wybrać **Szkic**.
Utworzyć prostokąt w początku układu współrzędnych, jak pokazano.



3 Konwersja na konstrukcję.



Wybrać pokazaną linię pionową i kliknąć **Konstrukcyjna**. Linia zostanie przekształcona w linię konstrukcyjną.



Wprowadzenie: Łuk trypunktowy

Opcja **Łuk trypunktowy** pozwala tworzyć łuk w oparciu o trzy punkty — dwa punkty końcowe i jeden punkt na krzywej.

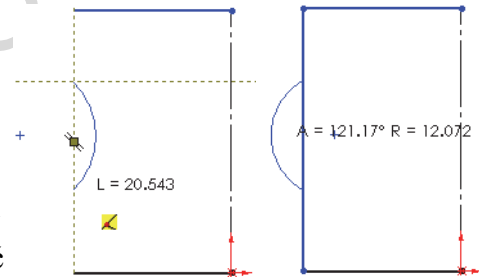
Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Łuk z punktu środka**  > **Łuk trypunktowy** 
- Menu: **Narzędzia, Elementy Szkicu, Łuk trypunktowy**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Łuk trypunktowy**

4 Wstawianie łuku trypunktowego.

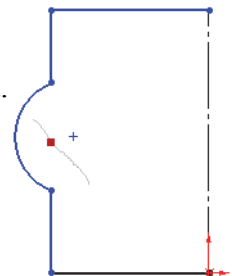
Kliknąć **Łuk trypunktowy** .

Rozpocząć łuk poprzez umieszczenie kursora na lewej linii pionowej i przeciągnięcie w dół wzdłuż tej krawędzi. Zwolnić przycisk myszy, a następnie wybrać i przeciągnąć punkt krzywej w kierunku od szkicu.



5 Przycinanie.

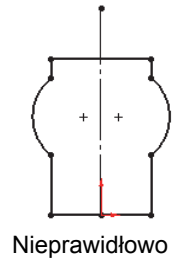
Użyć narzędzia **Przytnij** z opcją **Zaawansowane przycinanie** i przyciąć fragment linii wewnątrz łuku.



Reguły rządzące szkicami operacji obrotu wokół linii środkowej

Oprócz ogólnych reguł rządzących szkicami, jakie podaje *Lekcja 2: Wprowadzenie do szkicowania*, do szkiców operacji obrotu wokół linii środkowej stosują się pewne reguły specjalne:

- Konieczne jest określenie linii środkowej, osi, linii szkicu lub krawędzi liniowej jako osi obrotu.
- Szkic nie może przecinać osi.

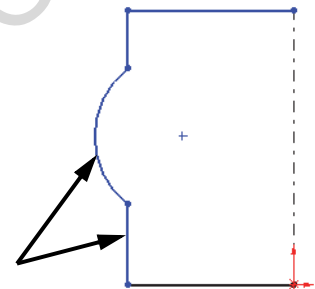
**Specjalne techniki wymiarowania**

Geometria obracana wokół linii środkowej jest wymiarowana tak jak każda inna, z jedną dodatkową opcją. Wymiary, które mierzą średnice ukończonej operacji, mogą być zmienione z wymiarów liniowych na wymiary średnicy.

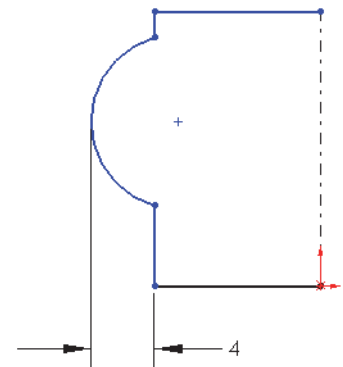
Wymiarowaniu ulegnie także wymiar zewnętrzny łuku na szkicu, ale nie względem punktu środkowego, co jest działaniem domyślnym.

6 Wymiar łuku.

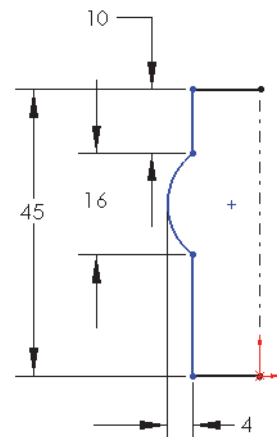
Zwymiarować łuk poprzez wybranie linii pionowej, a następnie wybranie z klawiszem **Shift** obwodu łuku. Wynikiem jest wymiar pomiędzy linią a styczną łuku.

**7 Dokończony wymiar.**

Zmienić **Wartość** na **4 mm**.

**8 Wymiary.**

Dodajmy następujące wymiary do szkicu.



Wymiary średnicy

Niektóre wymiary w ukończonej operacji obrotu wokół linii środkowej powinny być wymiarami podwojonymi. Dla tych wymiarów jednym z wyborów zawsze powinna być linia środkowa (oś obrotu). Wówczas możliwe jest wybranie wymiaru promienia lub średnicy, zależnie od umieszczenia tekstu wymiaru. Niewybranie linii środkowej uniemożliwia zmianę wymiaru na średnicę.

Uwaga

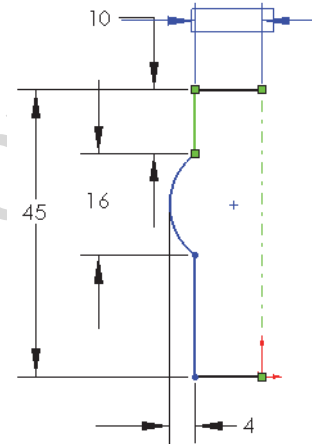
Opcja ta jest dostępna tylko wtedy, gdy jako oś obrotu wybrano linię środkową. Użycie wymiarów podwojonych *nie* jest ograniczone do szkiców operacji obrotu wokół linii środkowej.

9 Wymiarowanie do linii środkowej.

Utworzyć poziomy wymiar liniowy pomiędzy linią środkową a zewnętrzną pionową krawędzią.

Nie należy jeszcze klikać w celu umieszczenia tekstu wymiaru.

Zwróćmy uwagę na podgląd. Umieszczenie tekstu w tej chwili spowoduje utworzenie wymiaru promienia.

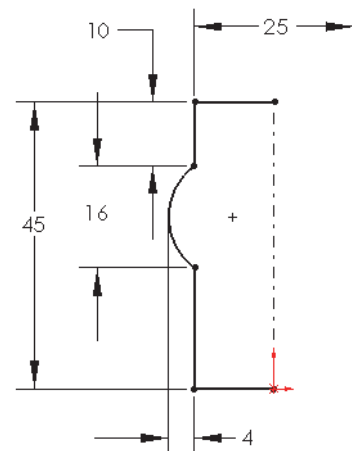


10 Przemieszczanie kursora.

Przenieść kursor na prawo od linii środkowej. Podgląd zmieni się na wymiar średnicy.

Klikać, aby umieścić tekst wymiaru. Zmienić wartość na **25 mm** i nacisnąć klawisz **Enter**.

Zwykle przed wymiarem średnicy powinien występować symbol średnicy, czyli: \varnothing **25**. Podczas tworzenia operacji obrotu wokół linii środkowej ze szkicu system automatycznie doda symbol średnicy do wymiaru **25 mm**.



Uwaga

Jeśli tekst wymiaru zostanie przez pomyłkę umieszczony w niewłaściwym miejscu i zostanie utworzony wymiar promienia zamiast wymiaru średnicy, błąd będzie można naprawić. Kliknąć wymiar i kartę **Linie wiodące** w menedżerze właściwości PropertyManager


Wymiar. Kliknąć przycisk **Średnica** , aby utworzyć z wymiaru wymiar średnicy.

Tworzenie operacji obrotu wokół linii środkowej**Wprowadzenie: operacja obrotu**

Po zakończeniu szkicu, można go przekształcić w operację obrotu wokół linii środkowej. Proces ten jest prosty, a pełny obrót (360°) jest prawie automatyczny.

Opcja **Obrót wokół linii środkowej** pozwala na tworzenie operacji z osiowosymetrycznego szkicu i osi. Operacja ta może być operacją bazy, dodania lub wycięcia. Oś może być linia środkowa, linia, krawędź liniowa, oś lub tymczasowa oś. Jeśli pojedyncza oś środkowa jest obecna w profilu, będzie ona używana automatycznie. Jeśli występuje więcej niż jeden, konieczny jest wybór ręczny.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Dodanie/baza przez obrót** 
- Menu: **Wstaw, Dodanie/Baza, Obrót wokół linii środkowej**

11 Tworzenie operacji.

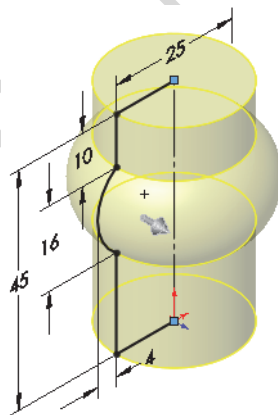
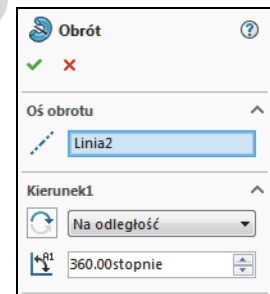
Kliknąć **Dodanie/Baza przez obrót** .

Pojawi się komunikat informujący, że szkic jest konturem otwartym, i pytający, czy należy zamknąć kontur automatycznie. Kliknąć **Tak**.

Użyć pokazanych ustawień.

- **Direction1** (Kierunek1) = **Na odległość**
-  (kąt) = **360°**

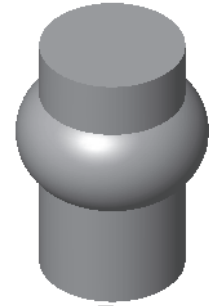
Kliknąć **OK** , aby utworzyć operację.



12 Ukończona operacja.

Operacja bryły obróconej wokół linii środkowej jest tworzona jako pierwsza operacja części.

Zmienić jej nazwę na Hub.



13 Edycja szkicu.

Kliknąć ścianę operacji Hub (Piasta).


Kliknąć szkic Sketch1 (Szkic1) w obszarze
Nawigacja po zaznaczeniu i kliknąć **Edytuj szkic**.



Uwaga

Ten sam rezultat można uzyskać, klikając operację prawym przyciskiem myszy w drzewie operacji FeatureManager.


14 Normalny do.

Kliknąć **Normalny do** , aby zmienić widok na normalny do szkicu. Wykonać tę czynność, aby wyświetlić jego rzeczywisty rozmiar i kształt.


Wprowadzenie: zaokrąglenie szkicu

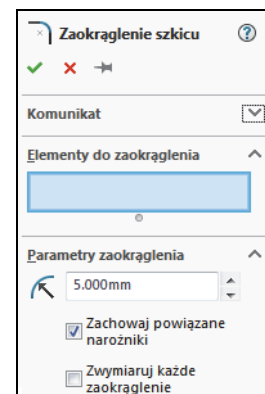
Polecenie **Zaokrąglenie szkicu** można wykorzystać do przycinania i dodawania łuków stycznych w jednym kroku. Jeżeli narożnik został przycięty, należy wybrać punkt wierzchołka, aby dodać zaokrąglenie.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Zaokrąglenie szkicu** 
- Menu: **Narzędzia, Narzędzia szkicu, Zaokrąglenie**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Zaokrąglenie szkicu**

15 Ustawienia zaokrągleń.

Kliknąć narzędzie **Zaokrąglenie szkicu**  i ustawić wartość na **5 mm**. Upewnić się, że opcja **Zachowaj powiązane narożniki** jest zaznaczona.



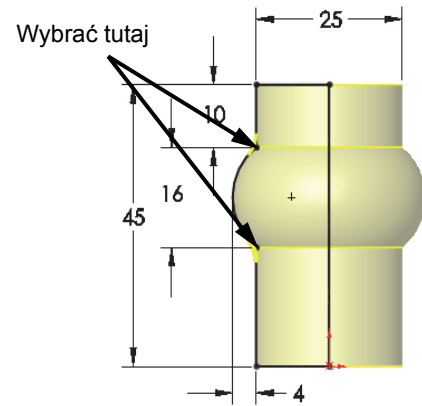
16 Wybory.

Wybrać oba punkty końcowe łuku, jak wskazano na rysunku. Kliknąć **OK**.

Wymiar steruje obydwoma, ale pojawia się tylko raz, przy ostatnim wyborze.

Symbole **Virtual Sharp** są dodawane w miejscach, w których znajdowały się narożniki. Symbole te reprezentują brakujące narożniki.

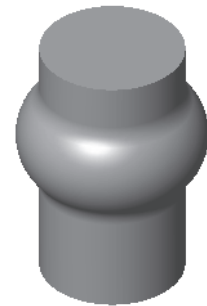
Można je wykorzystać w wymiarowaniu lub w relacjach.

**Uwaga**

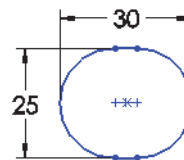
Zatrzymanie kursora nad punktem końcowym spowoduje wyświetlenie podglądu zaokrąglenia.

17 Wyjść ze szkicu.

Zamknąć szkic, aby zastosować zmiany.

**Budowanie obręczy**

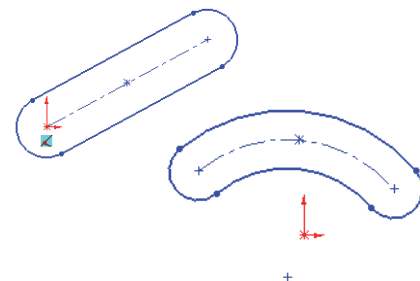
Kolejnym elementem pokręta Handwheel utworzonym przez obrót jest Rim (Obręcz). Jest ona także obrócona o 360°. Profil obręczy Rim ma kształt szczeliny.



Obręcz Rim zostanie utworzona jako oddzielny obiekt bryłowy, niescałony z piastą Hub.


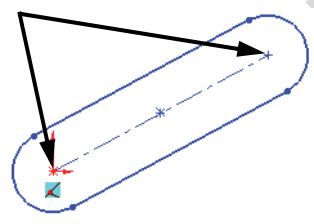

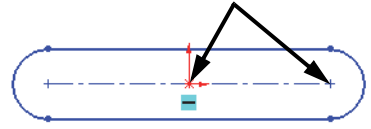
**Szczeliny**


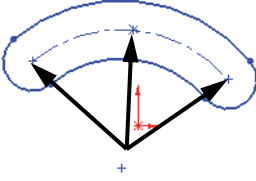

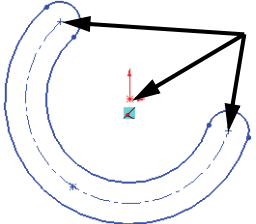
Szczeliny proste i łukowe są często używanymi kształtami opartymi na liniach i łukach. Szczelina stanowi pojedynczy element, który składa się z linii, łuków, geometrii konstrukcyjnej i punktów.





**Wprowadzenie:
szczeliny**

Narzędzie **Szczelina** służy do tworzenia prostych lub łukowych kształtów szczelin w oparciu o różne kryteria. Istnieją dwa typy oparte na liniach i dwa typy oparte na łukach. Wszystkie typy szczelin dają możliwość tworzenia wymiarów wraz z geometrią. Dostępne są następujące typy:

Typ szczeliny	Geometria wynikowa
Prosta szczelina 	<p>Prosta szczelina jest tworzona poprzez zlokalizowanie dwóch punktów środka łuków, a następnie przeciągnięcie na zewnątrz, w celu utworzenia szerokości.</p> 
Prosta szczelina z punktu środka 	<p>Prosta szczelina z punktu środka jest tworzona poprzez zlokalizowanie środka geometrycznego, jednego z punktów środka łuku, a następnie przeciągnięcie na zewnątrz, w celu utworzenia szerokości.</p> 

Typ szczeliny	Geometria wynikowa
Szczelina z łuku trzypunktowego 	<p>Szczelina z łuku trzypunktowego jest tworzona tak jak Łuk trzypunktowy (patrz <i>Wprowadzenie: Łuk trzypunktowy</i> 140), a następnie przeciągnięcie na zewnątrz, w celu utworzenia szerokości.</p> 
Szczelina na łuku z punktu środka 	<p>Szczelina na łuku z punktu środka jest tworzona tak jak Łuk z punktu środka (patrz <i>Geometria szkicu</i> 35), a następnie przeciągnięcie na zewnątrz, w celu utworzenia szerokości.</p> 

Gdzie to znaleźć


- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Prosta szczelina** , **Prosta szczelina z punktu środka** 
- Menu: **Narzędzia, Elementy szkicu, Prosta szczelina, Prosta szczelina z punktu środka**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Prosta szczelina z punktu środka**

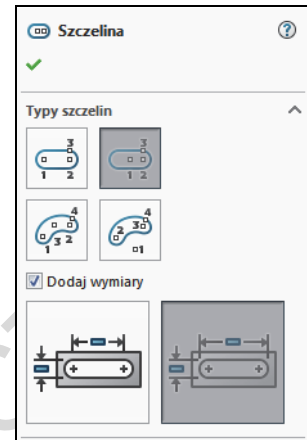
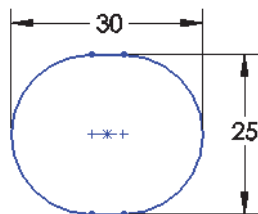
18 Szkic.

Utworzyć nowy szkic na płaszczyźnie Prawej. Zorientować model w tym samym kierunku.

19 Prosta szczelina z punktu środka.

Kliknąć **Prosta szczelina z punktu**

środką . Kliknąć **Dodaj wymiary i Całkowita długość**. Kliknąć lokalizację punktu środka i lokalizację poziomo w prawo. Trzecie kliknięcie ustawia szerokość szczeliny. Kliknąć **OK** i ustawić wartości wymiarów, jak pokazano.




Porada

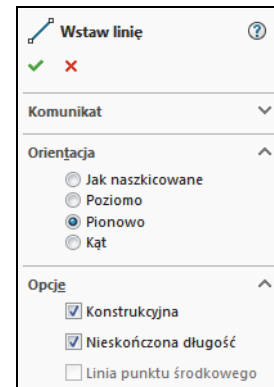
Wymiary są dodawane automatycznie, jeżeli kliknięto opcję **Dodaj wymiary**.

20 Oś obrotu.

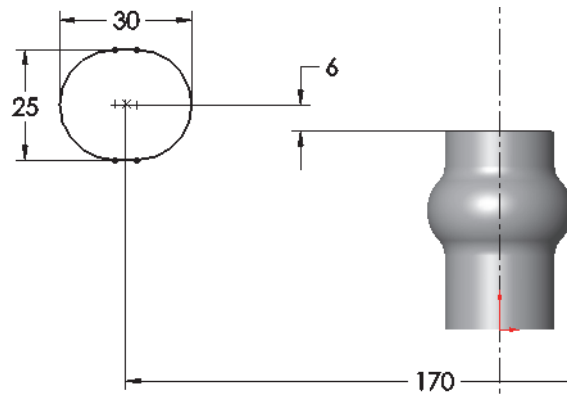
Dodać linię środkową za pomocą narzędzia **Linia**

środkowa  i zaznaczyć opcje **Pionowo** oraz **Nieskończona długość**. Umieścić linię w początku układu współrzędnych. Będzie to oś obrotu dla operacji obrotu wokół linii środkowej.

Dodać wymiar średnicy od linii środkowej do punktu środkowego szczeliny oraz od linii środkowej szczeliny do górnej krawędzi piasty Hub.




Szkic jest teraz całkowicie zdefiniowany.

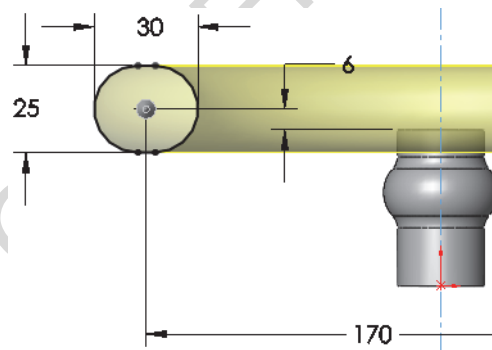


Potencjalna dwuznaczność

Jeśli szkic zawiera więcej niż jedną linię środkową, system nie wie, która linia środkowa ma być osią obrotu. Linię środkową, która ma zostać użyta, można wybrać przed lub po wybraniu narzędzia **Obrót wokół linii środkowej**.

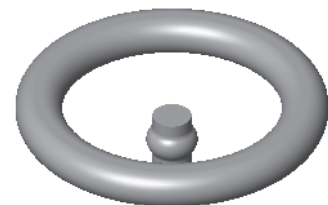
21 Ukończenie operacji.

Wybrać nieskończoną pionową linię środkową. Kliknąć **Dodanie/baza, Obrót wokół linii środkowej** . Użyć kąta **360°**. Zmienić nazwę operacji na **Rim**.



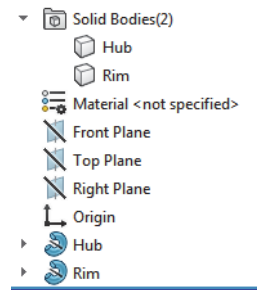
Bryły wieloobektowe

Z bryłami wieloobektowymi mamy do czynienia, gdy w części występuje więcej niż jeden obiekt bryłowy. W przypadkach, gdy operacje dyskretne są oddzielone odległością, może to okazać się najefektywniejszą metodą projektowania części.



Folder Solid Bodies zawiera obiekty, a także informację o liczbie aktualnie znajdujących się w nim obiektów (2). Obiekty te mogą być scalone lub połączone później w celu utworzenia pojedynczego obiektu bryłowego.

Więcej informacji na temat obiektów wielobryłowych znajdziesz w podręczniku *Zaawansowane modelowanie części*.




Budowanie ramienia

Funkcja Spoke zostanie utworzona za pomocą funkcji **Sweep**, która wymaga dwóch szkiców: profilu i ścieżki. Wyciągnięcie po ścieżce przemieszcza zamknięty kontur profilu wzdłuż otwartego konturu ścieżki. Ścieżka ta jest szkicowana przy użyciu linii i łuków stycznych. Profil jest szkicowany przy użyciu elipsy. Operacja połączy przestrzeń między istniejącymi operacjami piasty Hub i obręczy Rim, łącząc je w pojedynczy obiekt bryłowy.


Operacja ramienia Spoke jest ważna, ponieważ zostanie powtórzona w szyku w celu utworzenia dowolnej liczby równomiernie rozmieszczonych ramion.

22 Otworzyć Okienko wyświetlania.

W drzewie projektu FeatureManager kliknąć , aby rozwinąć **Okienko wyświetlania**. Zawiera ono kolumny, których można użyć do zmiany właściwości wyświetlania elementów w drzewie.

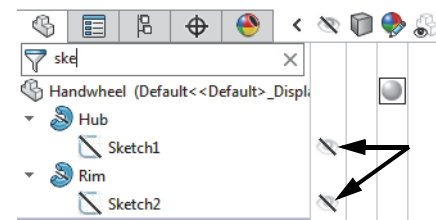
23 Wyszukaj.

Użyć okna wyszukiwania drzewa operacji FeatureManager

, aby wyszukać nazwę lub fragment nazwy na podstawie pierwszych liter.

Wpisać szk w filtrze drzewa operacji FeatureManager, aby wyświetlić szkice piasty Hub oraz obręczy Rim.

Kliknąć ikonę szkicu piasty Hub i wybrać Pokaż. Powtórzyć to dla obręczy Rim.

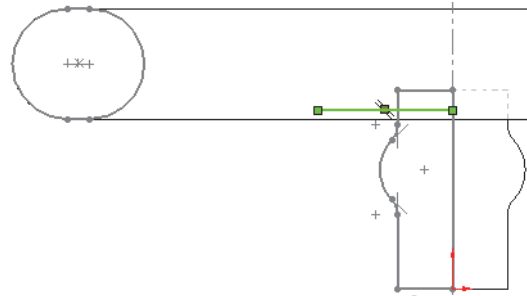


24 Ustawienia.

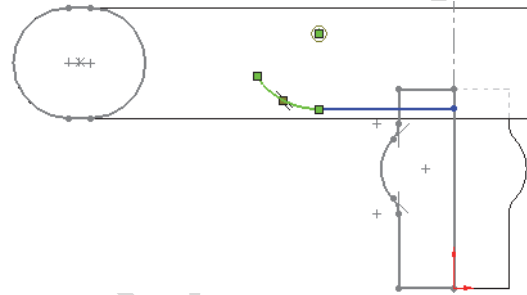
Utworzyć nowy szkic na Prawej płaszczyźnie i zmienić sposób wyświetlania na **Ukryte linie widoczne**.

25 Szkicowanie linii.

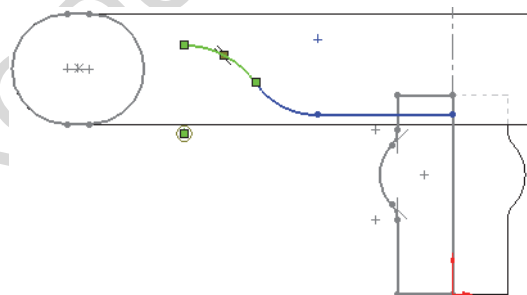
Naszkicować poziomą **Linie** biegnącą od linii środkowej wewnątrz granic piasty Hub.

**26 Łuk styczny.**

Utworzyć **Łuk styczny** od punktu końcowego linii we wskazanym kierunku. Rzeczywiste wartości nie są istotne podczas szkicowania. Zostaną one zdefiniowane później przez wymiary.

**27 Łączenie łuków stycznych.**

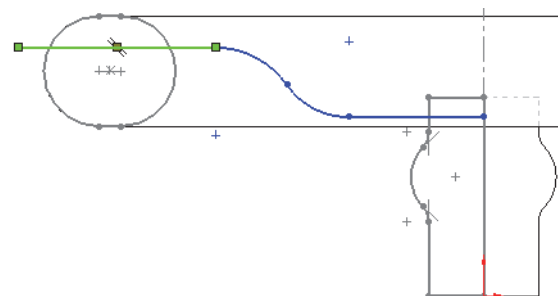
Kiedy narzędzie **Łuk styczny** jest nadal wybrane, kontynuować szkicowanie, rozpoczynając od punktu końcowego poprzedniego łuku. Naszkicować ten łuk stycznie do pierwszego, kończąc w pozycji poziomej styczności.

**Porada**

Gdy pionowa linia pomocnicza jest wspólna ze środkiem łuku, styczna łuku będzie pozioma.

28 Linia pozioma.

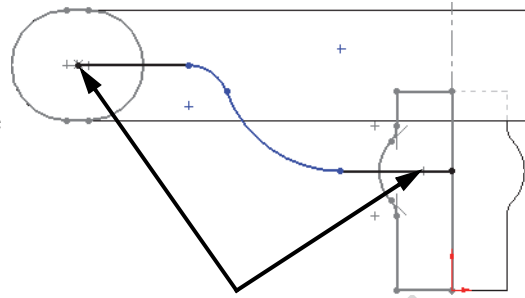
Naszkicować ostatnią linię. Jest ona pozioma, a jej długość zostanie określona przez relacje i wymiary.




29 Relacje.

Przeciągnąć i upuścić lewy punkt końcowy linii na punkt szkicu obręczy Rim. Zostanie dodana relacja **Wspólna**.

Dodać kolejną relację pomiędzy linią na przeciwległym końcu a punktem środkowym łuku.

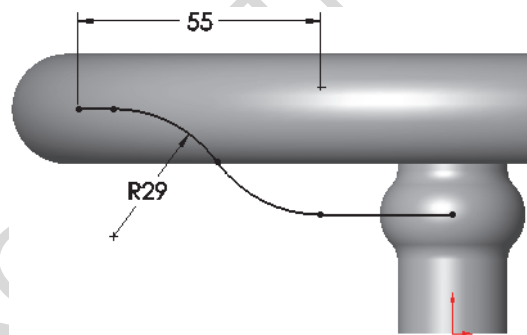


30 Powrót do wyświetlenia cieniowanego.

Kliknąć **Cieniowane** , aby zmienić wyświetlanie.

31 Całkowicie zdefiniować szkic.


Dodać relację **Równe** do łuków, po czym dodać wymiary.



Porada

Wybranie punktów końcowych i punktów środkowych pozwala na dodatkowe opcje podczas wymiarowania.

32 Wyjście ze szkicu.

Kliknąć **Wyjdź ze szkicu** , aby zamknąć szkic bez używania go w operacji. Ukryć szkice Hub i Rim.


Wprowadzenie: wstawianie elipsy

Szkicowanie elipsy jest podobne do szkicowania okręgu. Cursor należy umieścić w punkcie pożądanego środka i przeciągnąć mysz w celu określenia długości dłuższej osi. Następnie należy zwolnić przycisk myszy. Kolejnym etapem jest przeciągnięcie zarysu elipsy w celu określenia długości krótszej osi.

Ważne!


Aby w pełni zdefiniować elipsę, należy zwymiarować lub w inny sposób powiązać długości dłuższej i krótszej osi, a także powiązać orientację jednej z dwóch osi. Jednym ze sposobów może być relacja **Pozioma** pomiędzy środkiem elipsy i końcem dłuższej osi.

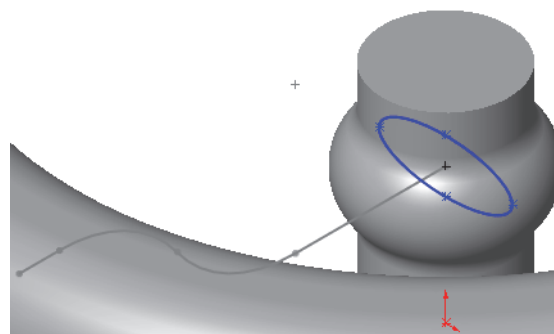
Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Szkic > Elipsa** 
- Menu: **Narzędzia, Elementy szkicu, Elipsa**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy w obszarze graficznym i wybrać **Elipsa**

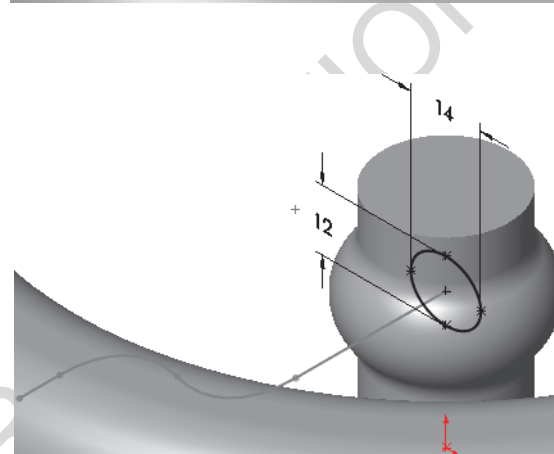
33 Elipsa.

Utworzyć nowy szkic na płaszczyźnie Przedniej. Kliknąć

Elipsa  i umieścić punkt środka na końcu linii. Przenieść kursor w kierunku od środka i ustawić oś długą i krótką kolejnymi kliknięciami.

**34 Relacje i wymiary.**

Dodać relacje, aby ustawić **Poziomo** punkt środka i jeden z punktów osi długiej. Dodać wymiary jak na rysunku. Wyjść ze szkicu.


**Wprowadzenie:
Wyciągnięcie po
ścieżce**

Funkcja **Wyciągnięcie po ścieżce** tworzy operację z dwóch szkiców: profilu i ścieżki. Profil przesuwany jest wzdłuż ścieżki i następuje utworzenie operacji.

Uwaga

Opcja **Profil kołowy** używa szkicu ścieżki ze średnicą okręgu.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje > Dodanie/Baza przez wyciągnięcie po ścieżce** 
- Menu: **Wstaw, Baza/Dodanie, Wyciągnięcie po ścieżce**

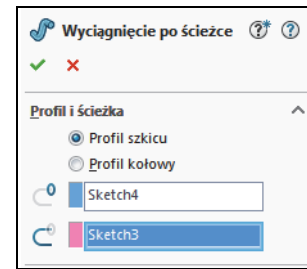
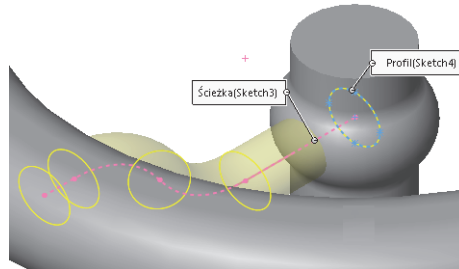
Uwaga

Polecenie **Wyciągnięcie po ścieżce** zostało szczegółowo omówione w kursie *Zaawansowane modelowanie części*.

35 Wyciągnięcie po ścieżce.

Kliknąć **Dodanie/Baza przez wyciągnięcie**

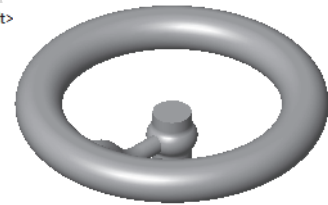
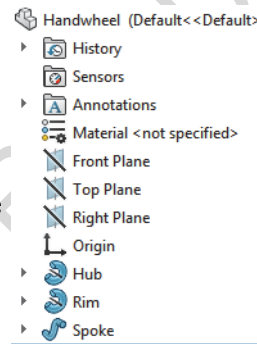
po ścieżce . Wybrać naszkicowany zamknięty kontur jako **Profil** oraz otwarty kontur szkicu jako **Ścieżkę**.



Kliknąć **OK**.

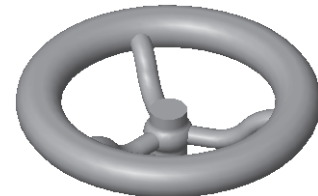
36 Wyniki.

Nadać nowej operacji nazwę Spoke. Zniknie folder Solid Bodies (2). Oznacza to, że oba obiekty bryłowe zostały scalone w jeden.



37 Utworzyć sztyk ramion Spoke.

Kliknąć **Szyk kołowy** . Wybrać ścianę cylindryczną jako środek obrotu dla sztyku. Używając operacji Spoke, ustawić **Wystąpienia** na **3** oraz **Jednakowe odstępy**.



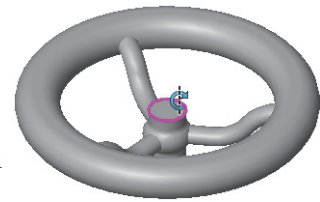
Obróć widok

Narzędzie **Obróć widok** pozwala swobodnie obracać widok modelu. Aby ograniczyć ten ruch, można wybrać oś, linię lub krawędź, wierzchołek bądź płaszczyznę. Kliknąć narzędzie **Obróć widok** i środkową oś.

Ten sam rezultat można osiągnąć, wykorzystując środkowy przycisk myszy. Wybrać elementy do obrotu przy użyciu środkowego przycisku myszy i przeciągnąć je, nie zwalniając tego przycisku.

38 Obróć.

Wykonać obrót wokół środkowej osi części Handwheel (Pokrętło), klikając krawędź kołową lub ścianę cylindryczną operacji Hub (Piasta) środkowym przyciskiem myszy. Następnie przeciągnąć środkowy przycisk myszy, aby uaktywnić polecenie obrotu.

**Wybór krawędzi**

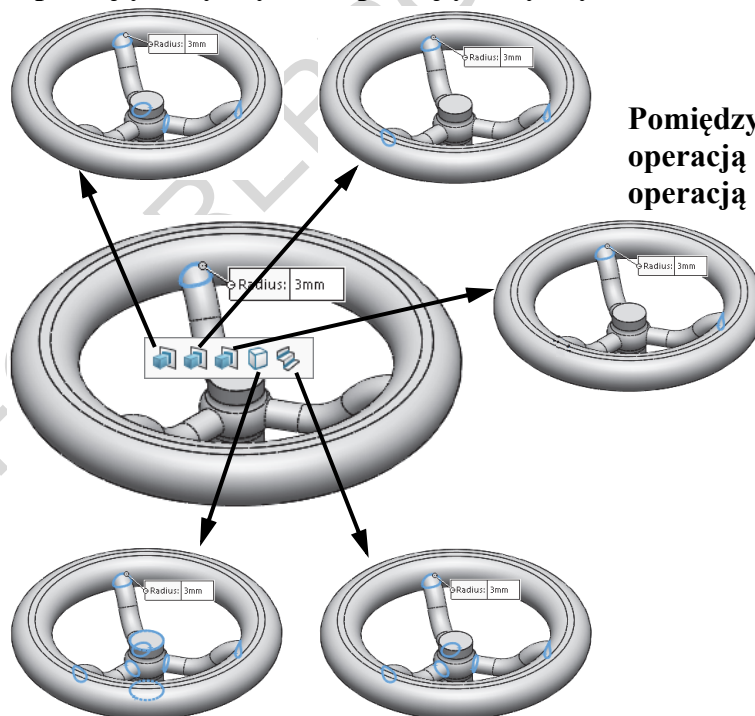
Pasek narzędzi **Wybór krawędzi** umożliwia wybranie kombinacji krawędzi powiązanych w jakiś sposób z wybraną krawędzią. Jest to metoda wyboru wielu krawędzi, z której można korzystać w połączeniu z dowolnymi innymi metodami wyboru.

Na przykład podczas wybierania takiej jednej ukrytej krawędzi jest dostępnych siedem różnych kombinacji krawędzi (oznaczonych czerwoną linią przerywaną), a każda z nich ma inną ikonę i nazwę.

Pomiędzy prawą operacją a częścią

Pomiędzy lewą operacją a częścią

Pomiędzy prawą operacją a lewą operacją



Wszystkie

Wszystkie wklęsłe

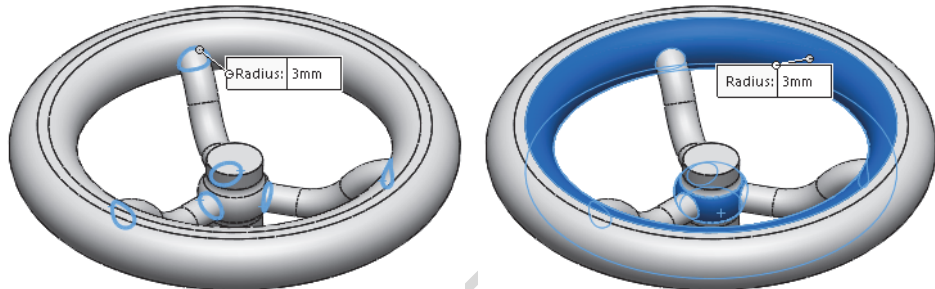
Uwaga

Liczba dostępnych kombinacji krawędzi, w tym nazw i ikon, będzie zależała od wybranej krawędzi. Jeśli na przykład w tym samym modelu zostanie wybrana jedna z krawędzi w kształcie łuku, pojawi się inna wersja paska narzędzi wyboru krawędzi. Można również zignorować ten pasek narzędzi i wybrać krawędzie bezpośrednio.



Bezpośredni wybór

Podobne wyniki można uzyskać poprzez bezpośredni wybór sześciu krawędzi albo dwóch ścian. Wybranie ściany powoduje wybranie wszystkich jej krawędzi.

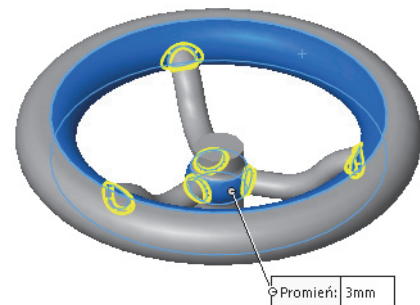


Uwaga

Wybieranie ścian gwarantuje lepsze dostosowanie modelu do zmian wymiarów.

39 Dodanie zaokrągleń.

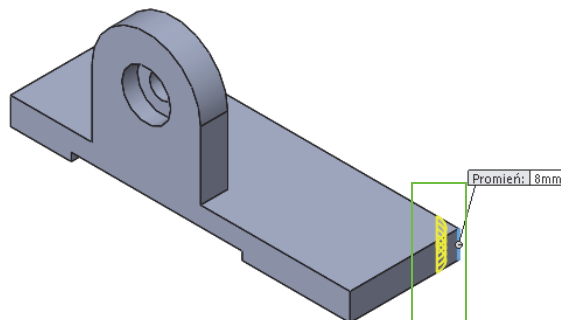
Kliknąć **Zaokrąglenie**, wybrać krawędź i użyć opcji **Wszystkie wklęsłe**. Dodać zaokrąglenia **3 mm** do krawędzi, jak na ilustracji.



Inne opcje wyboru

Można również wybierać krawędzie przy użyciu skrótów klawiaturowych lub przeciągając okno otaczające.

- Przeciągnąć okno otaczające od lewej do prawej strony, aby zaznaczyć wszystkie krawędzie mieszczące się całkowicie w danym oknie.
- Naciśnąć klawisze **Ctrl+A**, aby wybrać wszystkie krawędzie.



Sfazowania

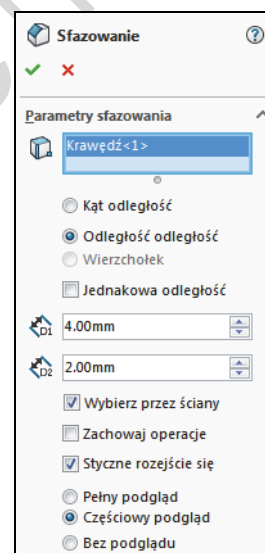
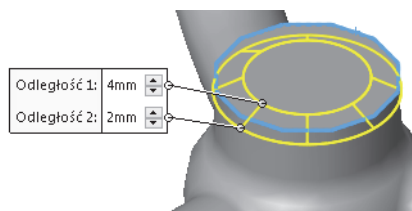
Sfazowania tworzą skośną operację na krawędziach lub wierzchołkach modelu. Kształt może być definiowany przez dwie odległości lub odległość i kąt. Na wiele sposobów sfazowania są podobne do zaokrągleń. Na przykład wybór krawędzi i/lub ścian odbywa się w ten sam sposób.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Operacje** > **Zaokrąglenie** > **Sfazowanie**
- Menu: **Wstaw, Operacje, Sfazowanie**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy ścianę lub krawędź, a następnie kliknąć **Sfazowanie**

40 Sfazowanie.

Dodać operację **Sfazowanie**, używając górnej krawędzi operacji Hub. Ustawić odległości, wykorzystując podane wartości.

**Grafiki RealView**

W przypadku korzystania z certyfikowanego akceleratora graficznego można użyć opcji **Grafiki RealView**. Tam, gdzie jest ona dostępna, pozwala na wykorzystanie wysokiej jakości cieniowania materiałów w czasie rzeczywistym.

Gdzie to znaleźć

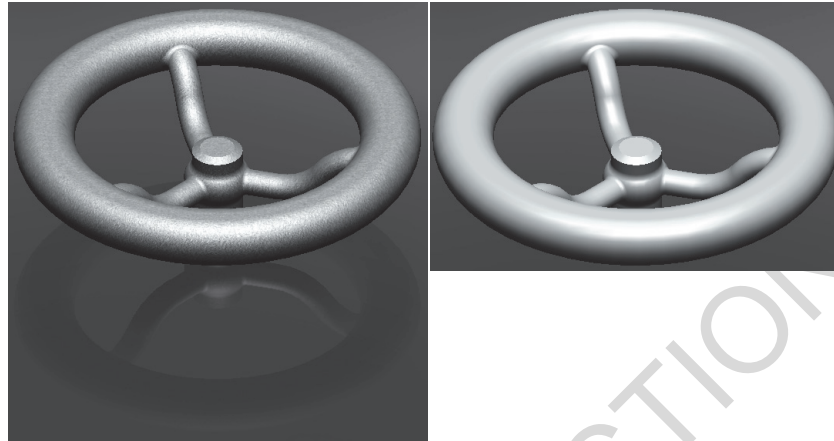
- Menu: **Widok, Wyświetlanie, Grafiki RealView**
- Pasek narzędzi Wyświetlacz przezroczysty: **Ustawienia widoku** , **Grafiki RealView**

Uwaga

Jeśli opcja Grafiki RealView nie występuje, należy przejść do krok 45 na stronie 160.

Porada

W przypadku, gdy opcja **Grafiki RealView** nie jest dostępna, ikona jest wyszarzona.

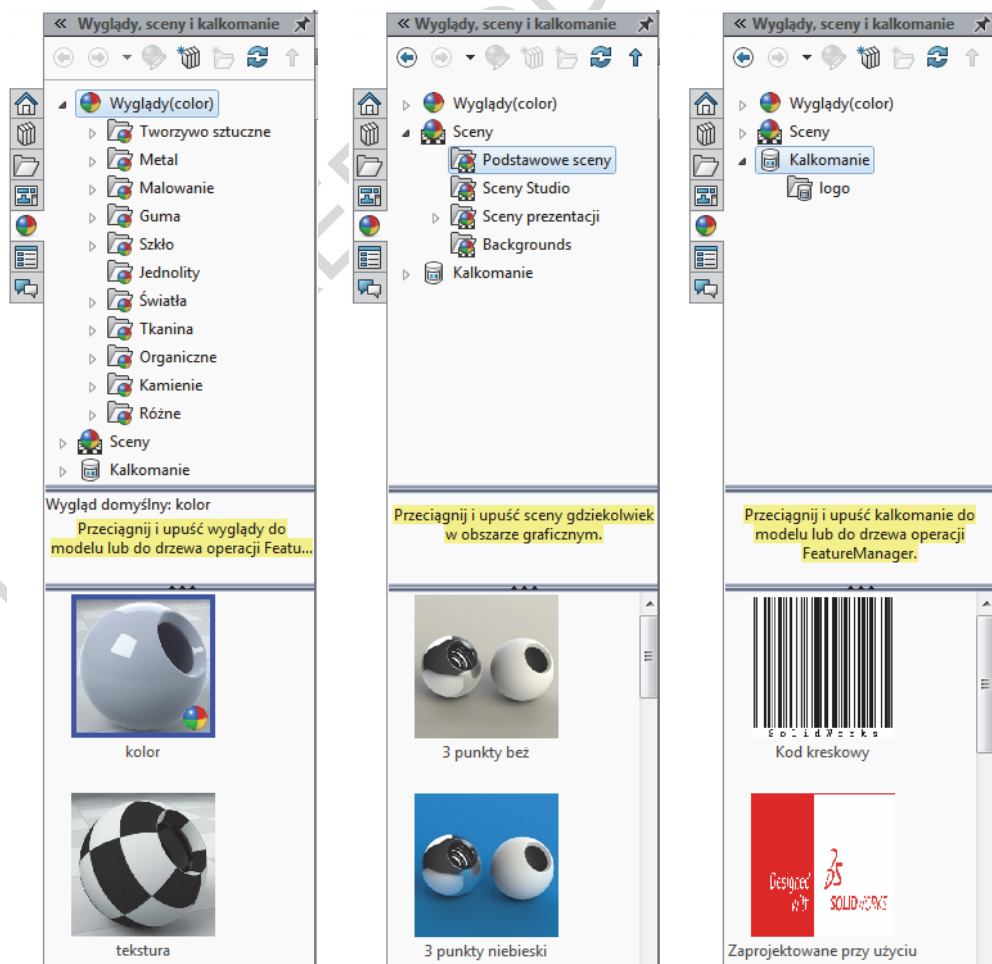


Grafika RealView włączona

Grafika RealView wyłączona

Wyglądy, sceny i kalkomanie

Karta **Wyglądy, sceny i kalkomanie** w okienku zadań zawiera dwa główne foldery: **Appearances (color)**, **Scenes** i **Decals**.



41 Włączanie grafiki RealView.


Kliknąć **RealView** , aby je włączyć.

42 Wyglądy i sceny.

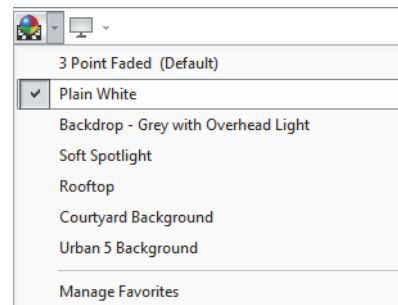
W folderze **Appearances**, **Painted**, **Powder Coat** przeciągnąć i upuścić **powlekanie aluminiowe** w oknie graficznym.

W folderze **Scenes**, **Basic Scenes** przeciągnąć i upuścić **Tło - Czarne ze światłami** w oknie graficznym.

**Porada**

Wysuwane narzędzie **Zastosuj scenę**  na pasku narzędzi **Wyświetlacz przezroczysty** pozwala na wybranie i zastosowanie sceny z listy.

Inną możliwością jest kliknięcie ikony, aby cyklicznie przełączać pomiędzy elementami listy.

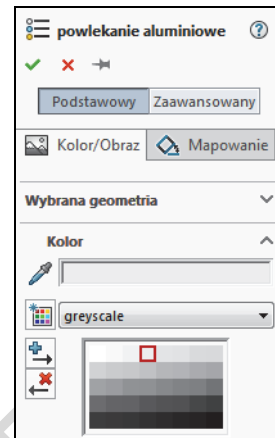
**Wyglądy**

Kolory i tekstury są stosowane przy użyciu narzędzia **Wyglądy**. Menu to zawiera karty **Kolor/Obraz** i **Mapowanie**.

- **Kolor** służy do stosowania koloru do tekstury dodawanej z folderu **Appearance**.
- **Mapowanie** służy do zmieniania stylu mapowania tekstury dodawanej z folderu **Appearance**.

43 Kolor.

Kliknąć **Edytuj wygląd** i zmienić kolor, korzystając z próbek koloru **skali szarości** i koloru jasnoszarego lub białego. Kliknąć **OK**.



Uwaga

Zastosowywanie wyglądu nie powoduje zastosowania materiału do części. Odnosnie nadawania materiału, zobacz *Edytuj materiał* na stronie 160.

Porada

Kliknąć **Widok, Wyświetlanie, Okluzja otoczenia**, aby zwiększyć realizm cieniowanego modelu.

44 Wyłączanie grafiki RealView.

Kliknąć **RealView** , aby wyłączyć opcję.

45 Zapisanie i zamknięcie wszystkich plików.

Edytuj materiał



Okno dialogowe **Edytuj materiał** służy do dodawania oraz edytowania materiału skojarzonego z częścią. Materiał wykorzystywany jest do obliczeń opartych na takich właściwościach materiału, jak np. **Właściwości masy** czy **SimulationXpress**. Materiały mogą być różne w różnych konfiguracjach.

Ważne jest zrozumienie, że stosowanie wyglądu nie jest tym samym co definiowanie materiału dla części. Wyglądy kontrolują sposób wyświetlania modelu, natomiast edycja materiału wykorzystuje właściwości materiału do obliczenia masy i gęstości, a często także skojarzone wyglądy.

Porada

Szablony części (*.prtdot) mogą zawierać wcześniej zdefiniowane materiały.

Gdzie to znaleźć

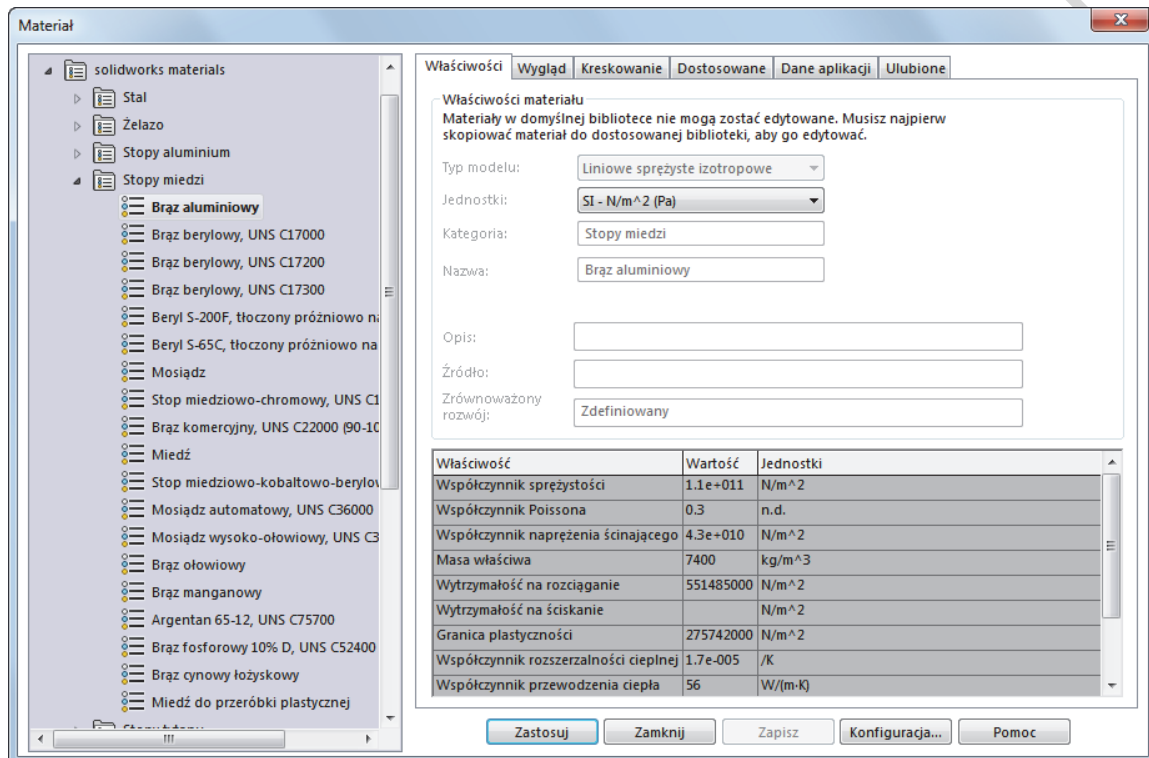
- Menu skrótów: Kliknąć prawym przyciskiem myszy **Materiał** , a następnie kliknąć **Edytuj materiał** 

1 Otworzyć część HW_Analysis.

Otworzyć istniejącą część HW_Analysis. Część ta zawiera dodatkowe operacje potrzebne do użycia w części lekcji poświęconej analizie.

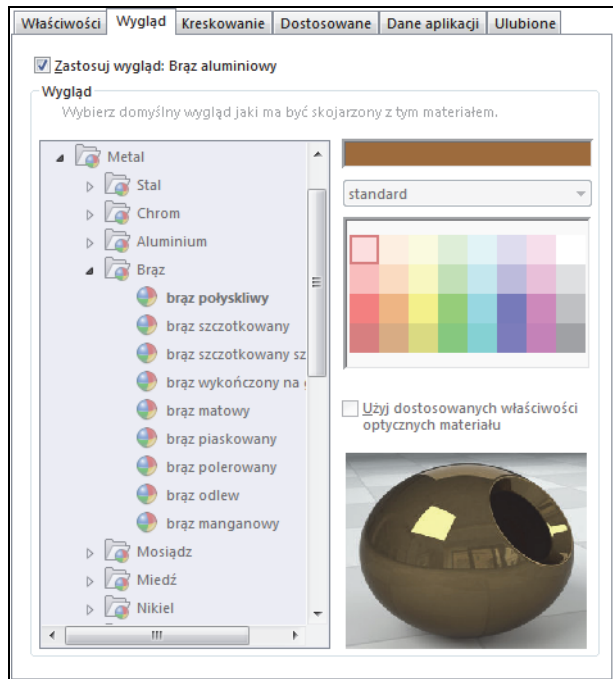
2 Materiały.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę **Edytuj materiał** i wybrać **SOLIDWORKS materials**, **Stopy miedzi**, **Brąz aluminiowy**.

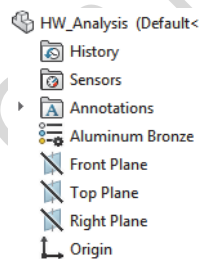
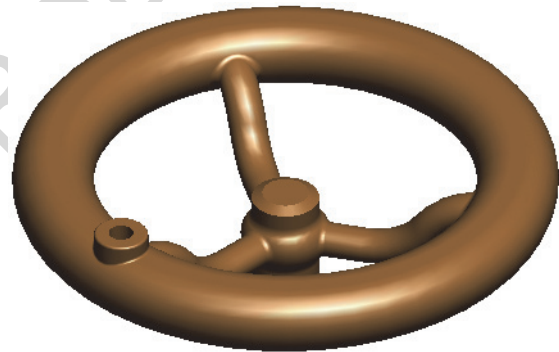


Uwaga

Właściwości, Wygląd oraz Kreskowanie są przypisywane na podstawie wybranego materiału.



- 3 **Kolor.**
Kliknąć **Zastosuj** i **Zamknij**. Zmiana materiału zmienia kolor części. Nazwa materiału jest także aktualizowana w drzewie operacji FeatureManager.



Właściwości masy

Jedną z zalet pracy z modelem bryłowym jest łatwość przeprowadzania obliczeń inżynierskich, takich jak obliczanie masy, środka ciężkości czy momentów bezwładności.

Uwagi

- Można również generować **Właściwości przekroju** na podstawie ściany planarnej lub szkicu w modelu. Szkic może być aktywny lub wybrany.
- Można dodać operację **Środek masy**. Można zmierzyć odległości i dodać wymiary odniesienia między punktem środka masy a innymi elementami. Punkt środka masy dodaje się w oknie dialogowym **Właściwości masy** lub klikając **Wstaw, Geometria odniesienia, Środek masy**.


Wprowadzenie: Właściwości masy

Właściwości masy służą do generowania właściwości masy całej bryły. Właściwości te obejmują masę, objętość i tymczasowe wyświetlanie osi głównych.

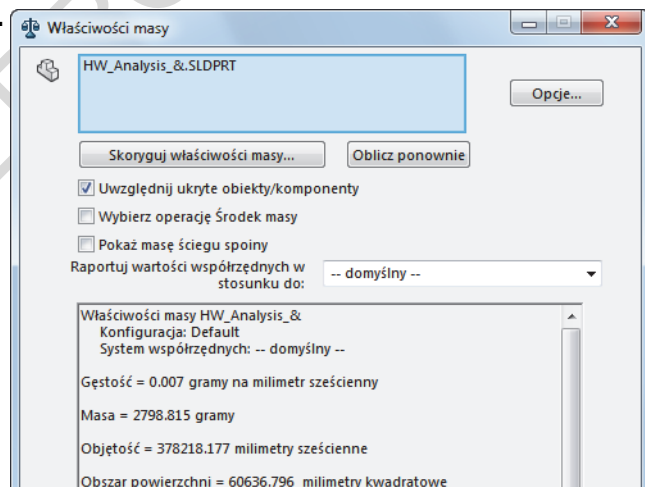
Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Oszacowanie > Właściwości masy** 
- Menu: **Narzędzia, Oceń, Właściwości masy**

4 Właściwości masy.

Kliknąć **Właściwości masy** . Użyto **Gęstość** Brązu aluminiowego.

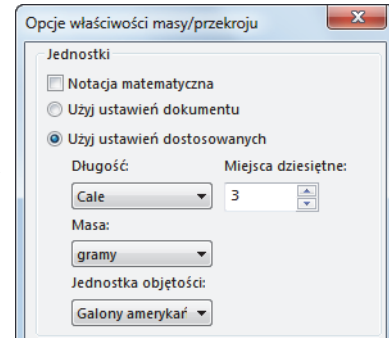
Wyniki obliczeń wyświetlane są w oknie dialogowym.



Uwaga

W przypadku tych części, które nie zawierają dokładnego opisu fizycznego, można kliknąć **Skoryguj właściwości masy**. Skorygować można masę, środek masy i momenty bezwładności. Jest to użyteczne w przypadku korzystania z uproszczonych modeli zakupionych komponentów.

Aby zmienić jednostki, należy kliknąć **Opcje**, kliknąć **Użyj ustawień dostosowanych** i ustawić jednostki. Istnieją także inne opcje, które można skonfigurować, w tym gęstość i poziom dokładności obliczeń.



Właściwości masy jako Właściwości dostosowane

Komponenty **Właściwości masy** części mogą być przenoszone wraz z częścią jako **Właściwość dostosowana**. Informacje te można wyodrębnić przy użyciu raportu Listy materiałów.

Właściwości pliku

Właściwości pliku to szczegóły dotyczące plików w systemie Windows, które pomagają je zidentyfikować, np. tytuł opisowy, nazwisko autora, temat, słowa kluczowe identyfikujące tematy i inne ważne informacje w pliku. Właściwości dokumentu można używać do wyświetlania informacji o pliku lub do wspomagania organizacji plików, ułatwiając ich znajdowanie. Dokumenty można wyszukiwać w oparciu o właściwości dokumentu.

Istnieją właściwości plików unikatowe dla SOLIDWORKS, które lepiej odpowiadają zastosowaniom inżynierskim niż właściwości domyślne. Użytkownik może dodawać kolejne właściwości, zależnie od potrzeb.

Metadane

Atrybuty i właściwości plików czasami nazywane są metadanymi.

Klasy właściwości plików

Właściwości plików można pogrupować w kilka klas:

■ Automatyczne

Właściwości automatycznie są zarządzane przez aplikację, która utworzyła daną właściwość. Obejmują one takie właściwości, jak data utworzenia pliku, data ostatniej modyfikacji i rozmiar pliku.

■ Wstępnie ustalone

Właściwości wstępnie ustalone już istnieją, lecz użytkownik musi wpisać wartość tekstową. Wstępnie ustalone właściwości pliku wykorzystywane w oprogramowaniu SOLIDWORKS są przechowywane w pliku `Property.txt`. Plik ten można edytować, aby dodać lub usunąć wstępnie ustalone właściwości.

- **Dostosowane**
Dostosowane właściwości są definiowane przez użytkownika i dotyczą całego dokumentu.
- **Specyficzne dla konfiguracji**
Właściwości specyficzne dla konfiguracji dotyczą tylko konkretnej konfiguracji.
- **Dostosowane właściwości SOLIDWORKS**
Jest kilka dostosowanych właściwości, które mogą być automatycznie aktualizowane przez oprogramowanie SOLIDWORKS. Obejmują one materiał i masę części.

Gdzie to znaleźć

- Pasek menu: **Właściwości pliku** 
- Menu: **Plik, Właściwości**

Tworzenie właściwości pliku

Właściwości pliku można tworzyć bezpośrednio w pliku lub przy użyciu innych procedur.

- **Metoda bezpośrednia**
Właściwości pliku są dodawane bezpośrednio do pliku przez użytkownika.
- **Tabele konfiguracji**
Za pomocą tabeli konfiguracji można tworzyć dostosowane właściwości pliku, używając nagłówka kolumny **\$PRP@właściwość**, gdzie **właściwość** jest nazwą właściwości do utworzenia i wypełnienia informacjami tworzonymi w tabeli konfiguracji.
- **Karta Dostosowane właściwości**
Szablony formularzy do dodawania właściwości można tworzyć za pomocą **Generатора karty właściwości SOLIDWORKS**. Dostęp do tych formularzy można potem uzyskiwać z poziomu Okienka zadań, korzystając z karty **Dostosowane właściwości**.
- **Aplikacje SOLIDWORKS PDM**
Aplikacje SOLIDWORKS PDM dodają kilka dostosowanych właściwości do plików zaewidencjonowanych w przechowalni. Są to m.in.: numer, stan, opis, projekt i poprawka. Aplikacje SOLIDWORKS PDM można również skonfigurować tak, aby były dodawane inne właściwości zdefiniowane przez administratora przechowalni.

Zastosowania właściwości pliku

Właściwości plików można używać do kilku operacji.

■ Części, złożenia i rysunki

Właściwości pliku można użyć do tworzenia notatek parametrycznych. Adnotacje połączone z właściwościami pliku zostaną aktualizowane, gdy zmienią się właściwości.

■ Złożenia


Zaawansowany wybór i **Zaawansowane ukryj/pokaż** pozwalają na wybieranie komponentów w oparciu o określone właściwości pliku. Omówienie konkretnych procedur zawiera kurs *Modelowanie złożeń*.

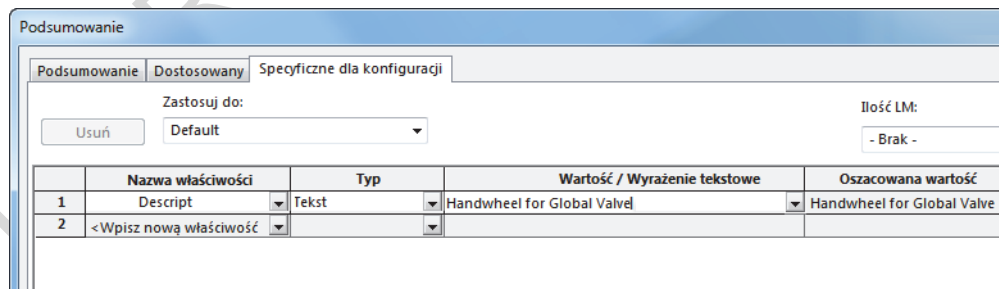
■ Rysunki

Właściwości pliku można używać do wypełnienia danych w bloku tytułowym, liście materiałów (LM), tabliczkach poprawek i adnotacjach. Omówienie konkretnych procedur zawiera kurs *Rysunki SOLIDWORKS*.

Aby przekazać opis tego modelu oraz jego wagę, dodamy do pliku kilka dostosowanych właściwości.

5 Właściwości pliku.

Kliknąć **Właściwości pliku** , a następnie kartę **Dostosowany**. Uaktywnić komórkę **Nazwa właściwości** w pierwszym wierszu okna dialogowego. Za pomocą strzałki po prawej stronie od komórki wybrać **Opis** spośród wstępnie ustalonych właściwości. W komórce **Wartość / Wyrażenie tekstowe** wpisać **Pokrętło** dla zaworu kulowego oraz opis.



	Nazwa właściwości	Typ	Wartość / Wyrażenie tekstowe	Oszacowana wartość
1	Descript	Tekst	Handwheel for Global Valve	Handwheel for Global Valve
2	<Wpisz nową właściwość>			

6 Nowa dostosowana właściwość.

Uaktywnić komórkę **Nazwa właściwości** i wpisać **Nazwę** `mass`. W komórce **Wartość/Wyrażenie tekstowe** wybrać **Mass** spośród wstępnie ustalonych właściwości. W komórce **Oszacowana wartość** widnieje aktualna masa i wygląd w tabeli lub w bloku tytułowym rysunku. Zamknąć okno dialogowe.

Podsumowanie

Podsumowanie Dostosowany Specyficzne dla konfiguracji

Zastosuj do: Usun Default

Ilość LM: - Brak -

	Nazwa właściwości	Typ	Wartość / Wyrażenie tekstowe	Oszacowana wartość
1	Descript	Tekst	Handwheel for Global Valve	Handwheel for Global Valve
2	mass	Tekst		2798.815
3	<Wpisz nową właściwość>			

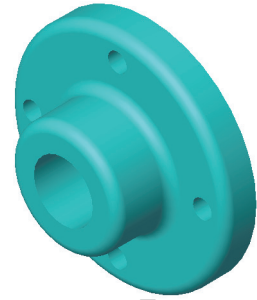
Ćwiczenie 10: Kołnierz

Utworzyć część jak na rysunku, korzystając z podanych wymiarów. Rozważyć użycie relacji, aby zachować intencję projektu.

To laboratorium wykorzystuje następujące umiejętności:

- *Operacje obrotu wokół linii środkowej* na stronie 139.

Jednostki: **milimetry**



Intencja projektu

Intencja projektu dla tej części jest następująca:

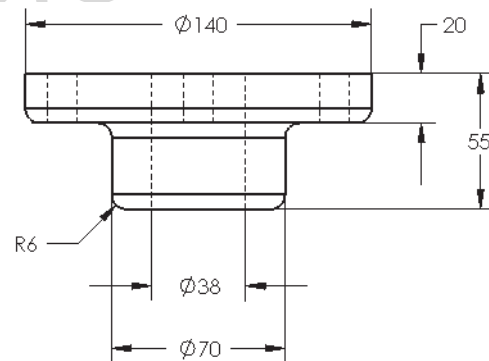
1. Otwory w szyku są równomiernie rozmieszczone.
2. Otwory posiadają równe średnice.
3. Wszystkie zaokrąglenia są równe i mają promień **R 6 mm**.

Należy zauważyć, że okręgi konstrukcyjne można utworzyć z wykorzystaniem **Właściwości** okręgu.

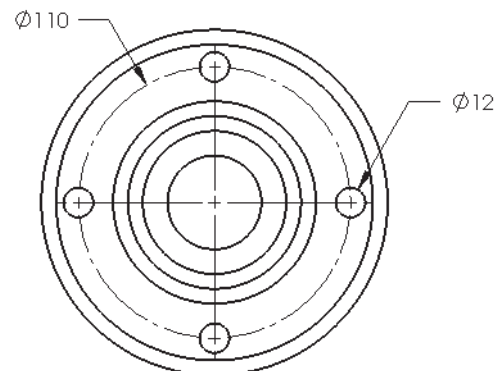
Zwymiarowane widoki

Wykorzystać poniższe rysunki wraz z opisem intencji projektu, aby utworzyć część.

Widok od góry



Widok od przodu

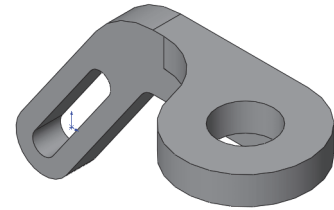


**Ćwiczenie 11:
Prowadnica**

Utwórzmy część, używając podanych informacji i wymiarów. To laboratorium utrwała następujące umiejętności:

- *Wprowadzenie: szczeliny na stronie 146.*

Jednostki: **milimetry**

**Procedura**

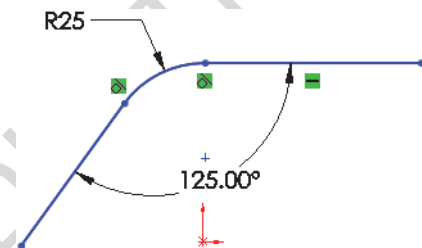
Utworzyć nową część w jednostkach mm i nazwać ją Guide (Prowadnica). Utworzyć geometrię jak na ilustracji, wykonując poniższe kroki.

Uwaga

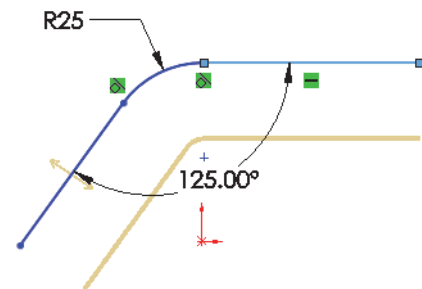
Dla większej przejrzystości te obrazy pokazują relacje szkicu (**Widok, Relacje szkicu**).

1 Linie i zaokrąglenie.

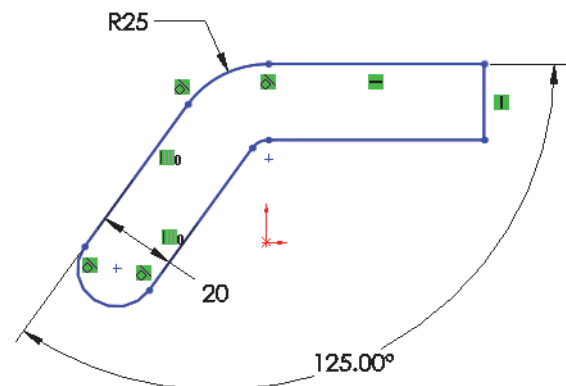
Otworzyć szkic na płaszczyźnie Przedniej. Utworzyć linie szkicu, zaokrąglenie szkicu oraz wymiar kątowy, jak na ilustracji.

**2 Odsunięcie.**

Użyć narzędzia odsunięcia elementów, aby utworzyć pokazane odsunięcie **20 mm**.

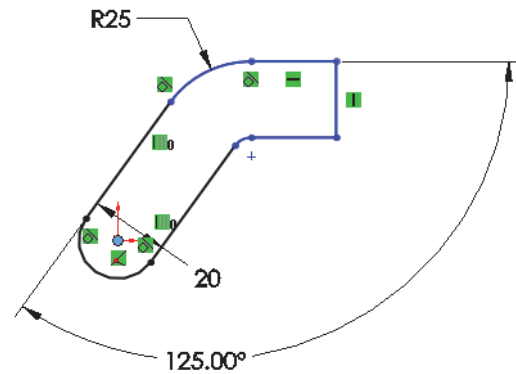
**3 Zamykanie końców.**

Zamknąć końce przy użyciu łuku stycznego i linii, jak na ilustracji.



4 Przeciągnięcie do początku układu współrzędnych.

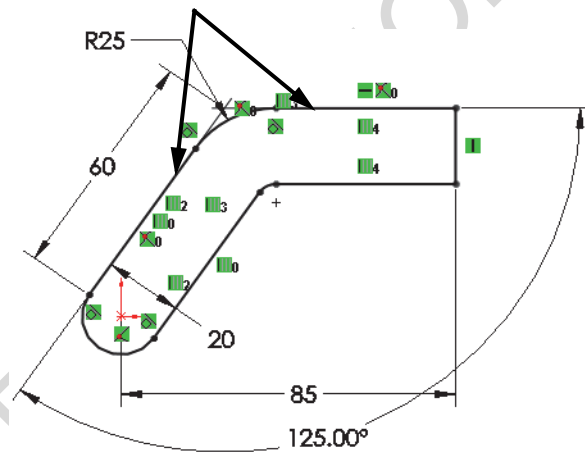
Przecięgnąć punkt środka łuku do początku układu współrzędnych i upuścić. Spowoduje to utworzenie relacji wspólnej.



5 Całkowicie zdefiniowany.

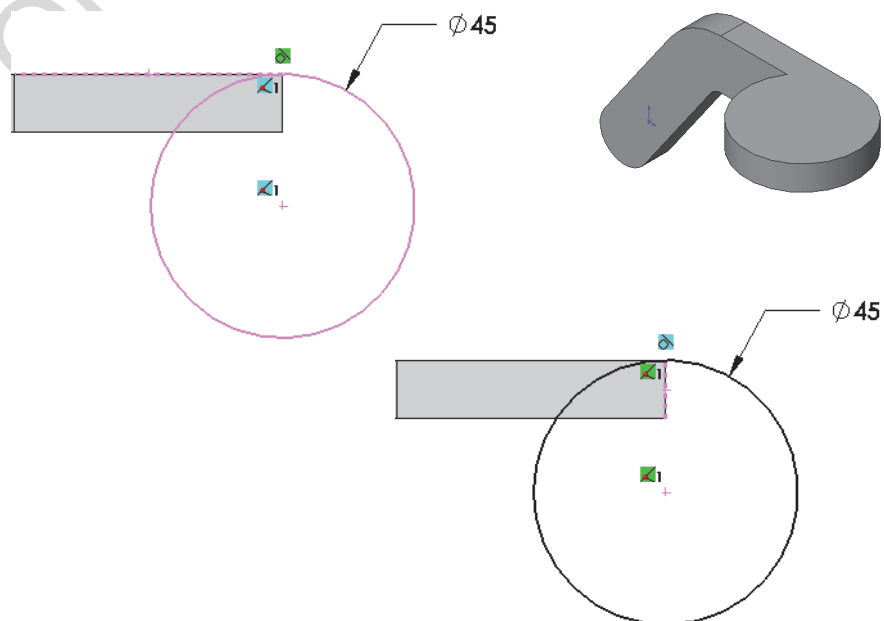
Dodać wirtualny punkt przecięcia poprzez wybranie dwóch linii, jak pokazano na ilustracji, i kliknięcie narzędzia **Punkt** . Dokończyć szkic, dodając wymiary jak na ilustracji.

Wyciągnąć szkic na **10mm**.



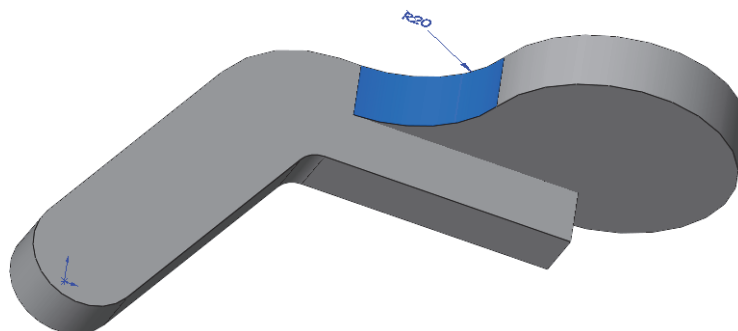
6 Okrąg i dodanie.

Dodać okrąg do nowego szkicu na górnej ścianie modelu. Użyć relacji **Stycznej** i **Wspólnej**, aby powiązać okrąg z geometrią. Całkowicie zdefiniować i wyciągnąć szkic na **10 mm**, jak na ilustracji.

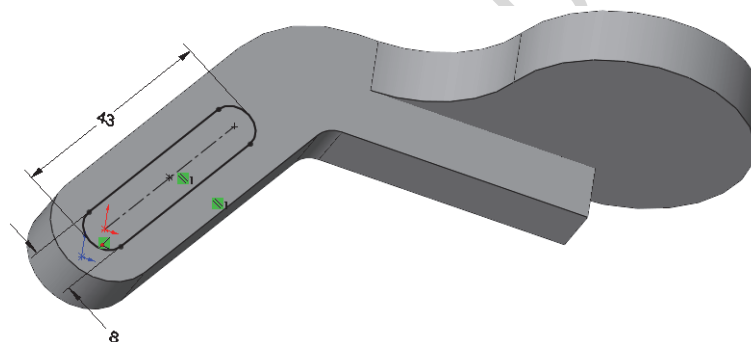


7 Zaokrąglenie.

Dodać zaokrąglenie **R 20 mm**, jak na ilustracji.

**8 Szczelina.**

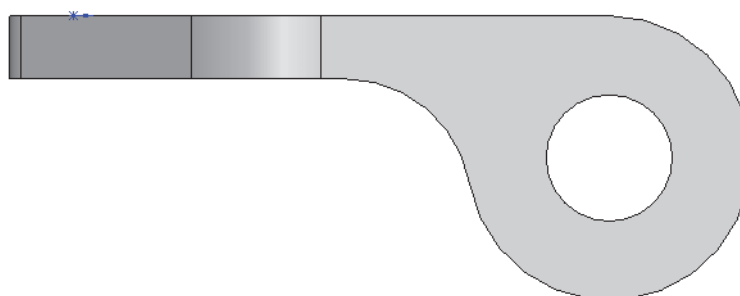
Użyć narzędzia **Prosta szczelina** z opcjami **Całkowita długość** oraz **Dodaj wymiary**, aby utworzyć pokazaną niżej geometrię. Utworzyć wycięcie przez wszystko przy użyciu geometrii szkicu.

**Porada**

Szkic szczeliny powinien być całkowicie zdefiniowany. Może on wymagać relacji **Równoległej**.

9 Otwór.

Dodać otwór **20 mm** przez wszystko, aby dokończyć część.

**10 Zapisać i zamknąć.**

NOT FOR REPRODUCTION

Lekcja 6

Modelowanie złożzeń „od dołu w górę”

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Utworzyć nowe złożenie.
- Wstawiać komponenty do złożenia przy użyciu wszystkich dostępnych technik.
- Dodawać relacje wiązań pomiędzy komponentami.
- Wykorzystywać specyficzne dla złożenia aspekty drzewa operacji FeatureManager do manipulowania i zarządzania złożeniem.
- Wstawiać podzespoły.
- Używać konfiguracji części w złożeniu.

Analiza przypadku: Połączenie uniwersalne

Złożenie „od dołu w górę”

W tej lekcji zajmiemy się modelowaniem złożenia, konstruując połączenie uniwersalne. Połączenie to składa się z kilku komponentów i jednego podzespołu.

Złożenia *od dołu w górę* są tworzone poprzez dodawanie i orientowanie istniejących części w złożeniu. Części dodawane do złożenia pojawiają się jako *Części komponentów*. Części komponentów są orientowane i pozycjonowane w złożeniu przy użyciu **Wiązań**. Wiązania tworzą relacje pomiędzy ścianami i krawędziami części komponentów z płaszczyznami i innymi ścianami lub krawędziami.

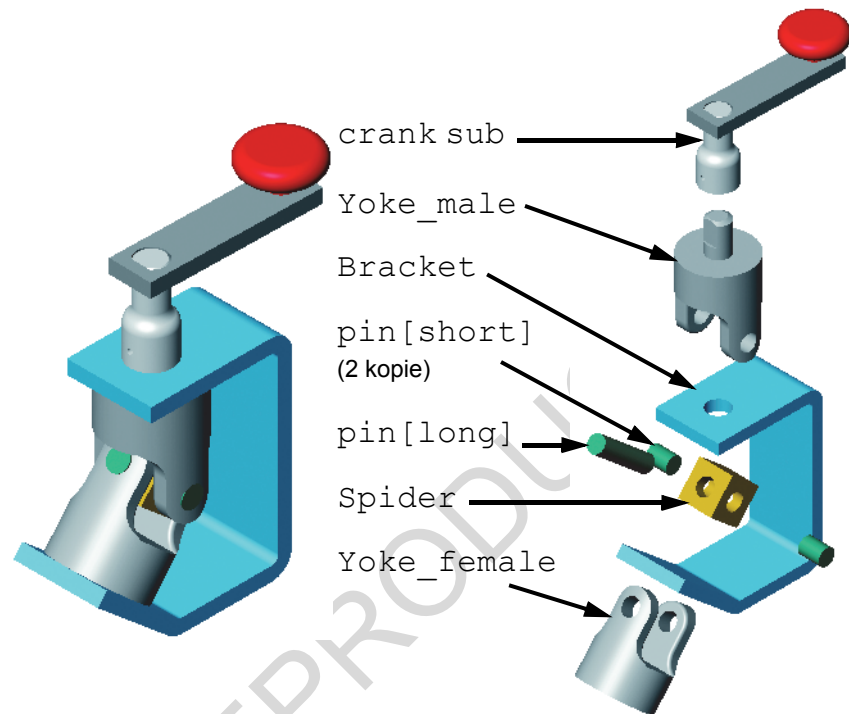
Etapy procedury

Niektóre kluczowe etapy procesu modelowania omawianego złożenia zostały zestawione na poniższej liście. Każdy z tych tematów dotyczy jednej części lekcji.

- **Tworzenie nowego złożenia**
Nowe złożenia tworzone są z wykorzystaniem tych samych metod, co nowe części.
- **Dodawanie pierwszego komponentu**
Komponenty można dodawać na kilka sposobów. Mogą zostać przeciągnięte i upuszczone z otwartego okna części, bądź otwarte ze standardowej przeglądarki.
- **Ustawianie pozycji pierwszego komponentu**
Początkowy komponent dodany do złożenia jest automatycznie unieruchomiony w chwili dodania. Inne komponenty można pozycjonować po ich dodaniu.
- **Drzewo operacji FeatureManager i symbole**
Drzewo operacji FeatureManager zawiera wiele symboli, przedrostków i przyrostków, które dostarczają informacji o złożeniu i jego komponentach.
- **Wiązanie komponentów za sobą**
Wiązania używane są do pozycjonowania i orientowania komponentów względem siebie nawzajem. Wiązania likwidują stopnie swobody komponentów.
- **Podzespoły**
Można tworzyć złożenia i wstawiać je do bieżącego złożenia. Są one uznawane za komponenty podzespołów.

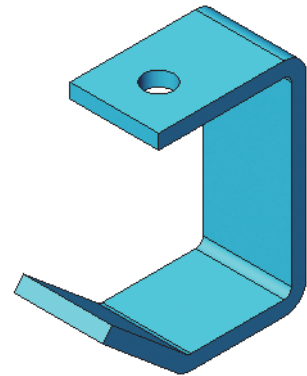
Złożenie

W tej lekcji utworzymy złożenie, wykorzystując istniejące komponenty. Złożeniem jest połączenie uniwersalne (przegub), które składa się z szeregu pojedynczych części i jednego podzespołu tak, jak na poniższej ilustracji:

**1 Otworzyć istniejącą część.**

Otworzyć część bracket (wspornik). Ta część będzie elementem podstawy nowego złożenia.

Pierwszym komponentem dodanym do złożenia powinna być część, która będzie nieruchoma. Unieruchomienie pierwszego komponentu pozwala na wiązanie z nim innych komponentów w sposób zapobiegający poruszaniu się.



Tworzenie nowego złozenia

Wprowadzenie: tworzenie złozenia z części/złozenia


Nowe złozenia mogą być tworzone bezpośrednio lub z otwartej części bądź złozenia. Nowe złozenie zawiera początek układu współrzędnych, trzy standardowe płaszczyzny oraz folder *Mates*.

Opcja **Utwórz złozenie z części/złozenia** służy do generowania nowego złozenia z otwartej części. Część ta jest używana jako pierwszy komponent w nowym złozeniu i unieruchomiona w przestrzeni.

Gdzie to znaleźć

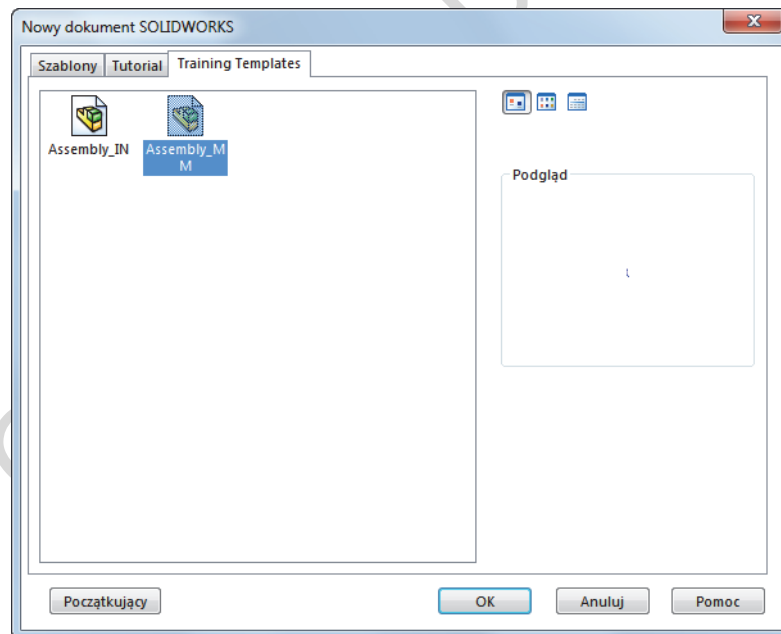
- Pasek menu: **Nowy** , **Tworzenie złozenia z części/złozenia** 
- Menu: **Plik, Tworzenie złozenia z części/złozenia**

Wprowadzenie: nowe złozenie

Nowy plik złozenia można utworzyć, klikając **Nowy**  i wybierając szablon złozenia.

2 Wybrać szablon.

Kliknąć **Utwórz złozenie z części/złozenia** . Użyć szablonu *Assembly_MM*.

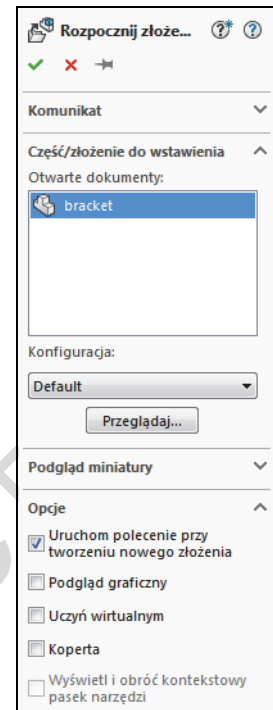
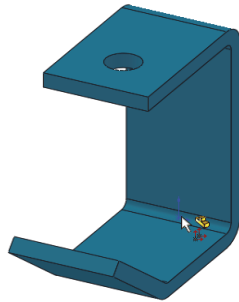


Uwaga

Jednostki w złozeniu mogą różnić się od jednostek w części. Na przykład można połączyć ze sobą różne części wykonane w calach i milimetrach w złozeniu, którego jednostkami są stopy. Jednak podczas edycji wymiarów *dowolnej* z tych części w kontekście złozenia są one wyświetlane w jednostkach złozenia, nie w jednostkach części. Używając menu **Narzędzia, Opcje**, można sprawdzić jednostki złozenia i zmienić je, jeśli to konieczne.

3 Zlokalizowanie komponentu

Umieścić komponent w początku układu współrzędnych poprzez umieszczenie kursora w początku układu współrzędnych lub po prostu klikając **OK**.

**4 Zapisywanie.**

Zapisać złozenie pod nazwą Universal Joint. Pliki złożeń mają rozszerzenie *.sldasm.

Zamknąć plik części bracket.

Ustawienie pozycji pierwszego komponentu

Pierwszy komponent dodawany do złozenia jest domyślnie **Nieruchomy**. Nieruchomych komponentów nie można przenosić, ponieważ są one blokowane w miejscu, w którym zostały one umieszczone podczas wstawiania do złozenia. Klikając zielony przycisk potwierdzenia lub umieszczając kursor w początku układu współrzędnych złozenia, spowodujemy umieszczenie początku elementu w położeniu początku układu współrzędnych złozenia. Oznacza to również, że płaszczyzny komponentu dopasowane są do płaszczyzn złozenia, a komponent jest całkowicie zdefiniowany.

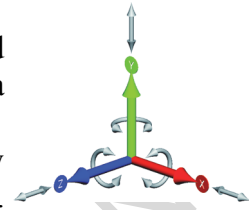
Rozważmy montaż pralki. Logicznie, pierwszym komponentem będzie rama, na której będą zamontowane wszystkie inne elementy. Poprzez wyrównanie tego komponentu z płaszczyznami złozenia, ustanowiona zostanie tzw. „przestrzeń produktu”. W przemyśle motoryzacyjnym nazywa się to „przestrzenią pojazdu”. Przestrzeń ta stanowi logiczną ramę dla umieszczania wszystkich pozostałych komponentów w odpowiednich pozycjach.

Drzewo operacji FeatureManager i symbole

Stopnie swobody

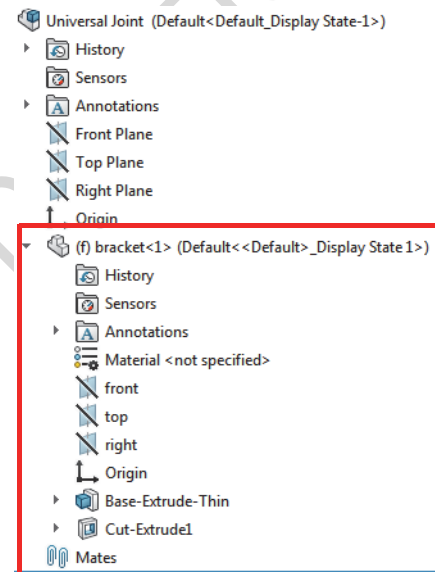
Foldery i symbole w drzewie operacji FeatureManager złożeń są nieco inne niż w części. Występują również pewne terminy, które są unikatowe dla złożeń.

Istnieje sześć stopni swobody dla dowolnego komponentu, który został dodany do złożeń, przed jego unieruchomieniem lub powiązaniem: translacja wzdłuż osi X, Y i Z oraz obrót wokół tych samych osi. Sposób, w jaki komponent może się poruszać w złożeniu, jest określany przez jego stopnie swobody. Opcje **Nieruchome** i **Wstaw wiązanie** służą do likwidowania stopni swobody.



Komponenty

Części takie, jak bracket (wspornik), które są wstawiane do złożeń, reprezentowane są przez taką samą górną ikonę jak ta używana w środowisku części. Wstawić można także złożeń, które będą przedstawione jako ikona złożeń z nazwą dokumentu złożeń. Jednakże rozwinięcie listy tych ikon powoduje wyświetlenie i udostępnienie komponentów podzespołów, a nawet operacji komponentów.



Folder części komponentu

Każda część komponentu zawiera całą zawartość części, włączając wszystkie operacje, płaszczyzny i osie.

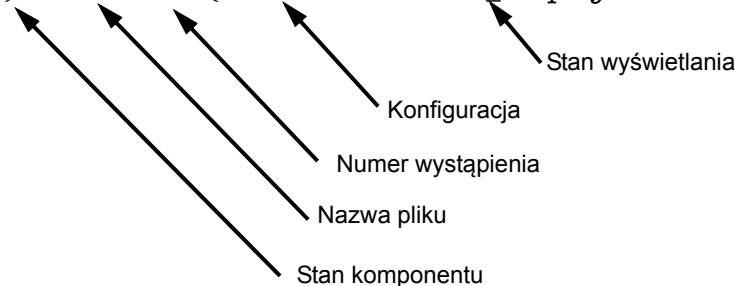
Uwaga





Jeśli komponent jest złożeniem, wyświetlane jest złożenie wraz ze wszystkimi częściami.

Nazwa komponentu

Nazwa komponentu w drzewie operacji FeatureManager zawiera wiele informacji.

(f) bracket<1> (Default<<Default>_Display State 1>)



Stan komponentu.	Istnieje kilka symboli stosowanych do przedstawienia stanu elementu w drzewie projektu Assembly FeatureManager. Są one podobne do symboli przedstawiających stan szkicu.
Element  (f) bracket<1>	Element jest Nieruchomy względem bieżącego położenia, ale nie jest połączony.
Niedodefiniowany  (-) Yoke_male<1>	Położenie elementu jest Niedodefiniowane i element ma swobodę ruchu w zakresie złożenia.
W pełni zdefiniowany  Yoke_female<1>	Położenie elementów nieoznaczonych za pomocą wskaźnika stanu jest Całkowicie zdefiniowane za pomocą wiązań.
Przeddefiniowany  (+) pin<1>	Informacje powodujące konflikt położenia elementu spowodują jego Przeddefiniowanie . Kolejnym błędnym stanem jest stan Nierozwiązany , jeśli wskaźnik stanu jest przedstawiony jako znak zapytania.
Nazwa pliku	Wyświetlana jest nazwa komponentu, części lub złożenia. Ikona informuje, czy jest to część, czy złożenie. Więcej informacji o złożeniach zawiera sekcja <i>Wstawianie podzespołów</i> na stronie 209.
Numer wystąpienia	Numer wystąpienia jest wykorzystywany wewnętrznie do rozróżnienia poszczególnych wystąpień komponentów, w przypadku gdy w złożeniu występuje wiele wystąpień komponentu. Numery wystąpień <i>nie</i> są zmieniane w związku z ich usuwaniem. Najwyższy numer wystąpienia może nie odzwierciedlać całkowitej ich liczby.
Konfiguracja	Konfiguracja, w tym przykładzie Default, to konfiguracja komponentu używana przez dane złożenie.
Stan wyświetlania	<p>Stan wyświetlania, w tym przykładzie <Default>_Display_State1, to stan wyświetlania komponentu używany przez dane złożenie.</p> <p>Więcej informacji na temat konfiguracji i stanów wyświetlania w złożeniach zawiera podręcznik szkoleniowy <i>Modelowanie złożeń</i>.</p>
Kolejność wyszukiwania odniesień zewnętrznych	Gdy otwierany jest dowolny dokument rodzic, wszystkie pozostałe dokumenty, do których odnosi się dokument rodzic, również są ładowane do pamięci. W przypadku złożeń komponenty są ładowane do pamięci zgodnie ze stanem wygaszenia, w którym znajdowały się, gdy złożenie zostało zapisane.

Oprogramowanie wyszuka dokumenty odniesienia w ścieżkach, które można określić, w ścieżce, w której znajduje się ostatnio otwierany dokument, oraz w innych ścieżkach. Jeśli dokument odniesienia nadal nie zostanie odnaleziony, pojawi się opcja przejścia do niego lub otwarcia złożeń bez dokumentu. Pełna lista ścieżek przeszukiwanych w oprogramowaniu znajduje się w temacie *Procedura wyszukiwania dokumentów odniesienia* w pomocy online.

Uwaga

Wszystkie zaktualizowane ścieżki odniesienia w dokumencie rodzicu są zapisywane, gdy zapisywany jest dokument rodzic.

Nazwy pliku

Aby zapobiec nieprawidłowym odniesieniom, nazwy plików powinny być *unikatowe*. SOLIDWORKS nie może równocześnie otworzyć dwóch różnych dokumentów o tej samej nazwie. W przypadku istnienia dwóch różnych części o identycznej nazwie w złożeniach może zostać użyta niewłaściwa część. Oto dwa przykłady:

- Dwie różne części zapisano pod nazwą `bracket.sldprt` i zamknięto. Podczas otwierania złożeń z odniesieniem do `bracket.sldprt` oprogramowanie użyje pierwszej wyszukanej części o tej nazwie.
- W SOLIDWORKS został otwarty plik o nazwie `frame.sldprt`. Następnie użytkownik spróbował otworzyć złożeń z odniesieniem do innego pliku o nazwie `frame.sldprt`. W rezultacie pojawił się następujący komunikat: Otwierany dokument odnosi się do pliku o tej samej nazwie co dokument, który został już otwarty. W tej sytuacji można otworzyć złożeń z wygaszonymi wystąpieniami pliku `frame.sldprt` lub zgodzić się na otwarcie pliku jako zastępczego.

Pasek przewijania

Przy użyciu znacznika **Pasek przewijania** można w złożeniu przewijać wstecz:

- **Płaszczyzny złożeń, osie, szkice**
- **Szyki złożeń**
- **Operacje części w kontekście**
- **Operacje złożeń**

Wszystkie operacje poniżej znacznika są wygaszane. Nie można przewinąć paskiem indywidualnych komponentów.

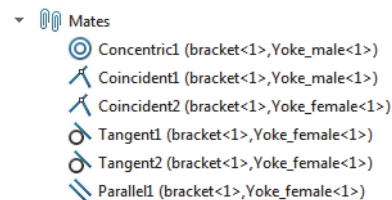
Zmiana kolejności

Kolejność operacji złożeń można ustalić jak kolejność operacji części — za pomocą funkcji przeciągnij i upuść. Obiekty złożeń, których kolejność można zmienić, to:

- **Komponenty**
- **Płaszczyzny złożeń, osie, szkice**
- **Szyki złożeń**
- **Operacje części w kontekście**
- **Wiązania w folderze *Mates***
- **Operacje złożeń**

Folder Mates

Relacje wiązań w złożeniach są zgrupowane w **folderze wiązań** o nazwie **Mates**. Wiązania są rozwiązywane w takiej kolejności, w jakiej pojawiają się na liście.



Więcej informacji zawiera rozdział *Wprowadzenie: wstawianie wiązań* na stronie 184.

Dodawanie komponentów

Kiedy już pierwszy komponent został wstawiony i jest całkowicie zdefiniowany, można dodać inne części i powiązać z nim. W tym przykładzie zostanie wstawiona część *Yoke_male* (Jarzmo obejmowane) i powstaną wiązania. Ta część powinna być niedodefiniowana, aby mogła się swobodnie obracać.

- Istnieje kilka sposobów dodawania komponentów do złożenia:
- Zastosuj funkcję **Wstaw element**
- Przeciągnij je z **Eksploratora Windows**
- Przeciągnięcie z otwartego dokumentu
- Przeciągnąć je z **Okienka zadań**

W tej lekcji zostaną zademonstrowane wszystkie te metody, poczynając od użycia narzędzia **Wstaw komponent**. Jest to takie samo okno dialogowe jakie pojawia się automatycznie w przypadku użycia narzędzia **Utwórz złożenie z części**.

Uwaga

W przeciwieństwie do pierwszego elementu, dodatkowe elementy zostaną dodane z położeniem niedodefiniowanym.


Wstaw komponent

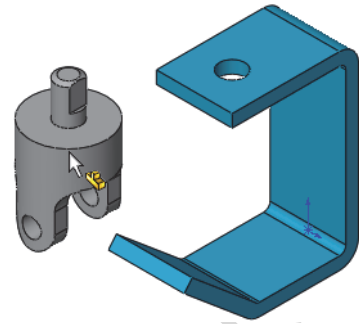
Okno dialogowe **Wstaw komponent** służy do odnajdywania, wyświetlania podglądu i dodawania komponentów do bieżącego złożenia. Kliknąć przycisk **Zachowaj jako widoczne** (pinezka), aby dodać wiele komponentów lub wiele wystąpień tego samego komponentu.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Złożenie > Wstaw komponenty** > **Wstaw komponenty**
- Menu: **Wstaw, Komponent, Istniejąca część/złożenie**
- Eksplorator Windows: przeciągnąć komponent do obszaru graficznego

5 Wstawić część Yoke_male (Jarzmo obejmowane).

Kliknąć **Wstaw komponenty**  i wybrać część Yoke_male, korzystając z przycisku **Przeglądaj**. Ustawić komponent na ekranie, na lewo od komponentu bracket (wspornik) i kliknąć, aby go umieścić.



Nowy komponent jest wyszczególniony jako:

(-) Yoke_male <1>

Oznacza to, że komponent jest pierwszym wystąpieniem Yoke_male (Jarzmo obejmowane) i że jego położenie jest niedodefiniowane.

Porada

Kliknięcie na komponentcie w drzewie operacji spowoduje jego podświetlenie. Przesunięcie kursora na komponent w oknie graficznym wyświetli natomiast nazwę operacji.

Przenoszenie i obracanie komponentów

Przenoszenie przy użyciu Dynamicznego ruchu złożeń


Zaznaczone komponenty można przenosić lub obracać, aby zmienić ich pozycję w celu utworzenia wiązań, posługując się myszą oraz poleceniami **Przenieś** i **Obróć komponent** lub **Triada**.

Ponadto przenoszenie niedodefiniowanych komponentów symuluje ruch mechanizmu w postaci dynamicznego ruchu złożeń. Patrz *Dynamiczny ruch złożeń* na stronie 197.

Przenieś

Opcja **Przenieś komponent** jest używana do przenoszenia komponentu w przestrzeni.



Gdzie to znaleźć

- Przycisk myszy: przeciągnięcie komponentu przy użyciu lewego przycisku myszy
- Menedżer poleceń CommandManager: **Złożenie > Przenieś komponent** 
- Menu: **Narzędzia, Komponent, Przenieś**

Obróć

Opcja **Obróć komponent** jest używana do obracania komponentu w przestrzeni.

Gdzie to znaleźć

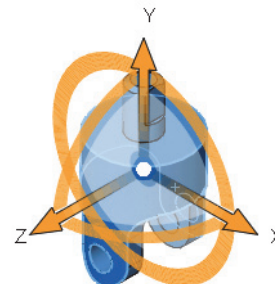
- Przycisk myszy: przeciągnięcie komponentu przy użyciu prawego przycisku myszy
- Menedżer poleceń CommandManager: **Złożenie > Przenieś komponent** , **Obróć komponent** 
- Menu: **Narzędzia, Komponent, Obróć**

Triada

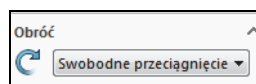
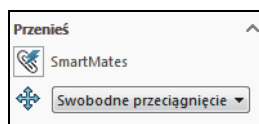
Opcja **Triada** jest używana do dynamicznego przenoszenia wzdłuż osi lub obracania względem osi.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć komponent prawym przyciskiem myszy i wybrać **Przenieś triadą**

**Uwaga**

Narzędzia **Przenieś komponent** i **Obróć komponent** zachowują się jak proste polecenia. Rozwijając opcje **Obróć** lub **Przenieś**, można przełączać się pomiędzy tymi dwoma poleceniami bez zamykania menedżera właściwości PropertyManager.



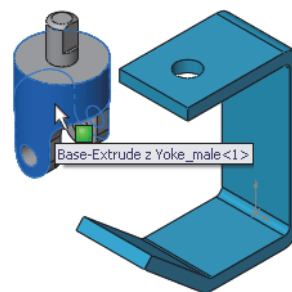
Narzędzie **Przenieś** udostępnia kilka opcji definiowania typu ruchu. Opcja **Wzdłuż elementu** ma pole wyboru. Ustawienia **Wzdłuż XYZ złożenia**, **Po delcie XYZ** oraz **Do pozycji XYZ** wymagają wartości współrzędnych.

Narzędzie **Obróć** również ma opcje definiujące sposób obracania komponentu.

6 Przenoszenie.

Przeciągnąć komponent Yoke_male przy użyciu lewego przycisku myszy tak, aby znalazł się bliżej miejsca wiązania.

Inne opcje przenoszenia i obracania komponentu zostaną omówione w dalszej części lekcji.



Wiązanie komponentów

Oczywiście przeciąganie elementu nie jest wystarczająco precyzyjną metodą budowania złożeń. Należy użyć ścian i krawędzi w celu powiązania komponentów ze sobą nawzajem. Części wewnątrz komponentu *bracket* mają się poruszać, dlatego należy się upewnić, że pozostawiono odpowiednie stopnie swobody.

Wprowadzenie: wstawianie wiązania



Narzędzie **Wstaw Wiązanie** tworzy relacje pomiędzy częściami komponentów lub pomiędzy częścią a złożeniem.

Wiązania mogą być tworzone przy użyciu wielu różnych obiektów. Można wykorzystywać:


- Ściany
- Płaszczyzny
- Krawędzie
- Wierzchołki
- Punkty i linie szkicu
- Osie i początki układów współrzędnych

Większość wiązań tworzonych jest między *parą* obiektów. Dwa spośród najpowszechniej używanych wiązań to **Wspólne** i **Koncentryczne**.

Gdzie to znaleźć




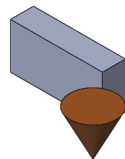
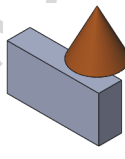

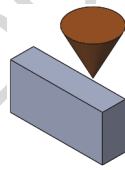
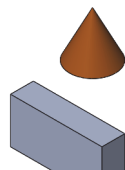

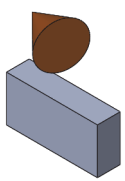

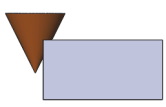
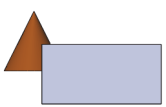

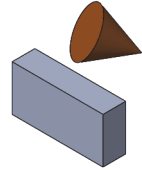
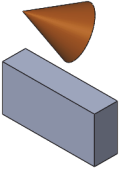
- Menedżer poleceń CommandManager: **Złożenie > Wiązanie** 
- Menu: **Wstaw, Wiązanie**
- Menu skrótów: kliknąć komponent prawym przyciskiem myszy i wybrać **Wiązanie** 

Uwaga

Ikony wiązania są zależne od ich typu (np. **Wspólne** )

Typy wiązań i wyrównanie




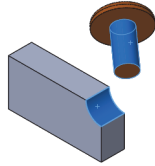
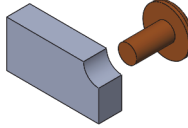
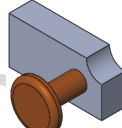

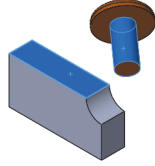
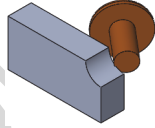
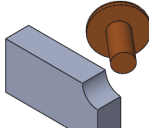

Wiązania używane są do tworzenia relacji pomiędzy komponentami. Najczęściej używaną geometrią w wiązaniach są ściany. Rodzaj wiązania, w połączeniu z warunkami **Anty-wyrównanie** lub **Wyrównane**, zapewnia odpowiedni rezultat.

	Wyrównane 	Anty-wyrównane 
Wspólne  (ściany leżą na tej samej wyobrażonej płaszczyźnie nieskończonej)		
Równoległe 		
Prostopadłe  Wyrównanie i antywyrównanie nie mają zastosowania przy wiązaniu Prostopadłe .		
Odległość 		
Kąt 		

Uwaga

W poniższych tabelach scharakteryzowano wiązania z zestawu **Standardowe wiązania**. Istnieją również zestawy **Zaawansowane wiązania** i **Wiązania mechaniczne**, o których jest mowa w bardziej zaawansowanych podręcznikach.

W przypadku ścian cylindrycznych dostępnych jest mniej opcji, jednakże są one tak samo ważne.

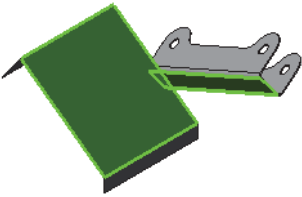
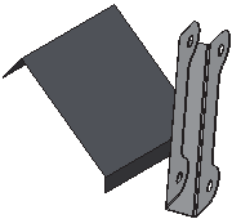
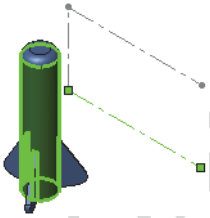
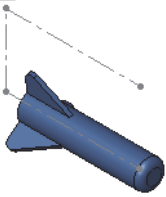
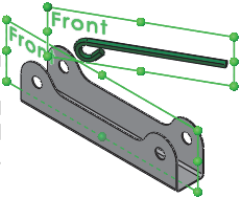
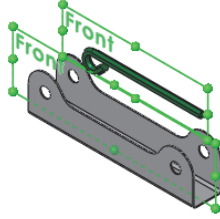
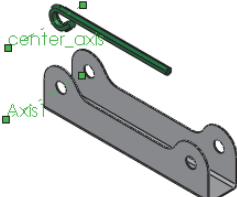
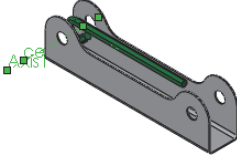

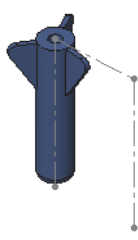
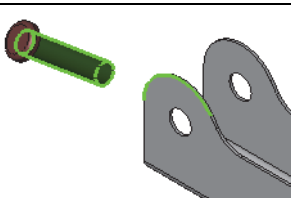
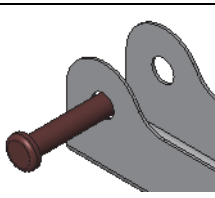
	Wyrównane 	Anty-wyrównane 
Koncentryczne  		
Styczne  		
Zablokuj  Wybrać dowolne miejsce na komponentcie.	Komponenty, które są zablokowane razem, będą poruszać się razem. Brak opcji wyrównania.	

Porada

Po utworzeniu wiązania można kliknąć prawym przyciskiem myszy operację wiązania w drzewie operacji FeatureManager, a następnie kliknąć **Odwróć wyrównanie wiązania**, aby odwrócić wyrównanie.

Elementy, które mogą uczestniczyć w wiązaniach

Istnieje wiele typów topologii i geometrii, które mogą być wykorzystane w wiązaniach. Wybory mogą powodować tworzenie wielu różnych typów wiązań.

Topologia/ geometria	Wybory	Wiązanie
Ściany lub powierzchnia		
Linia lub krawędź liniowa		
Płaszczyzna		
Oś lub tymczasowa oś		
Punkt, wierzchołek, początek układu współrzędnych lub układ współrzędnych		
Łuk lub krawędź kołowa		

Porada

Chociaż płaszczyzny można wybierać na ekranie, jeśli są widoczne, to często łatwiej jest wybrać ich nazwę w drzewie operacji FeatureManager. Kliknąć symbol „+”, aby wyświetlić drzewo i rozwinąć indywidualne komponenty oraz operacje.


Tworzenie wiązań koncentrycznych i wspólnych

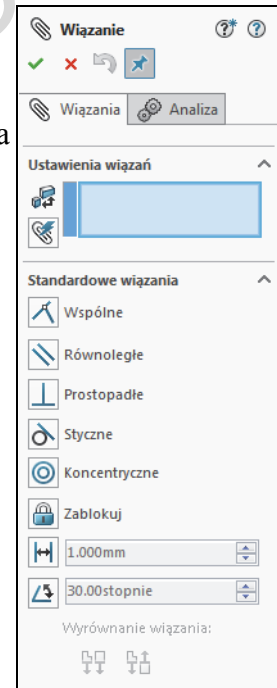
Komponent Yoke_male (Jarzmo obejmowane) należy powiązać tak, aby jego wał był wyrównany z otworem, a płaska ściana stykała się z wewnętrzną ścianą komponentu bracket (wspornik). Wykorzystane zostaną wiązania **Koncentryczne i Wspólne**.

Porada

W celu ograniczenia liczby dostępnych opcji według typu geometrii, na przykład ściany lub krawędzi, można użyć filtrów wyboru. Naciśnąć klawisz **F5** i wybrać jeden lub więcej typów filtrów.

7 Menedżer właściwości PropertyManager Wiązanie.

Kliknąć **Wiązanie** . Jeśli menedżer właściwości PropertyManager jest otwarty, można wybrać ściany bez użycia klawisza **Ctrl**.



Opcje wiązania

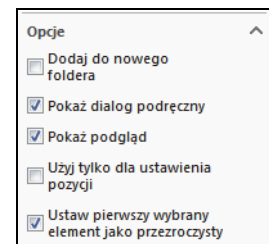
Dla wszystkich wiązań dostępnych jest szereg opcji wiązania:

■ **Dodaj do nowego foldera**

Tworzy nowy folder do przechowywania wszystkich wiązań utworzonych, gdy narzędzie **Wiązanie** jest aktywne. Folder ten znajduje się w katalogu Mates, a jego nazwę można zmienić.

■ **Pokaż podręczny pasek narzędzi**

Włącza i wyłącza podręczny pasek narzędzi Wiązanie.



**Wprowadzenie:
podręczny pasek
narzędzi Wiązanie****■ Pokaż podgląd**

Pokazuje pozycjonowanie utworzone przez wiązanie natychmiast po dokonaniu drugiego wyboru. Finalizacja następuje po kliknięciu **OK** w oknie dialogowym.

■ Użyj tylko dla ustawienia pozycji

Opcja ta może być używana do pozycjonowania geometrii bez jej powiązania. Nie jest dodawane żadne wiązanie.

■ Ustaw pierwszy wybrany element jako przezroczysty

Ta opcja wymusza przezroczystość pierwszego wybranego komponentu podczas dodawania wiązania.

Podręczny pasek narzędzi **Wiązanie** ułatwia wybór



opcji poprzez wyświetlanie dostępnych typów wiązań na ekranie. Dostępne typy wiązań są różne w zależności od wyboru geometrii i odzwierciedlają te, które pojawiają się w menedżerze właściwości PropertyManager. Okno paska narzędzi wiązania pojawia się w obszarze graficznym, ale można je przeciągnąć w dowolne miejsce.

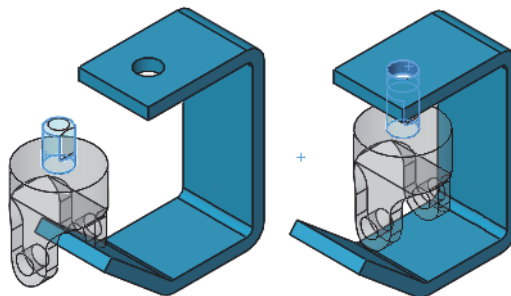
Można używać okna dialogowego zarówno w menedżerze właściwości PropertyManager, jak i na ekranie. W tej lekcji wykorzystywany jest podręczny pasek narzędzi. Wszystkie typy wyszczególniono w tabeli *Typy wiązań i wyrównanie* na stronie 185.

8 Wybory i podgląd.

Wybrać ściany komponentu Yoke_female (Jarzmo obejmujące) i bracket (wspornik), jak pokazano na ilustracji.

Po wybraniu drugiej powierzchni, po przesunięciu wiązania w miejsce, w którym wiązanie jest możliwe, wyświetli się podgląd wiązania oraz podręczny pasek narzędzi **Wiązanie**.

Domyślnie wybrane jest wiązanie **koncentryczne** i pojawia się jego podgląd.

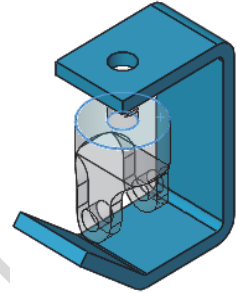


9 Dodawanie wiązania.

Ściany są wyszczególnione na liście **Ustawienia wiązań**. Na liście powinny pojawić się dokładnie dwa elementy. Zaakceptować wiązanie **Koncentryczne** i kliknąć **OK**.

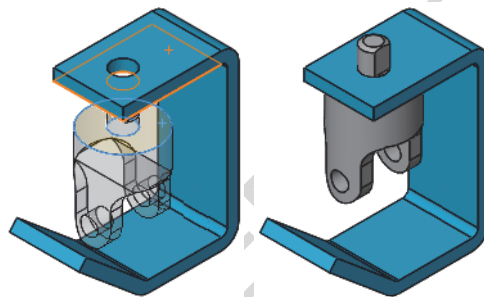
10 Ściana planarna.

Wybrać górną ścianę planarną komponentu Yoke_male (Jarzmo obejmowane).



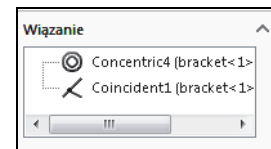
11 Wybieranie innego.

Użyć narzędzia **Wybierz inny**, aby wybrać ukrytą ścianę komponentu bracket pod spodem kołnierza górnego. Dodać wiązanie **Wspólne**, aby ustawić połączenie pomiędzy wybranymi ścianami.



12 Wyszczególnione wiązania.

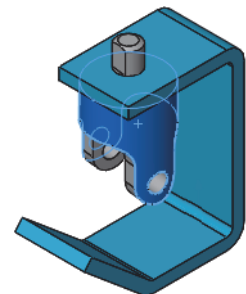
Wiązania – koncentryczne i wspólne – nadal są wyszczególniane w polu grupy **Wiązania**. Zostaną dodane do folderu Wiązania po ukończeniu wykonywania polecenia Wiązanie. Kliknąć **OK**.



13 Stan powiązania.

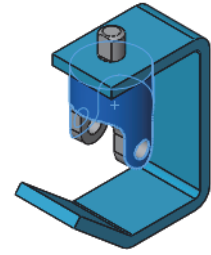
Komponent Yoke_male jest wyszczególniony jako niewystarczająco powiązany. Może on nadal poruszać się poprzez obrót wokół osi jego powierzchni cylindrycznej.

Przetestować zachowanie komponentu Yoke_male, przeciągając go.



14 Nawigacja.

Kliknąć ścianę komponentu Yoke_male (Jarzmo obejmowane). Elementy nawigacji dla tej opcji są widoczne w lewej górnej części obszaru graficznego.



Pasek ikon określa hierarchię w górę, poczynawszy od ściany w kierunku operacji, obiektu i komponentu aż do złozenia najwyższego poziomu. Pod paskiem znajduje się szkic skojarzony z wybraną *operacją*. Nad paskiem znajdują się wiązania skojarzone z wybranym *komponentem*.



Uwaga

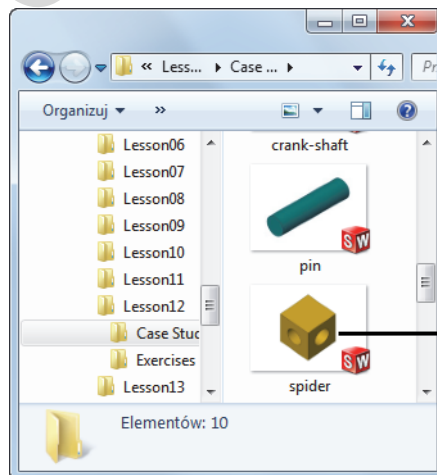
Kliknięcie prawym przyciskiem myszy jednej z ikon umożliwia edycję danej operacji. Kliknięcie „powietrza” powoduje usunięcie zaznaczenia ściany.

Dodawanie komponentów przy użyciu Explorera Windows

Innym sposobem dodawania komponentów do złozenia jest użycie Eksploratora Windows lub ikony Mój komputer. Pliki części lub złożeń można przeciągać i upuszczać do aktywnego złozenia.

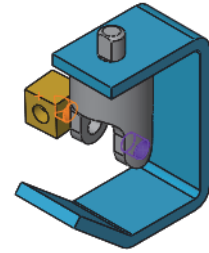
15 Otworzyć Eksplorator Windows.

Ponieważ program SOLIDWORKS jest aplikacją wykorzystującą macierzysty interfejs Windows, wykorzystuje on standardowe techniki Windows, takie jak „przeciągnij i upuść”. Pliki komponentu można przeciągać z okna Eksploratora do złozenia i je dodawać. Przeciągnąć i upuścić komponent spider w obszarze graficznym.



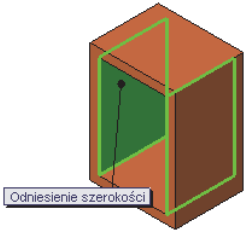

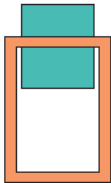
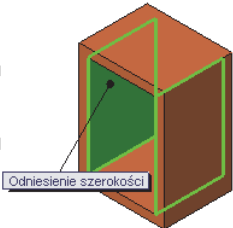

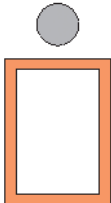
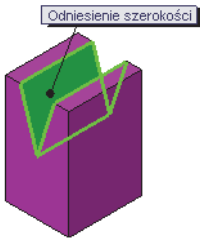
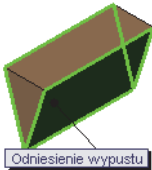

16 Wiązanie koncentryczne dla komponentu spider.

Dodać wiązanie **Koncentryczne** pomiędzy dwiema ścianami cylindrycznymi komponentów spider (krzyżak) i Yoke_male (Jarzmo obejmowane).



Wiązanie szerokość

Komponent spider powinien być wyśrodkowany pomiędzy komponentami Yoke_male oraz Yoke_female przy użyciu wiązania **Szerokość, Wyśrodkowane**. Wiązanie **Szerokość** jest jednym z **Zaawansowanych wiązań** w oknie dialogowym Wiązanie. Wybory obejmują parę **Wyborów szerokości** (ściany „zewewnętrzne”) oraz parę **Wyborów zaczepu** (ściany „wewnętrzne”). Ściany **Zaczep** są wyśrodkowane pomiędzy ścianami **Szerokość**, pozwalając zlokalizować komponent.


Wybory szerokości	Wybory zaczepu	Wynik
		 (Widok od przodu)
	 (pojedynczy wybór)	 (Widok od przodu)
		 (Widok od przodu)

Uwaga

Wiązanie Szerokość zawiera inne opcje, których można użyć z tymi samymi wyborami: **Swobodne**, **Wymiar** i **Procent**.

17 Wiązanie Szerokość.

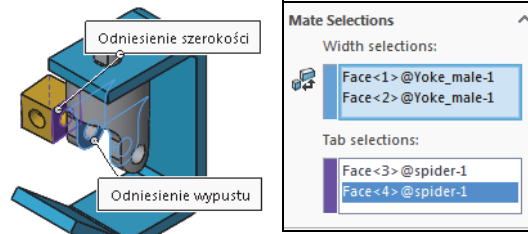
Kliknąć **Wstaw wiązanie**

, po czym kliknąć kartę **Zaawansowane wiązania**.

Kliknąć wiązanie

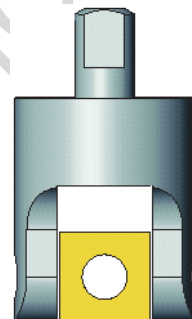
Szerokość  i kliknąć **Wyśrodkowane**.

Kliknąć **Wybory szerokości** i **Wybory zaczepu** jak na ilustracji.
Kliknąć **OK**.

**18 Wiązania według komponentu.**


Wiązanie utrzymuje komponent spider wyśrodkowany wewnątrz komponentu Yoke_male, zachowując równe przerwy po każdej stronie.

Rozwinąć komponent spider w drzewie operacji FeatureManager. Do każdego komponentu, który uczestniczy w wiązaniu, dodawany jest folder o nazwie Mates in Universal Joint. Folder ten zawiera wiązania, które wykorzystują geometrię tego komponentu.



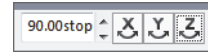
- ▶ (f) bracket<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▶ (-) Yoke_male<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▼ (-) spider<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▼ Mates in Universal Joint
 - Concentric2 (Yoke_male<1>)
 - Width1 (Yoke_male<1>)
 - History
 - Sensors
 - Annotations
 - Equations
 - Material <not specified>
 - Front
 - Top
 - Right
 - Origin
 - Base-Extrude
 - Cut-Extrude1
- ▼ Mates
 - Concentric1 (bracket<1>,Yoke_male<1>)
 - Coincident1 (bracket<1>,Yoke_male<1>)
 - Concentric2 (Yoke_male<1>,spider<1>)
 - Width1 (Yoke_male<1> ,spider<1>)




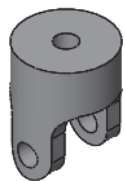
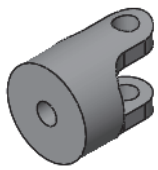
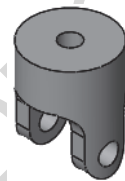
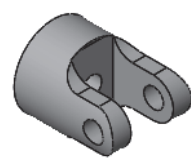
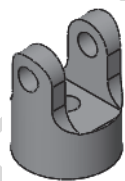
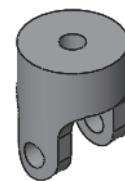
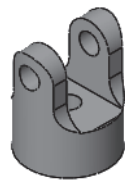
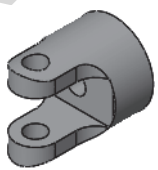
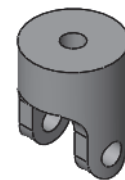
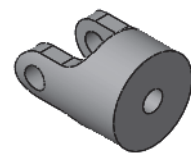
Uwaga

Ikona  oznacza, że wiązanie stanowi część ścieżki uziemiającej lub jest jednym z wiązań, które utrzymują komponent w danej pozycji.

Obracanie wstawionych komponentów

Komponenty wstawione za pomocą *Wstaw komponent* na stronie 181 można obracać po ich wstawieniu, ale przed ustawieniem za pomocą **Obróć wstawiony komponent**. Kąt można ustawić, a przyciski kierunków można klikać dowolną liczbę razy.



	Obrócić względem X 	Obrócić względem Y 	Obrócić względem Z 
			
			
			

Gdzie to znaleźć


Menu skrótów: Kliknąć **Wstaw komponenty**, po czym kliknąć kierunek obrotu

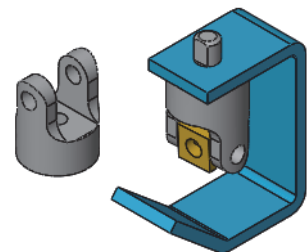
19 Wstaw i obróć.

Kliknąć **Wstaw komponenty** i wybrać część Yoke_female.

Nie należy jeszcze klikać w celu umieszczenia komponentu.

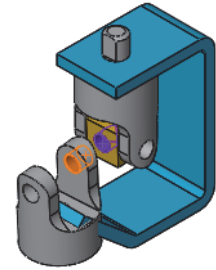
Kliknąć dwukrotnie **Obróć komponent**

względem Z , a następnie kliknąć w celu umieszczenia komponentu.



20 Wiązanie Koncentryczności.

Wybrać ściany cylindryczne, jak na ilustracji, i dodać między nimi wiązanie **Koncentryczne**.

**Używanie okna podglądu komponentu**

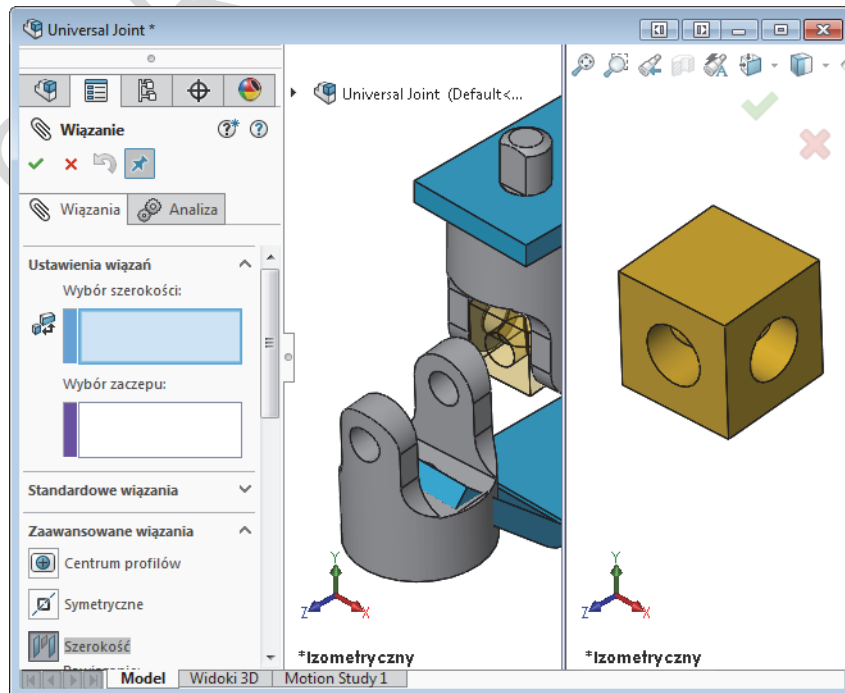
Okno podglądu komponentu to wygodne narzędzie ułatwiające wybór wiązań. W przypadku wyboru komponentu do użycia tworzone jest osobne okienko ekranu dla złozenia i dla komponentu. Każdym okienkiem ekranu można zarządzać poprzez powiększanie, przewijanie i obracanie.

Gdzie to znaleźć

- Menu: kliknąć komponent, po czym kliknąć **Narzędzia, Komponent, Okno podglądu**
- Menu skrótów: kliknąć komponent prawym przyciskiem myszy i wybrać **Komponent, Okno podglądu**

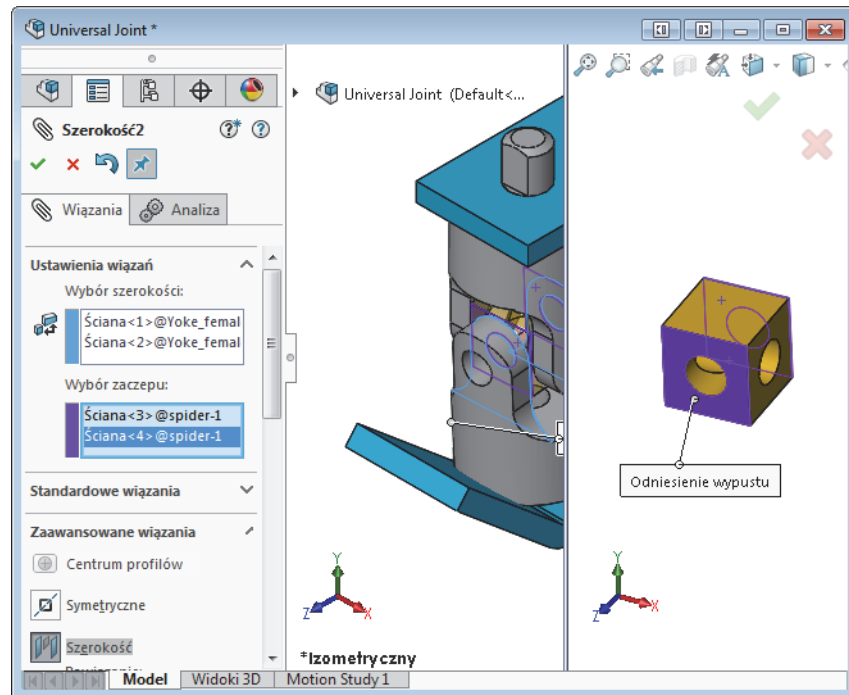
21 Okno podglądu.

Kliknąć komponent spider (krzyżak), a następnie kliknąć **Okno podglądu** . Okno jest dzielone tak, aby zmieściły się w nim zarówno złozenie, jak i komponent spider. Kliknąć **Wiązanie**



22 Wybory.

Kliknąć **Szerokość**. Wybrać pary ścian tworzące szerokość i opcje kart. Użyć narzędzia manipulacji widokiem lub wybrać inne, aby dokonać wyborów. Komponent spider jest wyśrodkowany względem komponentu Yoke_female. Kliknąć **OK**.

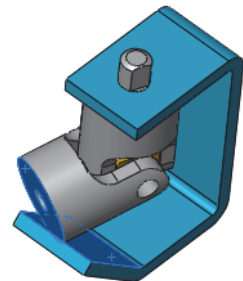


23 Zamknąć okno podglądu.

Kliknąć **Wyjdź z podglądu**.

Potencjalne miejsce przedefiniowania

Ze względu na prześwit pomiędzy komponentami Yoke_female i bracket wiązanie **Wspólne** jest nierozwiązywalne. Przerwa uniemożliwia wspólność.

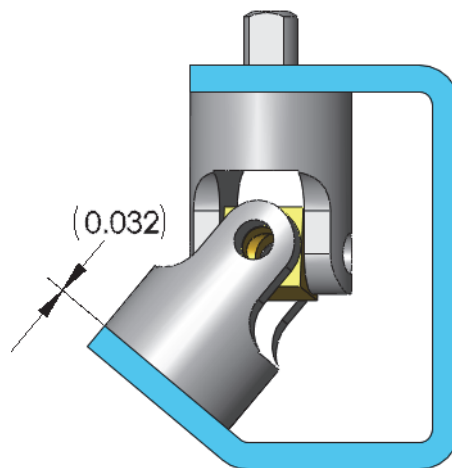
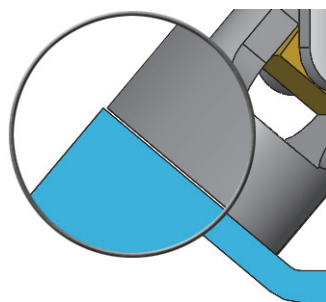


Rozważ usunięcie niektórych wiązań

Wiązanie **Równoległe** ustala wzajemną równoległość wybranych ścian planarnych lub płaszczyzn bez wymuszania kontaktu między nimi.

24 Wiązanie równoległe.

Wybrać ściany komponentów Yoke_female i bracket jak na powyższej ilustracji. Dodać wiązanie **Równoległe**, aby zachować przerwę pomiędzy ścianami. Nacisnąć klawisz **G**, aby użyć szkła powiększającego i obejrzeć przerwę.

**Dynamiczny ruch złożeń**

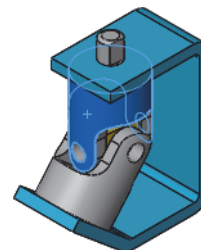
Przeciągnąć niedodefiniowane komponenty, aby wyświetlić ruch dozwolony przez pozostałe stopnie swobody.

Uwaga

Komponenty, które są nieruchome lub w pełni zdefiniowane nie mogą być przeciągane.

25 Przeciąganie komponentów.

Przeciągnąć komponent Yoke_male, aby go obrócić. Połączone wiązaniami komponenty spider i Yoke_female poruszają się wraz z nim.

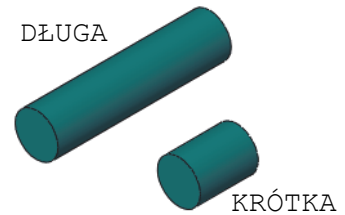
**Wyświetlanie konfiguracji części w złozeniu**

Podczas dodawania części do złozenia, można wybrać, które z jej konfiguracji będą wyświetlane.

Można również przełączać konfiguracje części po jej wstawieniu i ustanowieniu wiązań.

Pin

Część o nazwie pin (kołek) ma dwie konfiguracje: SHORT i LONG. W złożeniu można użyć dowolnej konfiguracji. W tym przypadku dwa wystąpienia wykorzystują konfigurację SHORT, a jedno konfigurację LONG.



Używanie konfiguracji części w złożeniu

W złożeniu można użyć wielu wystąpień tej samej części, a każde wystąpienie może odnosić się do innej konfiguracji. W tym złożeniu wykorzystamy wiele wystąpień części z różnymi konfiguracjami.

Przeciąganie i upuszczenie z otwartego dokumentu

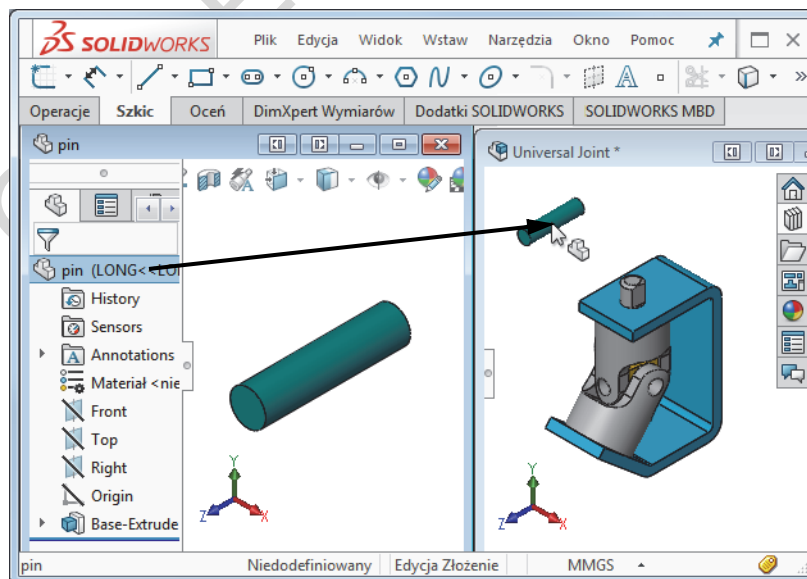
Komponent pin (kołek) zostanie wstawiony do złożenia poprzez przeciągnięcie go z okna otwartego dokumentu.

Uwaga

Jeśli okno komponentu bracket (wspornik) jest wciąż otwarte, należy je zamknąć przed następnym krokiem.

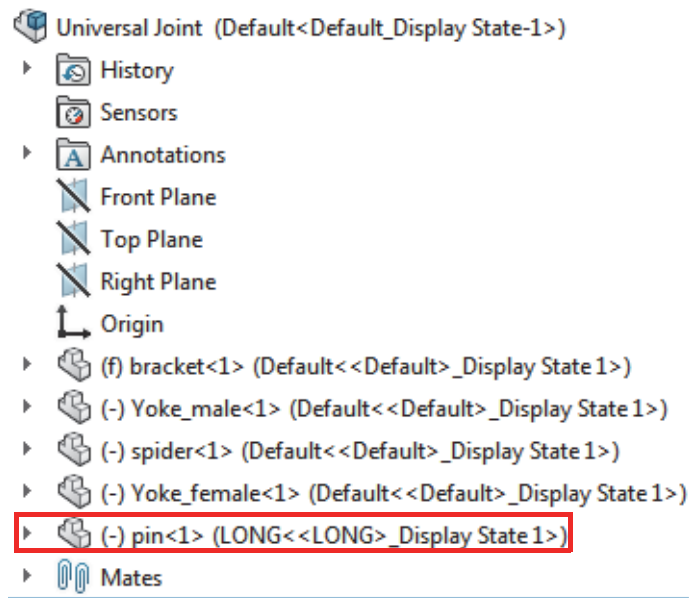
26 Przeciąganie i upuszczanie.

Otworzyć część pin i rozmieścić sąsiadująco okna złożenia i części. Przeciągnąć i upuścić komponent pin do okna złożenia za najwyższy element komponentu (pin (LONG)) z drzewa operacji FeatureManager. Do złożenia zostanie dodane wystąpienie komponentu pin.



Ważne!

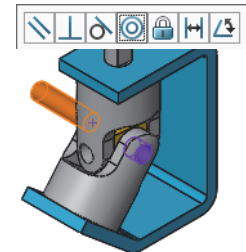
Element **pin** jest komponentem, który ma kilka konfiguracji. Jak w przypadku wszystkich komponentów, w polu nazwy komponentu wyświetli się tylko stosowana konfiguracja (w tym przypadku DŁUGA).

**Uwaga**

Stany wyświetlania są głównie wykorzystywane w złozeniach, jednakże mogą być używane w częściach wieloobiektowych. Więcej informacji na temat stanów wyświetlania zawiera podręcznik szkoleniowy *Modelowanie złożeń*.

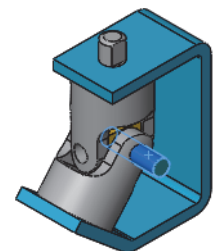
27 Wiązanie Koncentryczności.

Wybrać ściany cylindryczne, jak na ilustracji. Dodać wiązanie **koncentryczne** pomiędzy ścianą cylindryczną w komponencie **Yoke_female** (Jarzmo obejmujące) a komponentem **pin** (kołek), korzystając z podręcznego paska narzędzi.

**Uwaga**

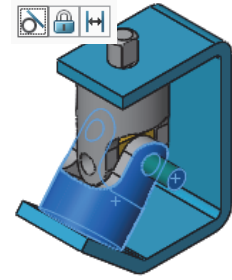
Aby zapobiec obracaniu sworznia, kliknąć opcję **Blokada obrotu**.

Przeciągnąć komponent **pin** przez komponent **Yoke_female**, jak na ilustracji.



28 Wiązanie styczne.

Dodać wiązanie **styczne** pomiędzy planarną ścianą końcową komponentu `pin` a ścianą cylindryczną w komponencie `Yoke_female`, korzystając z podręcznego paska narzędzi.



Drugi kołek

Potrzebne jest kolejne wystąpienie komponentu `pin`. Będzie to wersja krótsza – **SHORT**. Otworzymy komponent `pin`, rozmieścimy sąsiadująco okna części i złożeń oraz wyświetlimy menedżera konfiguracji `ConfigurationManager` części.

Otwieranie komponentu

Jeśli potrzebny jest dostęp do komponentu podczas pracy w złozeniu, można otworzyć go bezpośrednio, bez konieczności korzystania z menu **Plik, Otwórz**. Komponent może być zarówno częścią, jak i podzespołem.

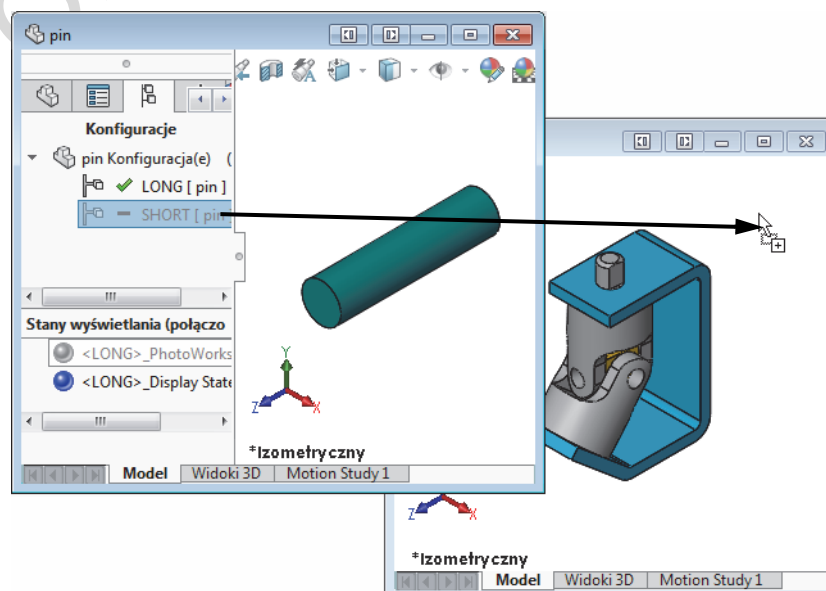
29 Rozmieszczanie okien kaskadowo.

Kliknąć **Okno, Kaskada**, aby zobaczyć jednocześnie okna części i złozenia.

Przełączyć na menedżera konfiguracji `ConfigurationManager` komponentu `pin`.

30 Przeciągnij i upuść konfiguracje.

Przeciągnąć i upuścić konfigurację **KRÓTKA** w oknie graficznym złozenia. Można przeciągać i upuszczać *dowolną* konfigurację z menedżera właściwości `PropertyManager`, nie tylko aktywną.



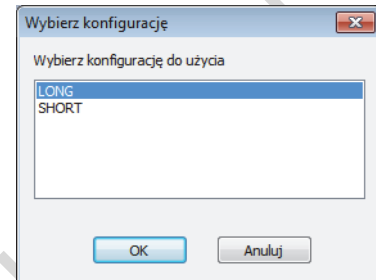
Uwaga

Konfigurację można również wybrać, korzystając z opcji **Wstaw komponent**.

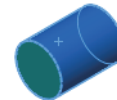
Inne metody wyboru konfiguracji

Istnieje kilka metod wybierania konfiguracji komponentu użytego w złożeniu.

- Ten sam rezultat można osiągnąć, używając narzędzia **Wstaw komponent** i przechodząc do części i odpowiedniej konfiguracji.
- Kiedy korzystasz z Eksploratora, w przypadku części posiadających konfiguracje, podczas ich przeciągania pojawia się okienko informacyjne. Należy wybrać żadaną konfigurację z listy.



- Po dodaniu komponentu kliknąć go i wybrać nazwę konfiguracji z podręcznego paska narzędzi lub we **Właściwościach komponentu** (patrz *Właściwości komponentu* na stronie 205).

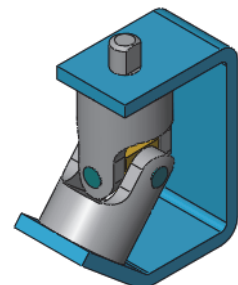
**31 Drugie wystąpienie.**

Dodajmy drugie wystąpienie komponentu pin, tym razem w konfiguracji KRÓTKA. Komponent zostanie dodany, a w drzewie operacji FeatureManager zostanie wyświetlona odpowiednia nazwa konfiguracji.

- ▶ (f) bracket<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▶ (-) Yoke_male<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▶ (-) spider<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▶ (-) Yoke_female<1> (Default<<Default>_Display State 1>)
- ▶ (-) pin<1> (LONG<<LONG>_Display State 1>)
- ▶ (-) pin<2> (SHORT<<SHORT>_Display State 1>)
- ▶ Mates

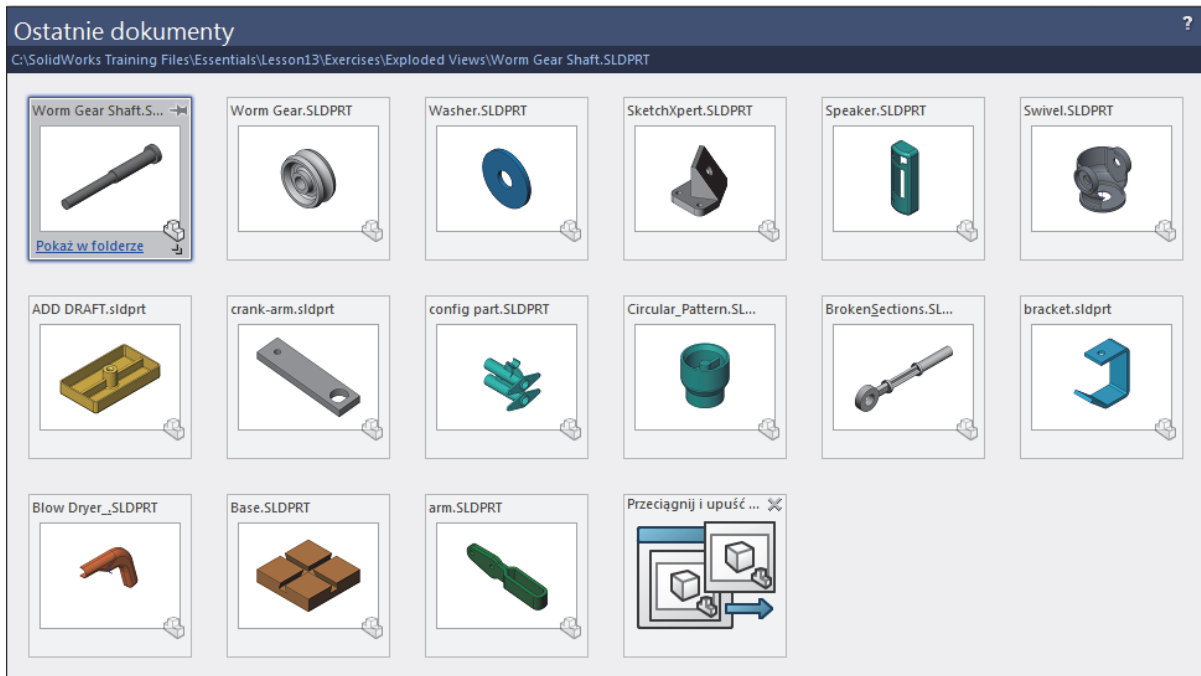
32 Utworzyć wiązanie komponentu.

Dodać wiązania **Koncentryczne** i **Styczne**, aby powiązać drugie wystąpienie komponentu pin.



Ostatnie dokumenty SOLIDWORKS przechowuje listę ostatnio otwieranych dokumentów, którą można wykorzystać do szybkiego uzyskiwania dostępu do dokumentów. Wpisać skrót klawiaturowy **R** i kliknąć dokument, który ma zostać otwarty.


Komponentu pin można użyć w celu zachowania dokumentów na liście ostatnio używanych dokumentów. Łącze **Pokaż w folderze** umożliwia otwarcie folderu, w którym znajduje się dokument.



Gdzie to znaleźć

■ Skrót klawiaturowy: **R**

Porada

Podczas otwierania pliku zawierającego wybór trybu, konfiguracji i stanu wyświetlania kliknąć  w prawym dolnym narożniku obrazu w celu wyświetlenia menu z kilkoma opcjami.

33 Przełączanie dokumentów.

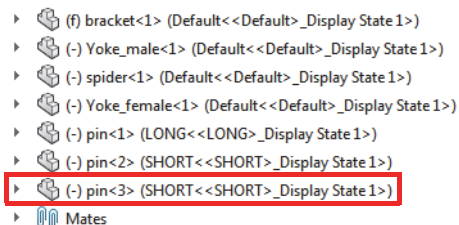
Przełączyć na dokument **pin.SLDPRT**, zamknąć go i zmaksymalizować okno złożeń.

Tworzenie kopii wystąpień

W wielu przypadkach części i podzespoły są wykorzystywane w złożeniu więcej niż jeden raz. Aby utworzyć wiele wystąpień lub kopii komponentów, należy skopiować i wkleić istniejące do złożenia.

34 Przeciąganie kopii.

Utworzyć kolejną kopię komponentu pin (kołek). W tym celu podczas przeciągania wystąpienia o konfiguracji KRÓTKA do obszaru graficznego należy przytrzymać wciśnięty klawisz **Ctrl**. Wynikiem jest kolejne wystąpienie wykorzystujące konfigurację KRÓTKA, ponieważ zostało ono skopiowane z komponentu o tej konfiguracji.

**Porada**


Kopię można przeciągnąć z drzewa operacji FeatureManager lub obszaru graficznego złożenia.

Przezroczystość i ukrywanie komponentu

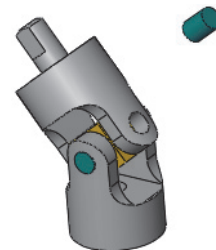
Ukrycie komponentu tymczasowo usuwa jego grafikę, ale pozostawia go aktywnym w złożeniu. Ukryty komponent nadal rezyduje w pamięci, nadal posiada rozwiązane wiązania i nadal jest uwzględniany w takich operacjach, jak obliczenia właściwości masy.




Inną opcją jest zmiana przezroczystości komponentu. Pozwala to dokonywać wyboru komponentów znajdujących się za danym komponentem.

**Wprowadzenie:
Ukryj komponent
Pokaż komponent**

Narzędzie **Ukryj komponent** wyłącza wyświetlanie komponentu, co ułatwia obejrzenie innych części złożenia. Gdy komponent jest ukryty, jego ikona w drzewie operacji FeatureManager przybiera formę zarysu, na przykład:  (f) bracket<1>.

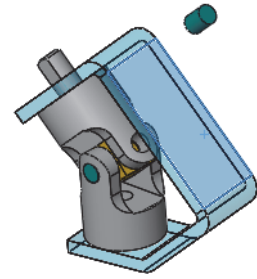
Narzędzie **Pokaż komponent** włącza ponownie wyświetlanie komponentu.

**Gdzie to znaleźć**

- Menu skrótów: kliknąć komponent prawym przyciskiem myszy i wybrać **Ukryj komponenty**  lub **Pokaż komponenty** 
- Okienko wyświetlania: **Ukryj/Pokaż**  w wierszu komponentów
- Skrót klawiaturowy. Aby ukryć komponent, przenieść wskaźnik nad komponent i nacisnąć klawisz **Tab**. Aby wyświetlić komponent, przenieść wskaźnik nad ukryty komponent i nacisnąć klawisze **Shift + Tab**.

**Wprowadzenie:
narzędzie Zmień
przezroczystość**

Narzędzie **Zmień przezroczystość** umożliwia ustawienie przezroczystości komponentu na **0%** lub **75%**. Wybory dokonywane są przez przezroczysty komponent, chyba że podczas wybierania jest wciśnięty klawisz **Shift**. Ikona w drzewie operacji FeatureManager nie zmienia się, gdy komponent jest przezroczysty.

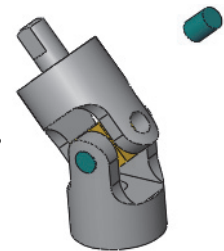


Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć komponent prawym przyciskiem myszy i wybrać **Zmień przezroczystość**
- Okienko wyświetlania: **Przezroczystość** w wierszu komponentów

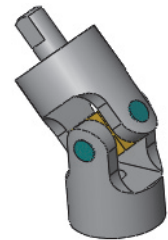
35 Ukryć komponent bracket (wspornik).

Zmienić orientację widoku z domyślnej Izometrycznej, naciskając raz klawisze **Shift+lewa strzałka**. Kliknąć komponent bracket, a następnie kliknąć **Ukryj komponent** .



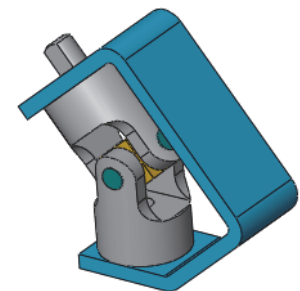
36 Kończenie tworzenia wiązań.

Dokończyć tworzenie wiązań dla komponentu poprzez dodania wiązania **Koncentrycznego** i **Stycznego**, używając narzędzia **Wstaw wiązanie**.



37 Pokazywanie komponentu.

Wybrać ponownie komponent bracket i kliknąć **Pokaż komponent** , aby włączyć z powrotem jego wyświetlanie.

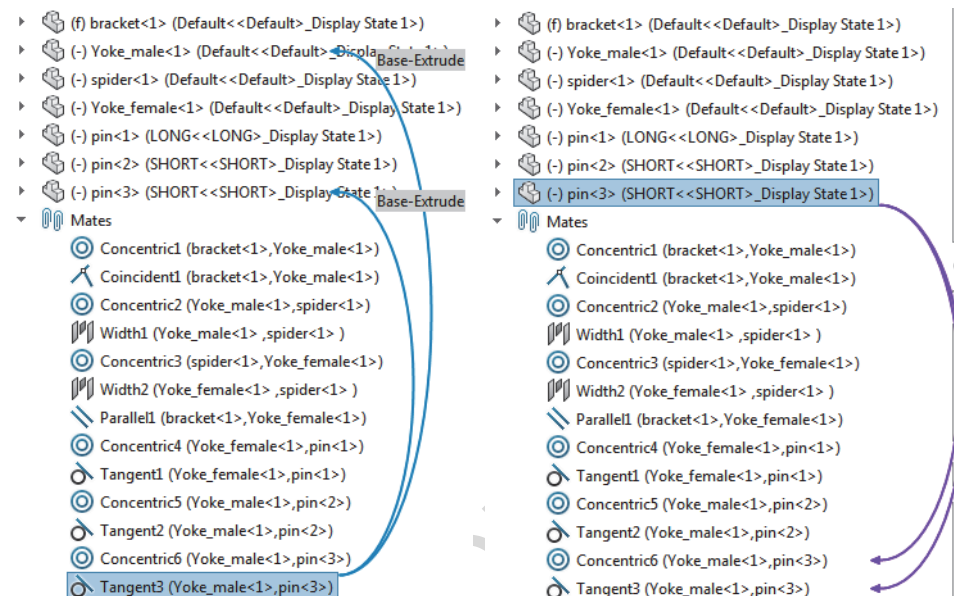


38 Powrócić do poprzedniego widoku.

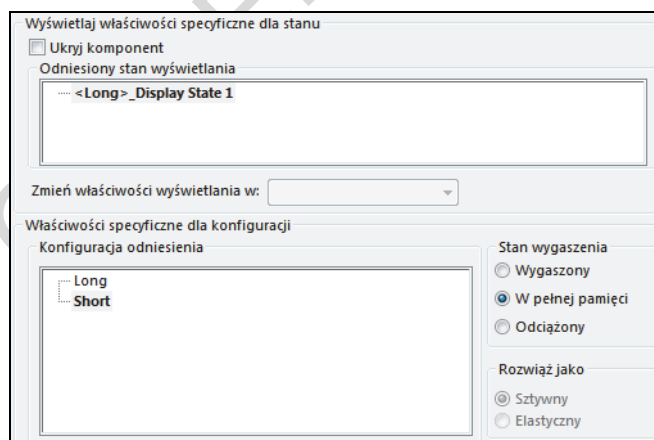
Poprzednie widoki można przywrócić, klikając przycisk **Poprzedni widok** na pasku narzędzi Wyświetlacz przezroczysty. Każde naciśnięcie przycisku cofa wyświetlany widok na liście wyświetlania, bez względu na to, czy stan widoku został zapisany, czy nie. Kliknąć raz, aby powrócić do poprzedniego widoku Izometrycznego.

39 Odniesienia wizualne.

Dynamicznej wizualizacji odniesienia można używać przy pracy ze złożeniami do wizualnego określania komponentów z wiązania i wiązań z komponentu.

**Właściwości komponentu**

Okno dialogowe **Właściwości komponentu** kontroluje szereg aspektów wystąpienia komponentu.



- **Ścieżka dokumentu modelu**

Wyświetla ścieżkę pliku wykorzystywanego przez wystąpienie. Aby zastąpić plik, do którego odnosi się dane wystąpienie, innym plikiem, należy użyć menu **Plik, Zastąp**.

- **Wyświetlaj właściwości specyficzne dla stanu**

Ukrywa bądź pokazuje komponent. Pozwala również na wybranie stanu wyświetlania według nazwy.

- **Stan wygaszenia**

Wygasza, przywraca do pełnej pamięci lub ustawia stan odciążony komponentu.


- **Rozwiąż jako**

Ustawia podzespół jako sztywny lub elastyczny. Pozwala to funkcji dynamicznego ruchu złożeń na rozwiązywanie ruchu na poziomie podzespołu.


- **Konfiguracja odniesienia**

Określa, która konfiguracja komponentu jest używana.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć komponent prawym przyciskiem myszy i wybrać **Właściwości komponentu** 

40 Właściwości komponentu.

Kliknąć komponent pin<3> (kołek<3>) prawym przyciskiem myszy i wybrać **Właściwości komponentu** . Opcja **Konfiguracja odniesienia** jest ustawiona na KRÓTKA. To okno dialogowe może być wykorzystane do zmiany konfiguracji, wygaszenia lub ukrycia wystąpienia. Kliknąć **Anuluj**.


Podzespół

Zostanie utworzone nowe złożenie dla komponentów korby. Będzie ono użyte jako podzespół.

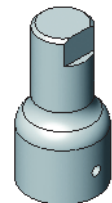
Istniejące złożenia można wstawiać także do bieżącego złożeń za pomocą technik przedstawionych dla części. Gdy plik złożeń jest dodawany do istniejącego złożeń, nazywany jest on podzespołem. Jednak dla oprogramowania SOLIDWORKS nadal jest on złożeniem (czyli plikiem *.sldasm).

Podzespół i wszystkie jego części komponentów są dodawane do drzewa operacji FeatureManager. Podzespół może być związany ze złożeniem za pośrednictwem jednej z jego części komponentów lub jego płaszczyzn. Podzespół jest traktowany jako pojedynczy komponent bez względu na to, ile komponentów sam zawiera.

1 Nowe złożenie.

Utworzyć nowe złożenie, korzystając z szablonu Assembly_MM. Kliknąć **Zachowaj jako widoczne**  w Menedżerze właściwości PropertyManager **Wstaw komponent** i dodać komponent crank-shaft (wał korbowy). Umieścić go w początku układu współrzędnych złożeń.

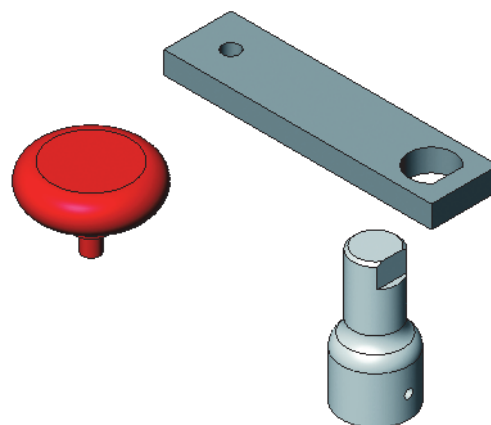
Jest on **Nieruchomy**.



2 Dodaj komponenty.

Wykorzystując to samo okno dialogowe, dodać komponenty crank-arm (ramię korby) i crank-knob (gałka korby).

Zamknąć okno dialogowe.



Inteligentne wiązania Smart Mate


Wiązania mogą być dodawane pomiędzy komponentami podczas ich przeciągania i upuszczania. Ta metoda, określana jako inteligentne wiązania **Smart Mate**, wykorzystuje klawisz **Alt** w połączeniu ze standardowymi technikami przeciągania i upuszczania.

Wiązania te wykorzystują taki sam podręczny pasek narzędzi **Wiązanie** jak ten używany przez narzędzie **Wiązanie** do określania typu i innych atrybutów. Tą metodą można tworzyć wiele typów wiązań.

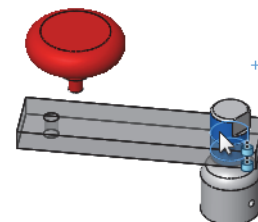
Pewne techniki generują wiele wiązań i nie wykorzystują paska narzędzi. Wymagają one użycia klawisza **Tab** do przełączania wyrównywania wiązania.

3 Inteligentne wiązanie koncentryczne Smart Mate.

Postępując według poniższych kroków, dodać wiązanie **Koncentryczne**, wykorzystując metodę inteligentnych wiązań **Smart Mate**:

1. Nacisnąć i przytrzymać klawisz **Alt**.
2. Kliknąć i przytrzymać okrągłą ścianę komponentu crank-arm (ramię korby).
3. Przenieść komponent nad ścianę kołową komponentu crank-shaft (wał korbowy).
4. Upuścić komponent, gdy pojawi się etykieta narzędzia , sygnalizująca wiązanie koncentryczne.
5. Potwierdzić typ **Koncentryczne** na podręcznym pasku narzędzi **Wiązanie**.


Wiązanie **Koncentryczne** zostanie dodane pomiędzy komponentami crank-arm i crank-shaft.

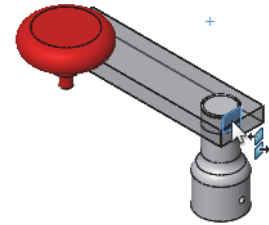


Porada

Klawisz **Alt** można nacisnąć przed lub po wybraniu ściany do wiązania.


4 Inteligentne wiązanie równoległe Smart Mate.

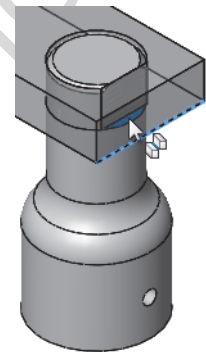
Przy użyciu przeciągania obrócić komponent crank-arm dookoła tak, aby móc wybrać spłaszczenie wycięcia w kształcie „D”. Wybrać spłaszczenie, nacisnąć klawisz **Alt** i **przeciągnąć** je na spłaszczenie w komponencie crank-shaft. Upuścić komponent, gdy pojawi się symbol  sygnalizujący wiązanie **Wspólne** pomiędzy ścianami planarnymi.



Użyć podręcznego paska narzędzi **Wiązanie**, aby *przełączyć* na wiązanie **Równoległe**.

5 Wspólne.

Wybrać *krawędź* komponentu crank-arm i **przeciągnąć ją, przytrzymując klawisz Alt** do spłaszczenia w komponencie crank-shaft. Upuścić komponent, gdy pojawi się symbol  sygnalizujący wiązanie **Wspólne** pomiędzy krawędzią i ścianą planarną. Użyć podręcznego paska narzędzi **Wiązanie**, aby potwierdzić wiązanie **Wspólne**.




6 „Kolek-otwór”.

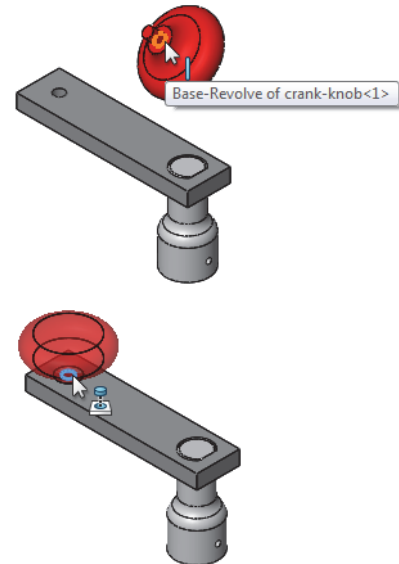
Obrócić komponent crank-knob za pomocą **Przenieś triadą** (*Triada* na stronie 183).

Opcja „Kolek-otwór” to szczególny przypadek inteligentnego wiązania **Smart Mate**. Tworzy ona dwa wiązania za pomocą jednego przeciągnięcia i upuszczenia. Operacja jest łatwiejsza po obróceniu komponentu crank-knob (gałka korby).

Wybrać krawędź kołową w komponencie crank-knob. Nacisnąć klawisz **Alt** i przeciągnąć tę krawędź do krawędzi kołowej w górnej części komponentu crank-arm.

Zwolnić klawisz **Alt**, gdy pojawi się symbol  sygnalizujący, że zostaną dodane obydwa wiązania: **Wspólne** i **Koncentryczne**.

Nacisnąć klawisz **Tab**, aby odwrócić wyrównanie. Upuścić komponent.



7 Zapisywanie.

Nadać złozeniu nazwę crank sub. Pozostawić złozenie otwarte.

Wstawianie podzespołów

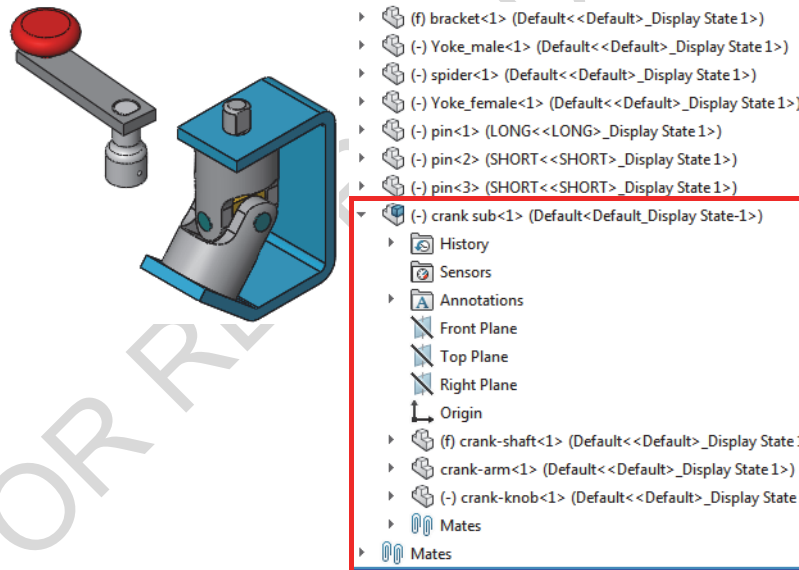
Podzespoły są istniejącymi złoženiami, które są dodawane do aktywnego złożenia. Każdy komponent podzespołu funkcjonuje jako pojedynczy komponent.

8 Wybrać podzespół.

Przełączyć na główne złozenie. W przypadku korzystania z narzędzia **Wstaw komponent** okno dialogowe jest ustawione tak, aby wyświetlać wszystkie otwarte części i złozenia w części **Otwarte dokumenty**. Komponent crank sub (podzespół korby) jest wyszczególniony i wybrany.

9 Umieszczanie podzespołu.

Umieścić podzespół w pobliżu górnej części komponentu Yoke_male (Jarzmo obejmowane). Rozwinięcie ikony podzespołu ukazuje wszystkie zawarte w nim części komponentów, włączając w to jego własną grupę wiązań.

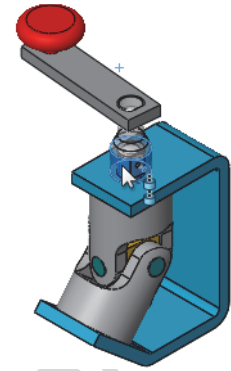


Wiązanie podzespołów

Podzespoły podlegają tym samym zasadom tworzenia wiązań, jak części. Są one traktowane jak komponenty i mogą być wiązane przy użyciu narzędzia **Wiązanie**, metody **Alt+przeciągnij** bądź przy użyciu metod omawianych wcześniej.

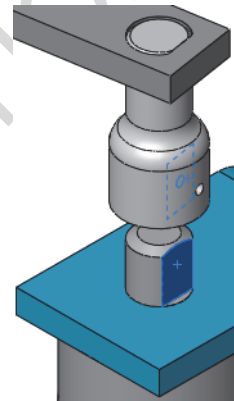
10 Inteligentne wiązanie koncentryczne Smart Mate.

Dodać wiązanie **Koncentryczne**, używając metody **Alt+przeciągnij**, pomiędzy cylindrycznymi powierzchniami słupka w górnej części komponentów Yoke_male i crank-shaft.



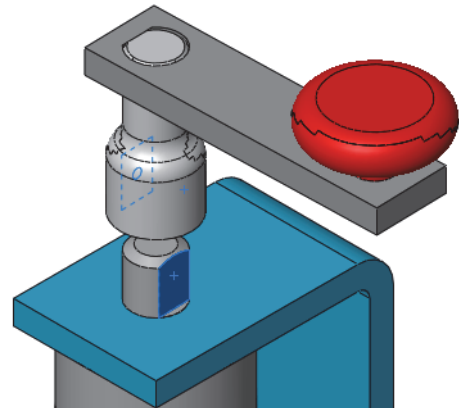
11 Wiązanie równoległe.

Utworzyć **wiązanie** pomiędzy płaską ścianą komponentu Yoke_male i spłaszczeniem w operacji D-hole w komponencie crank-shaft, używając wiązania **równoległego**.



12 Wyrównanie.

Kliknąć przycisk **Odwróć wyrównanie wiązania**, aby przetestować **Anty-wyrównane** (powyżej) i **Wyrównane** (z prawej). Dla tego wiązania wykorzystać warunek anty-wyrównania.



Pytanie: Dlaczego tutaj nie użyto wiązania **Wspólnego**?

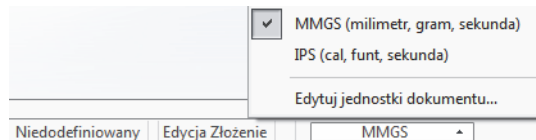
Odpowiedz: Ponieważ jeżeli wymiary spłaszczeń i średnic wału i odpowiedniego otworu nie są prawidłowe, wspólne wiązanie spowodowałoby przedefiniowanie złożeń.

**Wiązanie
odległości**

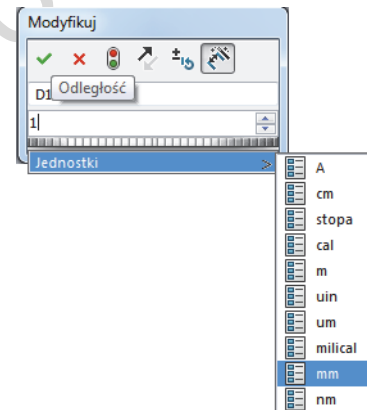
Wiązania **Odległości** pozwalają na zachowanie przerw pomiędzy komponentami. Można je traktować jak wiązania równoległe z odległością odsunięcia. Zwykle istnieje więcej niż jedno rozwiązanie, dlatego opcje **Odwróć wyrównanie wiązania** i **Odwróć wymiar** są używane do określenia sposobu pomiaru odległości i strony, po której się ona znajduje.

**Układ jednostek
miar**

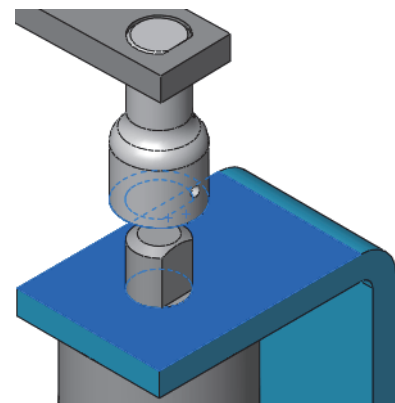
Opcja **Układ jednostek miar** umożliwia określenie wartości w dokumencie oraz jednostek masy do obliczeń właściwości. Układ jednostek miar można skonfigurować przy użyciu menu **Narzędzia, Opcje, Właściwości dokumentu, Jednostki**. Można to również zrobić, klikając **Układ jednostek miar** na pasku stanu.




Alternatywnie można wprowadzić wymiary w układzie jednostek miar innym niż obowiązujący w dokumencie. W polach wartości wymiaru można wpisać skrót jednostki lub wybrać jednostki z listy rozwijanej.

**13 Wybrać ściany.**

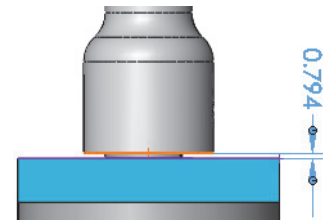
Wybrać górną ścianę komponentu bracket i dolną ścianę komponentu crank-shaft, aby utworzyć wiązanie.

**14 Dodawanie wiązania odległości.**

Określić odległość w jednostkach innych niż jednostki dokumentu. Wpisać **1/32 cala**. Jeśli komponent crank-shaft wnika w komponent bracket, kliknąć przycisk **Odwróć wymiar** . Kliknąć **OK**, aby utworzyć wiązanie.

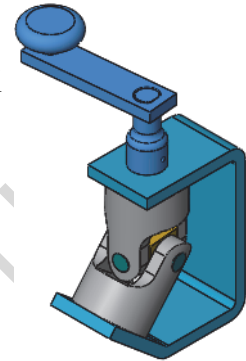
Porada

Podwójne kliknięcie wiązania **Odległość** lub **Kąt** w drzewie operacji FeatureManager spowoduje wyświetlenie danego wiązania na ekranie. Wartość jest wyświetlana w jednostkach złożeń, w tym przypadku w milimetrach.



15 Zaznacz podzespół crank sub w drzewie operacji.

Wybrać podzespół crank sub w drzewie operacji FeatureManager. Wszystkie komponenty w podzespole zostaną wybrane i podświetlone.

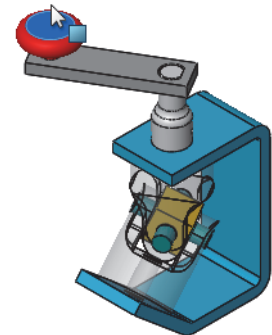


Porada

W oknie graficznym kliknąć prawym przyciskiem myszy komponent podzespołu, po czym kliknąć **Wybierz podzespół**.

16 Dynamiczny ruch złożeń.


Użyć narzędzia **Zmień przezroczystość** w odniesieniu do jarzm. Przeciągnąć komponent crank-arm, aby zobaczyć ruch komponentu spider.



Użyj tylko dla ustawienia pozycji

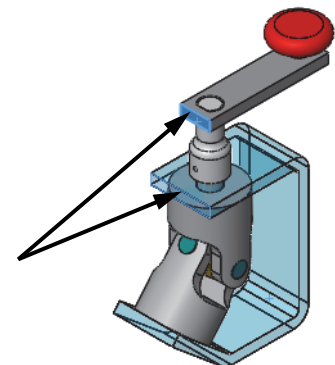
Opcja wiązania **Użyj tylko dla ustawienia pozycji** może zostać wykorzystana do pozycjonowania geometrii bez dodawania ograniczeń wiązania. Jest to metoda przydatna podczas konfigurowania widoku rysunku.

17 Wiązanie.

Kliknąć **Wiązanie**  i kliknąć **Użyj tylko dla ustawienia pozycji**. Wybrać pokazane ściany planarne i wiązanie **Równoległe**. Kliknąć **OK**.

Geometria zostanie ustawiona tak, jak w przypadku wiązania równoległego, lecz żadne wiązanie nie jest dodawane.

Zapisać złożeń.



Plik przenośny

Narzędzie **Plik przenośny** służy do zbierania i kopiowania wszystkich plików wykorzystywanych przez złożenie do pojedynczego folderu lub pliku zip. Jest to szczególnie użyteczne, gdy całe złożenie musi zostać wysłane do innego użytkownika, a pliki są przechowywane w wielu różnych folderach.

Uwaga

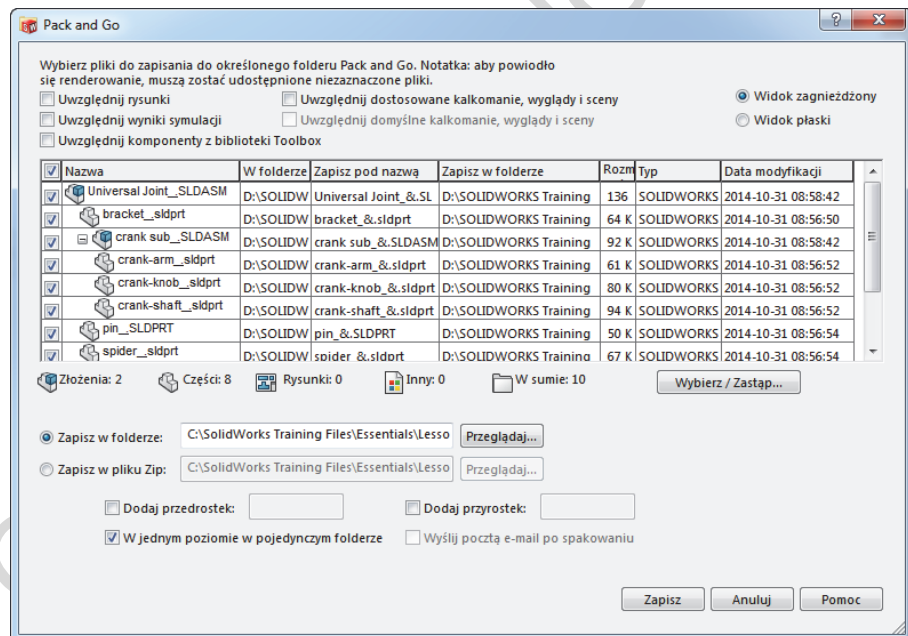
Można również zbierać i kopiować rysunki, komponenty Toolbox oraz wyniki Simulation.

Gdzie to znaleźć

■ Menu: **Plik, Plik przenośny**

18 Plik przenośny.

Kliknąć **Plik przenośny** i wybrać **Zapisz w pliku Zip**, używając nazwy domyślnej i opcji **W jednym poziomie w pojedynczym folderze**.



Kliknąć **Zapisz**.

19 Zapisać i zamknąć wszystkie pliki.

Ćwiczenie 12: Wiązania

Utworzyć to złożenie, dodając komponenty do nowego złożenia i używając wiązań.

To laboratorium wykorzystuje następujące umiejętności:

- *Tworzenie nowego złożenia* na stronie 176.
- *Dodawanie komponentów* na stronie 181.
- *Wiązanie komponentów* na stronie 184.

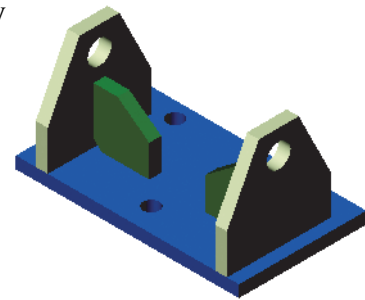
Jednostki: **milimetry**

Procedura

Utworzyć nowe złożenie. Wszystkie części komponentu można znaleźć w folderze Lesson06\Exercises\Mates.

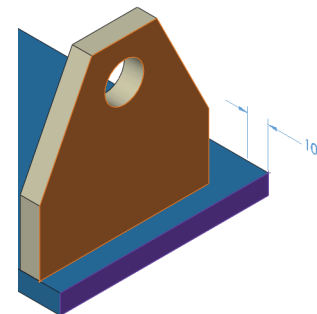
1 Dodać komponent RectBase.

Utworzyć nowe złożenie z wykorzystaniem części RectBase jako komponentu podstawowego. Należy ją zamocować w początku złożenia.



2 Dodać komponent EndConnect.

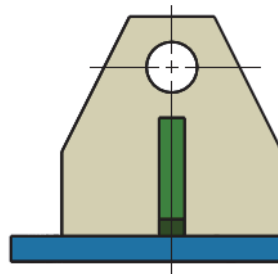
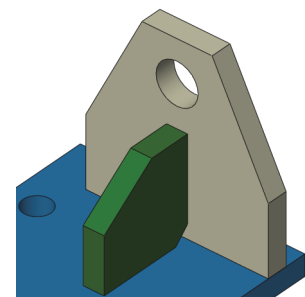
Dodać do złożenia wystąpienie komponentu EndConnect. Utworzyć **wiązania** z RectBase, używając odległości **10 mm** i dwóch wiązań wspólnych, jak pokazano na ilustracji.



3 Dodać komponent Brace (Wspornik).

Dodać do złożenia wystąpienie komponentu Brace. Utworzyć **Wiązania** z RectBase, używając wiązań wspólnych, jak pokazano na ilustracji.

Komponent Brace jest wyśrodkowany na otworze w komponencie EndConnect.

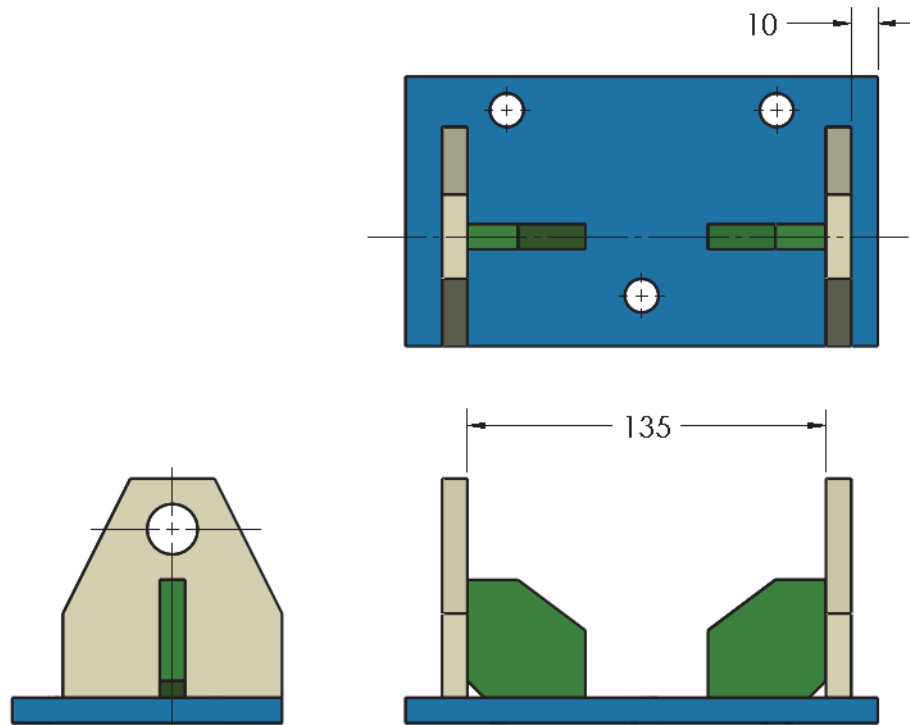


Porada

Do wyśrodkowania komponentów można użyć wiązań wspólnych albo wiązań Szerokość.

4 Dodatkowe komponenty.

Dodać więcej wystąpień komponentów Brace i EndConnect, umieszczając je tak jak na ilustracji.

**5 Zapisać i zamknąć wszystkie pliki.**

Ćwiczenie 13: Młynek

Zmontujmy ukazane urządzenie, postępując według podanych instrukcji.

To laboratorium wykorzystuje następujące umiejętności:

- *Tworzenie nowego złożenia na stronie 176.*
- *Dodawanie komponentów na stronie 181.*
- *Wiązanie komponentów na stronie 184.*
- *Dynamiczny ruch złożenia na stronie 197.*
- *Inteligentne wiązania Smart Mate na stronie 207.*



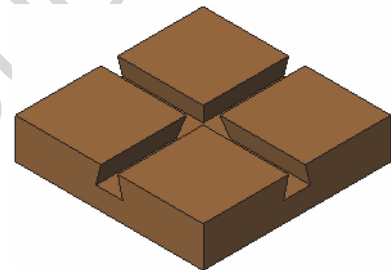
Jednostki: **milimetry**

Procedura

Utworzyć nowe złożenie. Wszystkie części komponentu można znaleźć w folderze Lesson06\Exercises\Grinder Assy.

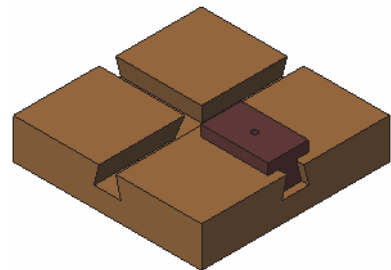
1 Dodać komponent **Base (Baza)**.

Utworzyć nowe złożenie z wykorzystaniem części Base jako komponentu podstawowego. Należy ją zamocować w początku złożenia.



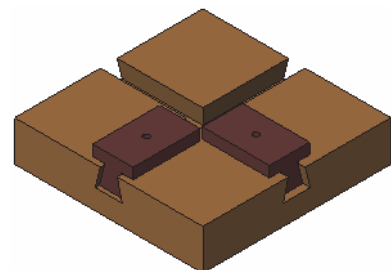
2 Dodać komponent **Slider (Suwak)**.

Dodać komponent **Slider** do złożenia. Utworzyć **Wiązania** pomiędzy nim a jedną ze szczelin trapezowych. Wymagane jest wiązanie szerokości i wspólne.



3 Dodać drugą kopię komponentu **Slider**.

Utworzyć **Wiązania** pomiędzy nim a drugą szczeliną trapezową. Obydwa komponenty **Slider** powinny mieć możliwość swobodnego ruchu wzdłuż swoich szczelin.

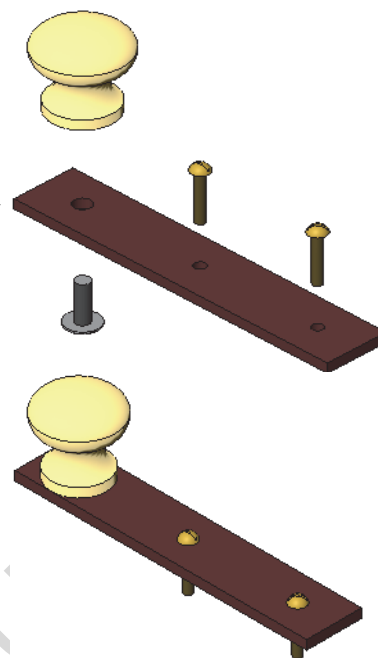


4 Złożenie Crank (Korba).

Otworzyć nowe złożenie, korzystając z szablonu Assembly_MM. Zbudować złożenie Crank, jak pokazano na ilustracji po prawej stronie. Warto użyć wiązań SmartMate „kołek-otwór”, aby w jednym kroku dodać wiązania wspólne i koncentryczne. Komponent Crank zostanie pokazany zarówno w stanie rozstrzelonym, jak i zwiniętym.

Na złożenie Crank składają się:

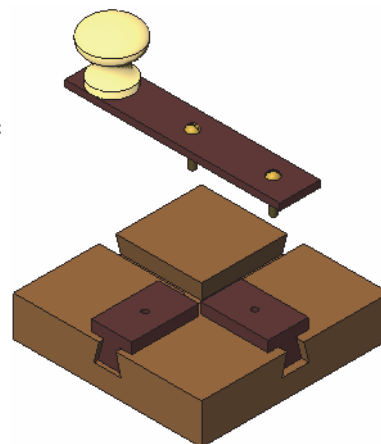
- Handle (Dźwignia) (1)
- Knob (Gałka) (1)
- Truss Head Screw (Wkręt z łbem grzybkowym) (1)
konfiguracja [#8-32 (.5" długa)]
- RH Machine Screw (Wkręt prawy do części metalowych) (2)
konfiguracja [#4-40 (.625" long)]

**Uwaga**

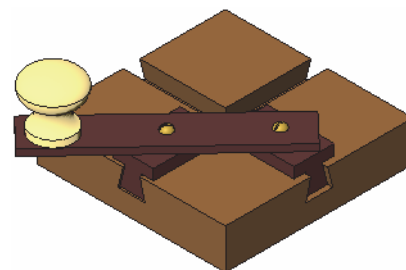
Obydwa wkręty do części metalowych zawierają wiele konfiguracji. Należy upewnić się, że użyto prawidłowych konfiguracji.

5 Wstawić złożenie Crank do złożenia głównego.

Rozmieścić sąsiadująco lub kaskadowo oba okna złoża, a następnie przeciągnąć podzespół i upuścić go w złożeniu głównym.

**6 Utworzyć wiązania złożenia Crank z komponentami Slider.**

Dwa wkręty RH Machine Screw trafiają do otworów w komponentach Slider. Dolna powierzchnia dźwigni Handle powiązana jest z górną ścianą jednego z komponentów Slider.



7 Obrócić złożenie Crank.

Ruch gałki Knob odbywa się po torze eliptycznym. Ruch każdego z komponentów Slider odbywa się po osi długiej i krótkiej tej elipsy.

8 Zapisać i zamknąć wszystkie pliki.

NOT FOR REPRODUCTION

Ćwiczenie 14: Używanie ukrywania i pokazywania komponentu

Utworzyć to złożenie, wykorzystując tylko wiązania.

To laboratorium wykorzystuje następujące umiejętności:

- *Tworzenie nowego złożenia* na stronie 176.
- *Dodawanie komponentów* na stronie 181.
- *Wiązanie komponentów* na stronie 184.
- *Przezroczystość i ukrywanie komponentu* na stronie 203.
- *Inteligentne wiązania Smart Mate* na stronie 207.

Jednostki: **milimetry**

Procedura

Utworzyć nowe złożenie. Wszystkie części komponentu można znaleźć w folderze Lesson06\Exercises\Gearbox Assy.

1 Tworzenie złożenia.

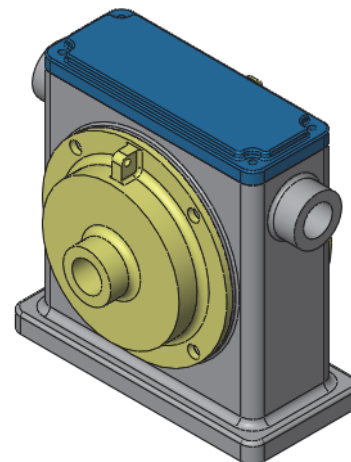
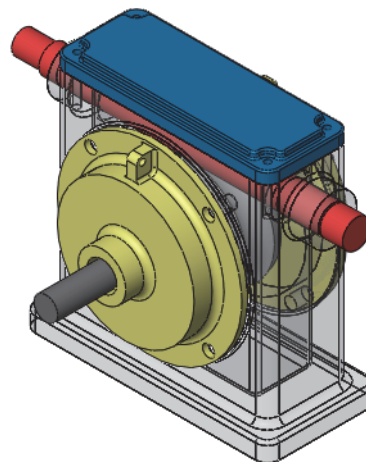
Otworzyć komponent Housing (Oprawa). Użyć narzędzia **Utwórz złożenie z części/złożenia**, aby utworzyć nowe złożenie, korzystając z szablonu Assembly_MM. Należy ją zamocować w początku złożenia.

2 Dodawanie komponentów.

Przeciągnąć lub wstawić pozostałe części komponentów do złożenia.

3 Wiązania.

Powiązać komponenty Cover Plate i obydwie komponenty Cover_Pl&Lug z komponentem Housing, jak pokazano na ilustracji.

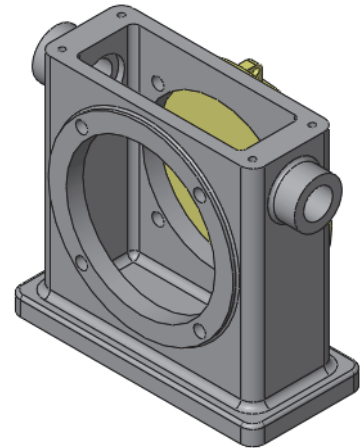


4 Ukrycie.

Ukryć komponent Cover Plate i jeden z komponentów Cover_Pl&Lug, jak pokazano na ilustracji.

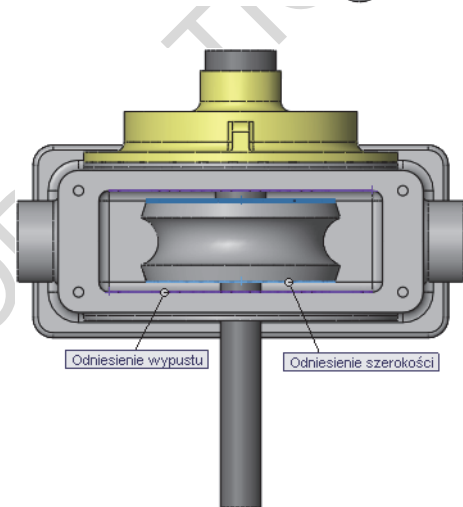
5 Dodawanie kolejnych komponentów.

Dodać komponenty Worm Gear Shaft (Wałek przekładni ślimakowej) oraz Worm Gear (Przekładnia ślimakowa), jak pokazano na ilustracji.



Porada

Powiązać komponenty Worm Gear i Housing przy użyciu wiązania **Szerokości**.



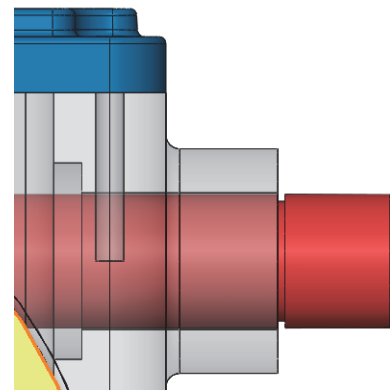
6 Szczegół.

Pokazać ukryte komponenty. Użyć narzędzia **Zmień przezroczystość**, aby zmienić wygląd komponentu Housing.

Dodać komponent Offset Shaft i powiązać go.

Porada

Po prawej stronie pojawi się szczegół wiązania komponentu Offset Shaft i Housing.



7 Zapisać i zamknąć wszystkie pliki.

Lekcja 7

Liniowa analiza statyczna

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Poruszać się po interfejsie programu SOLIDWORKS Simulation.
- Wykonać liniową analizę statyczną przy użyciu elementów bryłowych.
- Wyjaśnić wpływ gęstości siatki na wyniki przemieszczeń i naprężeń.
- Prezentować wyniki analizy FEA różnymi metodami.
- Zarządzać plikami wyników programu SOLIDWORKS Simulation.
- Korzystać z dostępnych zasobów pomocy i wsparcia.

Proces analizy

Proces analizowania modeli składa się z tych samych podstawowych kroków niezależnie od rodzaju analizy czy modelu. Trzeba dokładnie zrozumieć te kroki, aby analiza odbyła się prawidłowo.

Etapy procedury

Na poniższej liście przedstawiono niektóre kluczowe etapy procesu analizy modelu.

- **Utworzenie badania**
Każda analiza wykonywana na modelu jest badaniem. W każdym modelu może istnieć wiele badań.
- **Zastosowanie materiału**
Do modelu stosujemy różne właściwości materiałów, takie jak granica plastyczności.
- **Zastosowanie umocowań**
Dodajemy umocowania w celu odzwierciedlenia sposobu, w jaki fizyczny model jest unieruchamiany.
- **Zastosowanie obciążeń**
Obciążenia reprezentują siły działające na model.
- **Wygenerowanie siatki modelu**
Model jest dzielony na elementy skończone.
- **Wykonanie badania**
Solver oblicza przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia w modelu.
- **Analiza wyników**
Wyniki są interpretowane.

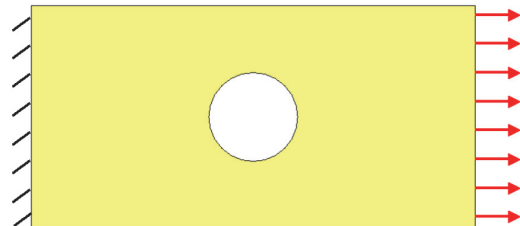
Analiza przypadku: naprężenia w płycie

W tym pierwszym studium przypadku wyznaczmy naprężenie w prostokątnej płycie z otworem pod przyłożonym obciążeniem rozciągającym. Ten prosty model posłuży nam do zaznajomienia się ze wszystkimi krokami i większością funkcji oprogramowania używanych zazwyczaj w statycznej analizie modeli bryłowych.

Pomimo tej prostoty jest to najprawdopodobniej najważniejsza lekcja w tym kursie. Omawiamy w niej wszystkie niezbędne kroki. Po zakończeniu lekcji będzie trzeba samodzielnie przetestować inne funkcje oprogramowania i inne założenia modelowania, takie jak różne właściwości materiałów, obciążenia, umocowania itd.

Opis projektu

Prostokątna płyta z otworem jest zamocowana ścianą z krótką krawędzią. Wzdłuż ściany na drugim końcu oddziałuje równomiernie siła 110 000 niutonów.



Naszym celem, poza opanowaniem funkcji programu SOLIDWORKS Simulation, jest zbadanie wpływu różnych gęstości siatki na wyniki. Operując terminologią FEA, celem jest zbadanie wpływu różnych ustawień dyskretyzacji na interesujące nas dane, w tym przypadku na deformację i naprężenie. Dlatego wykonamy analizy przy użyciu siatek o różnej wielkości elementów. Pozwoli nam to też lepiej przyjrzeć się sposobowi działania metody FEA.

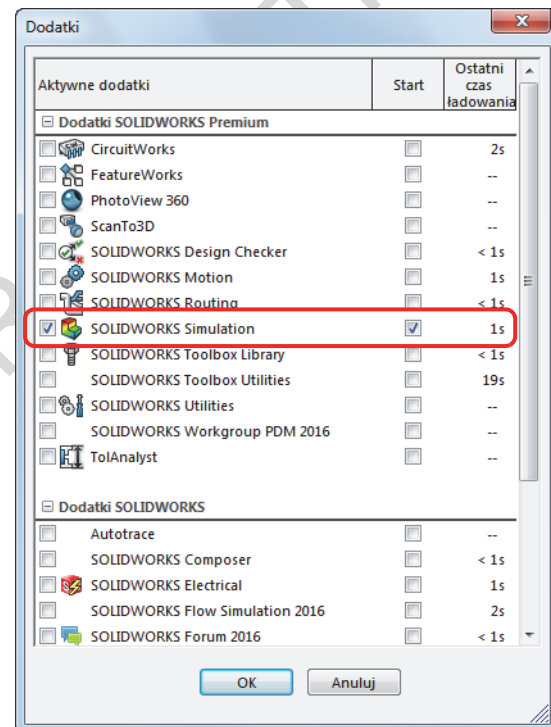
1 Otworzyć plik z częścią.

W folderze Lesson07\Case Studies otworzyć studium rectangular hollow plate. Przejrzeć wymiary modelu oraz spisać długość, szerokość i grubość części w milimetrach.

2 Uruchomić program SOLIDWORKS Simulation.

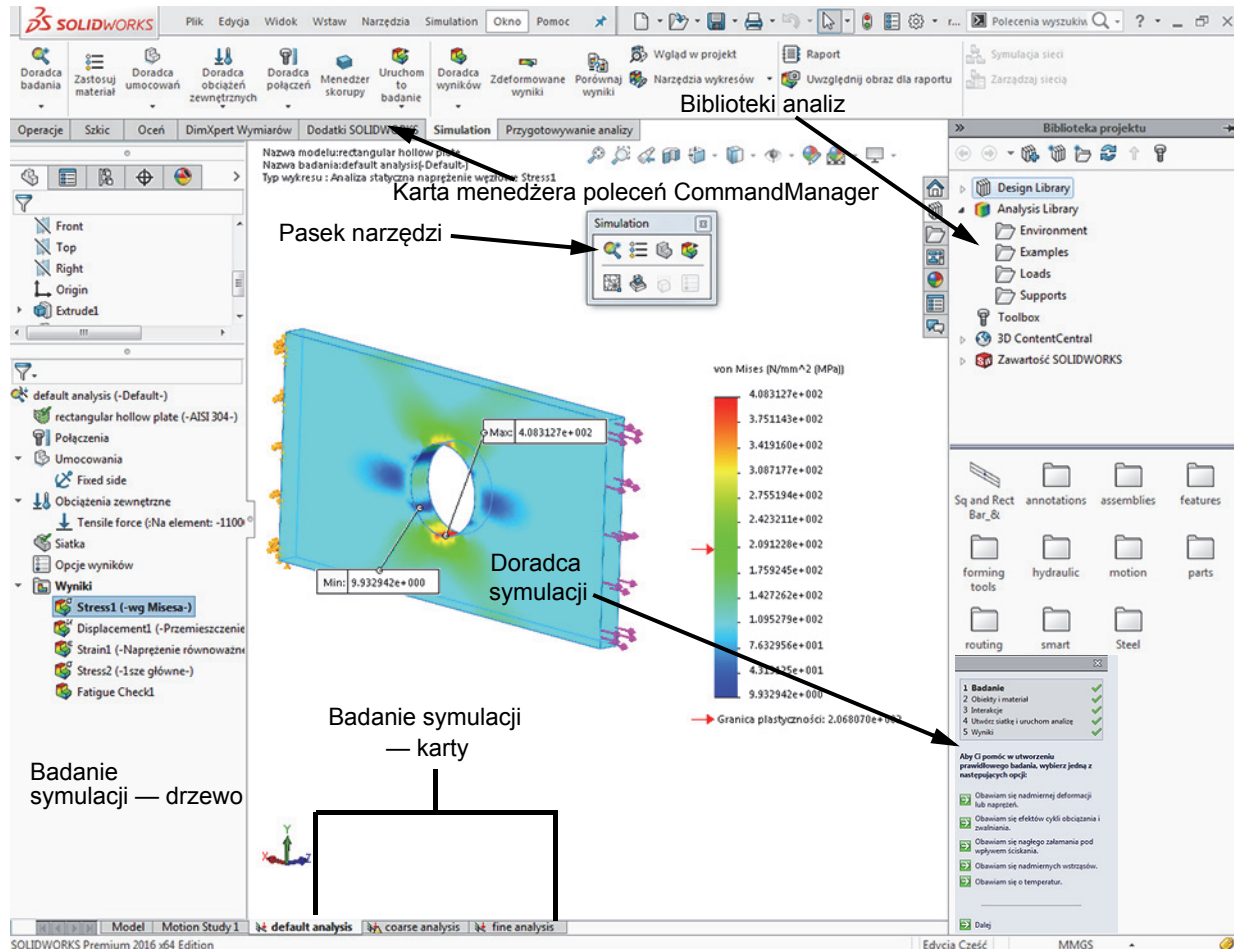
Kliknąć kolejno opcje **Narzędzia > Dodatki**.
Wybrać opcję **SOLIDWORKS Simulation**.

Kliknąć **OK**.



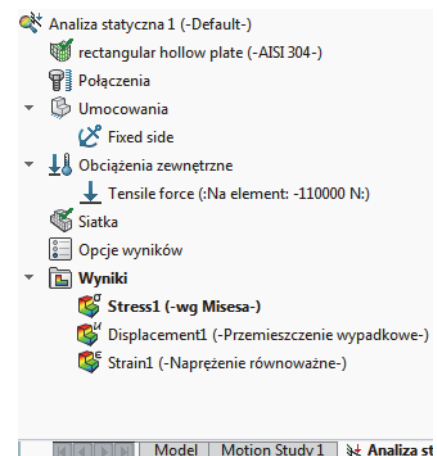
Interfejs programu SOLIDWORKS Simulation

Dostęp do funkcji aplikacji SOLIDWORKS Simulation uzyskuje się tak samo jak w głównym programie SOLIDWORKS. Aby utworzyć model na potrzeby metody FEA, wykonać obliczenia i przeanalizować wyniki, używa się graficznego interfejsu w postaci ikon i folderów umieszczonych w oknie drzewa badania programu SOLIDWORKS Simulation.



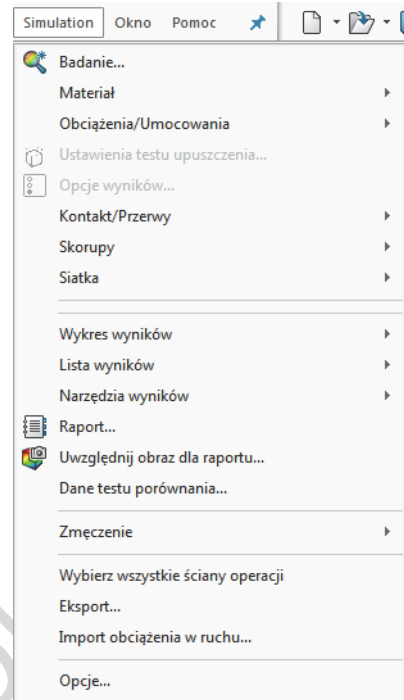
Drzewo badania programu Simulation

Po utworzeniu badania symulacji w dolnej części drzewa operacji FeatureManager pojawi się drzewo badania programu Simulation. Jego widocznością steruje się za pomocą karty pod obszarem graficznym.

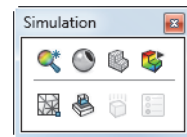


**Menu rozwijane
Simulation**

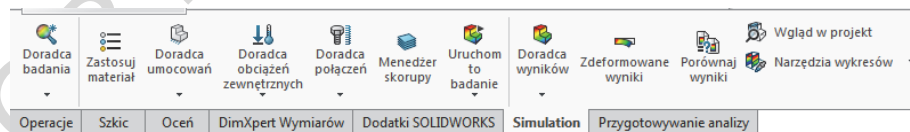
Menu **Simulation** oferuje dostęp do wszystkich poleceń symulacji.

**Paski narzędzi**

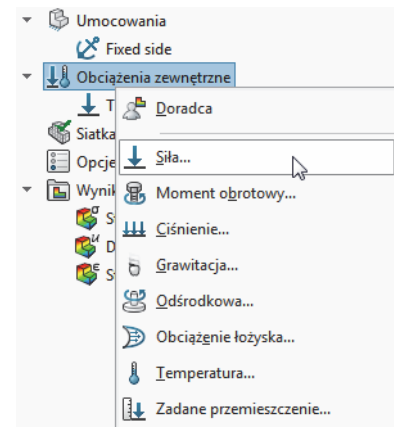
Pasek narzędzi **Simulation** zawiera wszystkie polecenia mające przyciski na pasku narzędzi. Można go dostosować w taki sposób, aby były widoczne tylko często używane polecenia.

**Menedżer poleceń
CommandManager**

Menedżer poleceń CommandManager zawiera uniwersalny pasek narzędzi symulacji. Karta **Simulation** zawiera narzędzia do konfigurowania badania i analizowania wyników.

**Menu kontekstowe**

Funkcje można wybierać przez klikanie geometrii prawym przyciskiem myszy albo zaznaczanie elementów w drzewie badania programu Simulation.



Opcje programu SOLIDWORKS Simulation

Okno dialogowe **Opcje** uruchamiane z menu **Simulation** umożliwia dostosowanie oprogramowania Simulation do standardów analizy używanych w danej organizacji. Istnieją dwie kategorie opcji: systemowe i domyślne.

■ Opcje systemowe

Opcje systemowe dotyczą wszystkich badań. Należą do nich ustawienia określające sposób wyświetlania błędów oraz lokalizację bibliotek domyślnych.

■ Opcje domyślne

Opcje domyślne mają zastosowanie do nowych badań. Ponieważ w badaniach symulacji nie używamy szablonów, to właśnie w tym oknie konfiguruje się opcje jednostek, wykresów domyślnych itd.

Gdzie to znaleźć

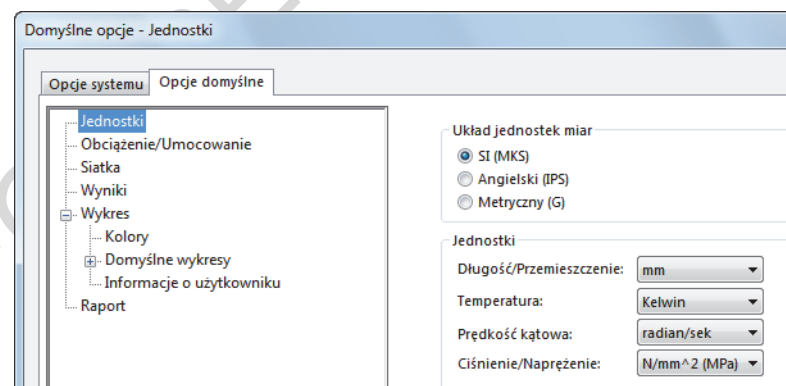
- Menu: W menu rozwijanym **Simulation** kliknąć polecenie **Opcje**.

3 Otworzyć okno opcji symulacji.

Kliknąć **Opcje**.

4 Skonfigurować domyślne jednostki miary programu SOLIDWORKS Simulation.

Na karcie **Opcje domyślne** zaznaczyć **pozycję Jednostki**. Upewnić się, że w ustawieniu **Units system (Układ jednostek miar)** jest zaznaczona opcja **SI (MKS)**, a w polach **Długość/przemieszczenie** i **Naprężenie** zaznaczono odpowiednio wartości **mm** i **N/mm² (MPa)**.



5 Skonfigurować domyślne wyniki.

W tej lekcji wyniki analizy zostaną wygenerowane i umieszczone w podfolderze katalogu dokumentów programu SOLIDWORKS.

Wybrać opcję **Results (Wyniki)**. W obszarze **Folder wyników** zaznaczyć opcję **Folder dokumentów SOLIDWORKS**. **Folder dokumentów SOLIDWORKS** to folder na komputerze, w którym znajduje się plik `rectangular hollow plate.SLDPRT`.

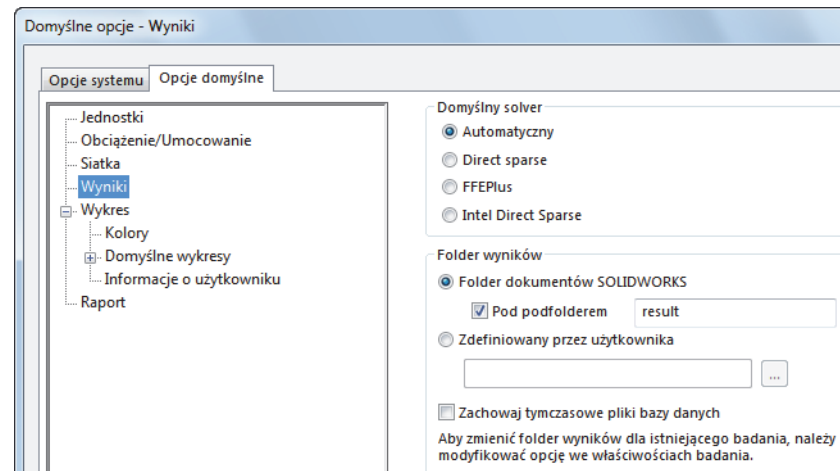
Zaznaczyć pole wyboru **Pod podfolderem**.

W polu **Pod podfolderem** wpisać słowo **wyniki**. Zostanie wtedy automatycznie utworzony podfolder **wyniki**, do którego będą trafiały wyniki generowane w programie SOLIDWORKS Simulation.

W obszarze **Domyślny solver** zaznaczyć opcję **Automatyczne**.

Uwaga

Solvery zostaną omówione w dalszej części kursu.

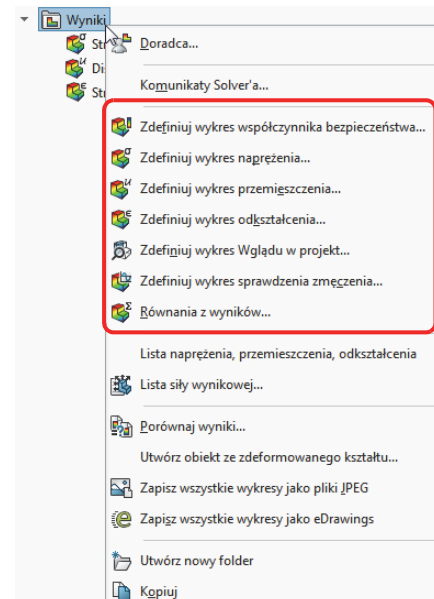


Ustawienia wykresów

Po wykonaniu każdej analizy statycznej program SOLIDWORKS Simulation automatycznie tworzy następujące wykresy wyników:

- **Stress1**
- **Displacement1**
- **Strain1**

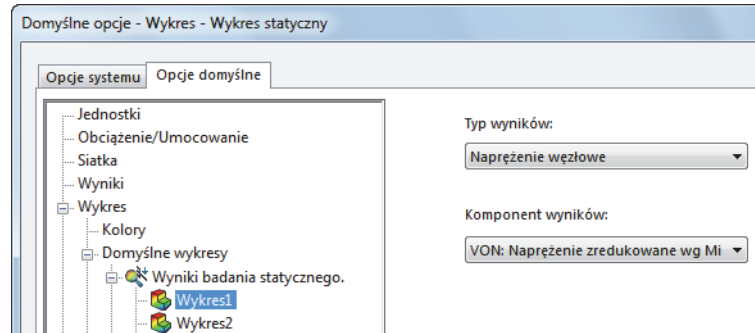
Ustawienia wykresów decydują, które wykresy będą generowane automatycznie i jakich będą używać jednostek. Aby dodać inny wykres, należy kliknąć prawym przyciskiem myszy węzeł **Results (Wyniki)** i wybrać typ wykresu. Wykresy każdego typu mogą być zapisywane w folderze określonym przez użytkownika.



6 Skonfigurować domyślne wykresy.

W folderze **Wykres** rozwinąć podfolder **Domyślne wykresy**. Tutaj można wybrać domyślne wykresy wyników, które będą generowane po wykonaniu obliczeń w analizie.

W tej lekcji użyjemy domyślnych ustawień dostępnych w folderze **Domyślne wykresy**.



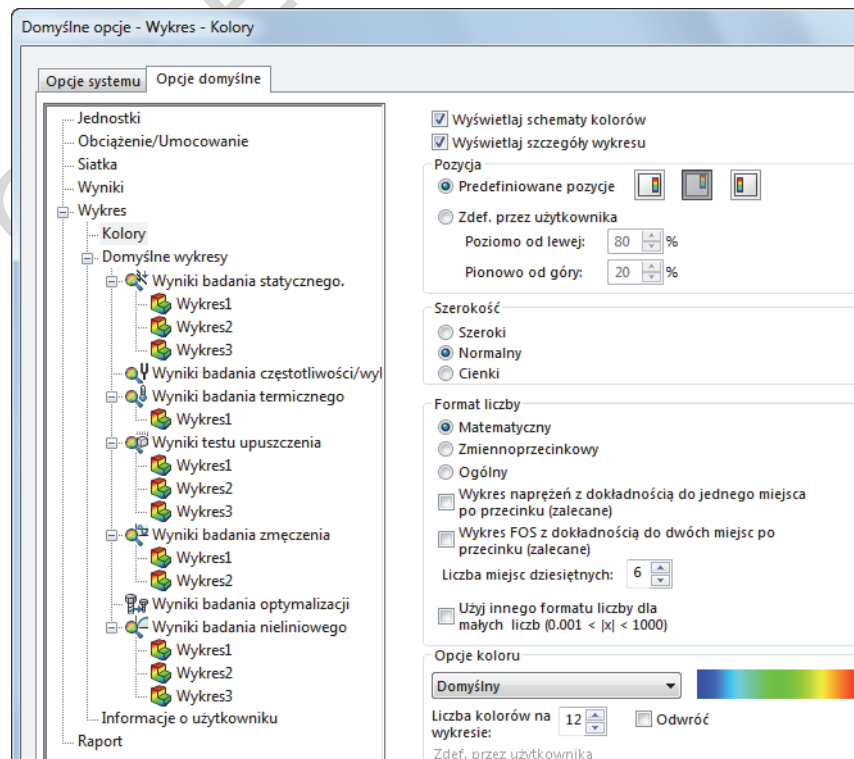
7 Skonfigurować opcje kolorów.

W folderze **Wykres** kliknąć pozycję **Kolory**.

W ustawieniu **Format liczby** zaznaczyć wartość **matematyczny**, a w ustawieniu **Liczba miejsc dziesiętnych** wpisać **6**.






Przejrzeć i w razie potrzeby skorygować wszystkie pozostałe opcje wykresów zawarte w tym oknie.

Kliknąć przycisk **OK**, co spowoduje zamknięcie okna **Opcje**.



Wstępne przetwarzanie

W następnych krokach przygotujemy model do analizy. Zostaną wykonane następujące czynności z zakresu wstępnego przetwarzania:

- **Utworzenie badania** 
- **Zastosowanie materiału** 
- **Zastosowanie umocowań** 
- **Zastosowanie sił zewnętrznych** 
- **Wygenerowanie siatki modelu** 





Nowe badanie


Tworzenie modelu do analizy metodą FEA zawsze zaczyna się od zdefiniowania badania.




W definicji badania wpisujemy informacje o rodzaju analizy, jaką chcemy wykonać.

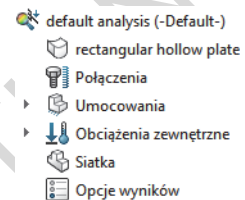
Każda analiza jest osobnym badaniem. Podczas definiowania badania program SOLIDWORKS Simulation automatycznie tworzy jego folder (w tym przypadku o nazwie analiza domyślna) i umieszcza w nim kilka ikon.

Niektóre z ikon to foldery zawierające inne ikony.



Pozycja **Część**  służy do definiowania i przypisywania właściwości materiału, pozycja **Obciążenia zewnętrzne**  do definiowania obciążeń, pozycja **Umocowania**  do definiowania umocowań, a pozycja **Siatka**  do tworzenia siatki elementów końcowych.

W tej lekcji nie używamy funkcji **Połączenia** .

Folder **Część**  zawiera tylko jeden komponent o nazwie rectangular hollow plate. Jeśli analiza obejmuje wiele obiektów, jest tworzony folder **Części**  zawierający tyle obiektów **Część** , ile istnieje ich w modelu.



Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Doradca badania > Nowe badanie** 
- Menu: **Simulation > Badanie** 

Zmiana nazw badań


Nazwę badania można w każdej chwili zmienić, klikając-czekając-klikając nazwę badania, klikając nazwę badania i naciskając klawisz **F2** na klawiaturze albo klikając prawym przyciskiem myszy kartę badania i wybierając polecenie **Zmień nazwę**. Są to funkcje podobne do funkcji zmiany nazw plików i folderów w systemie Windows.

Przypisywanie właściwości materiału


Materiał można przypisać do modelu w oknie programu SOLIDWORKS lub SOLIDWORKS Simulation.

Jeśli przypisania dokonano w oknie programu SOLIDWORKS, definicja materiału zostaje automatycznie przeniesiona do programu SOLIDWORKS Simulation.

W tej lekcji przypisujemy materiał do części w oknie programu SOLIDWORKS Simulation nie dlatego, że jest to metoda preferowana, ale aby pokazać działanie tej opcji.

Często używane materiały można dodać do folderu **Zastosuj ulubiony materiał**. Materiał można wygodnie stosować z tego folderu do części wieloobektowych i złożów bez potrzeby wyświetlania okna materiałów. Aby wykonywać operacje na liście ulubionych materiałów, w drzewie operacji FeatureManager kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Materiał**  i wybrać polecenie **Zarządzaj ulubionymi**.

Gdzie to znaleźć:

- Menu: **Simulation > Materiał > Zastosuj materiał dla wszystkich** 
- Menedżer poleceń CommandManager: Zaznaczyć komponent w drzewie badania programu Simulation i wybrać kolejno opcje **Simulation > Zastosuj materiał**
- Menu skrótów: w drzewie kliknąć obiekt prawym przyciskiem myszy i wybrać polecenie **Zastosuj/edytuj materiał**

Uwaga

Pierwsza metoda powoduje przypisanie tych samych właściwości materiału do wszystkich komponentów modelu. W drugiej metodzie właściwości materiału są przypisywane do wybranych komponentów. Trzecia metoda powoduje przypisanie właściwości materiału do jednego konkretnego obiektu. Ponieważ nie pracujemy ze złożeniem, ale z jedną częścią zawierającą tylko jeden obiekt (tzn. nie jest to część wieloobektowa), można używać dowolnej z tych trzech metod przypisywania materiałów.

8 Utworzyć badanie.

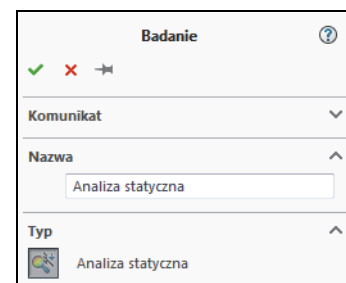
Kliknąć **Badanie** .

9 Nadać nazwę badaniu.

W ustawieniu **Typ** kliknąć **Static**  (**Statyczne**).

W polu **Nazwa** wpisać analiza domyślna.

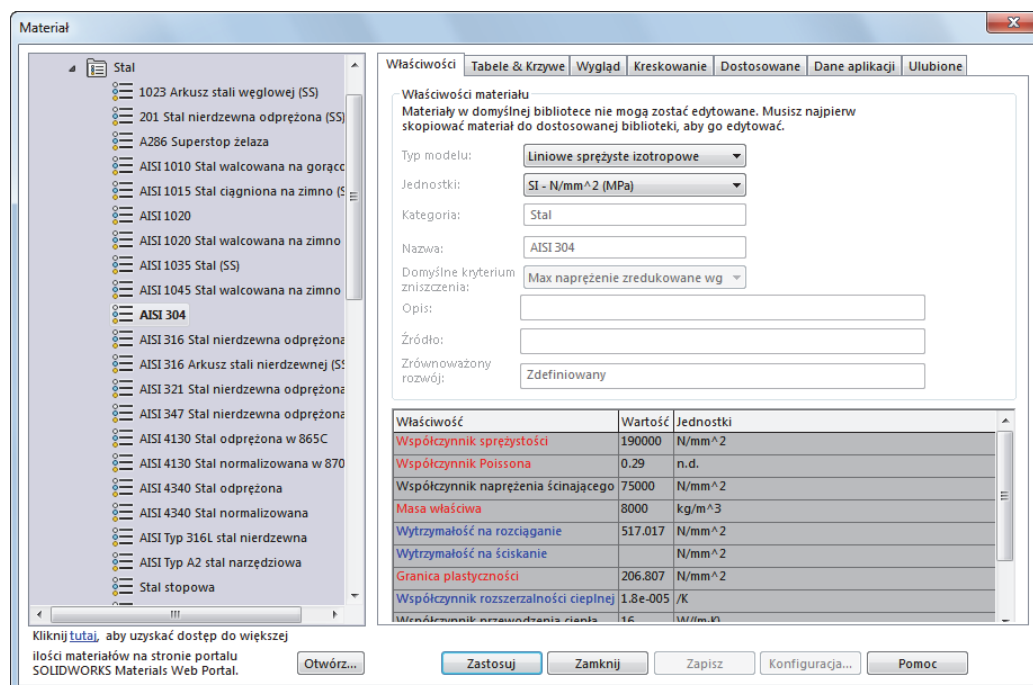
Kliknąć **OK** .



10 Przypisać właściwości materiału.

Kliknąć **Zastosuj/edytuj materiał** .

Rozwinąć węzeł **Materiały Solidworks** i w folderze **Stal** kliknąć pozycję **AISI 304**.



Kliknąć kolejno opcje **Zastosuj** i **Zamknij**.

W folderze Części na ikonie rectangular hollow plate widać teraz zielony znacznik wyboru i nazwę wybranego materiału, co wskazuje, że materiał został pomyślnie przypisany.

Uwaga

Wymagane zmienne materiału mają kolor czerwony. Stałe wyświetlane na niebiesko mogą być konieczne w przypadku używania określonych typów obciążeń (np. obciążenie **Temperatura** wymagałoby stałej **Współczynnika rozszerzalności cieplnej**). Można dodać nową bibliotekę materiałów, klikając prawym przyciskiem myszy dowolny folder lub istniejący materiał w oknie dialogowym **Materiał**. W celu dodania nowego materiału można skopiować istniejący materiał na nowe miejsce i zmodyfikować jego właściwości.





Umocowania

Aby można było wykonać analizę statyczną, model musi zostać odpowiednio umocowany, żeby się nie przemieszczał. W programie SOLIDWORKS Simulation są dostępne różne umocowania umożliwiające unieruchomienie modelu. Zasadniczo umocowania można stosować do ścian, krawędzi i wierzchołków za pomocą różnych metod.







Typy umocowań

Umocowania są podzielone na dwie grupy: **standardowe** i **zaawansowane**. Ich właściwości opisano poniżej.


Standardowe umocowania

Typ umocowania	Definicja
Nieruchoma geometria 	<p>Zwana również podporą sztywną. Wszystkie stopnie swobody translacji lub obrotu są powiązane.</p> <p>Nieruchoma geometria nie wymaga żadnych informacji o kierunku, w którym umocowania są stosowane.</p>
Nie poruszający się 	<p>To umocowanie blokuje ruch translacyjny, ale pozwala na ruch obrotowy. Opcja jest dostępna tylko podczas pracy z elementami skorupowymi i belkowymi, ale nie bryłowymi (elementy bryłowe nie mogą się obracać).</p>
Przesuwanie 	<p>W przypadku umocowania Przesuwanie ściana planarna może się przesunąć swobodnie w swojej płaszczyźnie, ale nie może się przemieszczać w kierunku prostopadłym do swojej płaszczyzny. Ściana może się powiększać lub zmniejszać pod obciążeniem.</p>
Nieruchomy zawias 	<p>W przypadku umocowania Zawias ściana cylindryczna może się poruszać tylko wokół własnej osi. Promień i długość ściany cylindrycznej pozostają stałe pod obciążeniem.</p>

Zaawansowane umocowania

Typ umocowania	Definicja
Symetria 	Tę opcję można stosować do płaskich ścian. Dozwolone są przemieszczenia w granicach ściany oraz obroty w kierunku normalnym do płaszczyzny.
Symetria cykliczna 	Ta opcja służy do umocowywania segmentów, które — gdyby się obracały cyklicznie wokół określonej osi — tworzyłyby obrotowo symetryczny obiekt.
Użyj geometrii odniesienia 	Ta opcja powoduje umocowanie ściany, krawędzi lub wierzchołka tylko w żądanych kierunkach, pozostawiając swobodę ruchu w pozostałych kierunkach. Żądane kierunki umocowania można określić względem wybranej płaszczyzny, osi, krawędzi lub ściany odniesienia. Geometrię odniesienia (płaszczyznę i oś) można wygodnie zaznaczyć w wysuwanym drzewie operacji FeatureManager w programie SOLIDWORKS.
Na płaskich ścianach 	Ta opcja generuje umocowania w wybranych kierunkach określonych przez trzy główne kierunki płaskiej ściany, do której są stosowane umocowania.
Na ścianach cylindrycznych 	Ta opcja przypomina opcję Na płaskiej ścianie , jednak tutaj trzy główne kierunki cylindrycznej ściany odniesienia wyznaczają kierunki w cylindrycznym układzie współrzędnych. Jest bardzo przydatna, ponieważ umożliwia zastosowanie umocowania pozwalającego na obrót względem osi powiązanej ze ścianą cylindryczną.
Na ścianach sferycznych 	Opcja podobna do opcji Na płaskich ścianach i Na ścianach cylindrycznych . Trzy główne kierunki ściany sferycznej określają kierunki stosowanych umocowań w sferycznym układzie współrzędnych.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Doradca umocowań > Nieruchoma geometria** 
- Menu: **Simulation > Loads/Fixture (Obciążenia/Umocowanie) > Umocowania**
- Menu skrótów: Kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Umocowania** i wybrać polecenie **Nieruchoma geometria**

Wyświetlanie/ ukrywanie symboli


Symbole umocowań i sił zewnętrznych można wyświetlać lub ukrywać poprzez wykonanie następujących czynności:

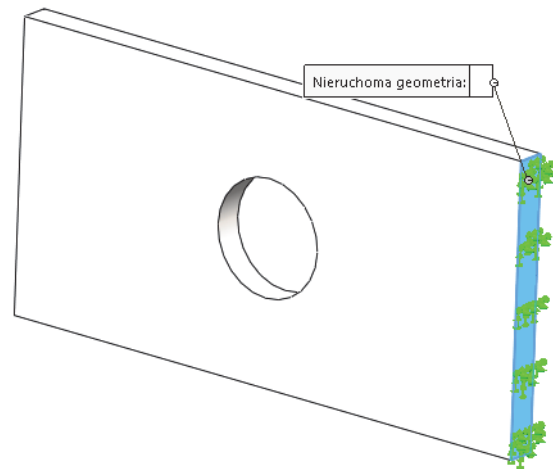
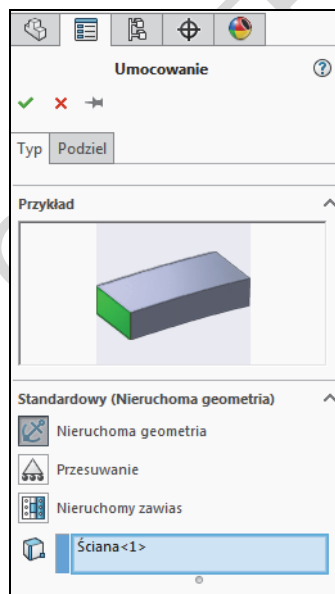
- Kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Umocowania lub Obciążenia zewnętrzne i wybrać polecenie **Ukryj wszystko** lub **Pokaż wszystko**.
- Kliknąć prawym przyciskiem myszy symbol Umocowanie lub Obciążenia zewnętrzne osobno dla każdego umocowania i wybrać polecenie **Ukryj** lub **Pokaż**.

11 Zdefiniować nieruchome umocowanie.

Kliknąć **Nieruchoma geometria** .

Obrócić model i wybrać ścianę, do której mają zostać zastosowane umocowania.

Kliknąć **OK** .



Po zdefiniowaniu umocowań mamy w pełni umocowany model w przestrzeni. W związku z tym model nie może się przemieścić, nie doznając sprężystej deformacji. W terminologii FEA mówimy, że model nie ma żadnych modów obiektu sztywnego.


Zmiana nazwy

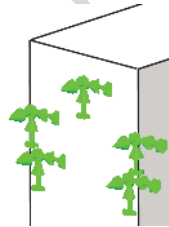
Nazwę każdego warunku brzegowego można zmienić, aby później łatwiej było odgadnąć jego znaczenie.

Nazwy umocowań, obciążeń i złączy można w każdej chwili zmienić, klikając-czekając-klikając nazwę badania, klikając nazwę umocowania, obciążenia lub złącza i naciskając klawisz **F2** na klawiaturze albo klikając prawym przyciskiem myszy kartę badania i wybierając polecenie **Zmień nazwę**. Są to funkcje podobne do funkcji zmiany nazw plików i folderów w systemie Windows.



Symbole umocowań

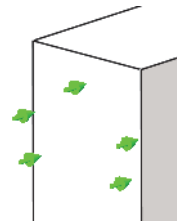
Symbole umocowań są wyświetlane na ścianie po zastosowaniu umocowań.

W tym studium przypadku jako typ umocowania wybraliśmy **Nieruchoma geometria** , co oznacza, że umocowano wszystkie trzy stopnie swobody (trzy translacyjne i trzy obrotowe).



Symbolami umocowań są strzałki (umocowania translacyjne) i krążki (umocowania obrotowe) w odpowiednich kierunkach. W tej lekcji umocowania są definiowane przez kierunki globalnego układu współrzędnych widoczne w lewym dolnym rogu okna modelu.



Gdyby zamiast typu **Nieruchoma geometria**  został wybrany typ umocowania **Przesuwanie** , obrotowe stopnie swobody nie byłyby umocowane i widać byłoby tylko symbole strzałek, nie krążków.






Obciążenia zewnętrzne

Po umocowaniu modelu trzeba zastosować do niego zewnętrzne obciążenia lub siły. W programie SOLIDWORKS Simulation są dostępne różne siły zewnętrzne pozwalające wywierać obciążenie na model. Zasadniczo siły można stosować do ścian, krawędzi i wierzchołków za pomocą różnych metod. Siły i ich właściwości opisano poniżej.





Standardowe siły zewnętrzne

Typ siły	Definicja
Siła 	<p>Ta opcja powoduje przyłożenie siły lub momentu do ściany, krawędzi albo wierzchołka w kierunku określonym wybraną geometrią odniesienia (płaszczyzną, krawędzią, ścianą lub osią).</p> <p>Moment można przykładać tylko wtedy, gdy są używane skorupy lub belki. Skorupy i belki mają sześć stopni swobody na każdy węzeł (translacyjne i obrotowe) i mogą przyjmować obciążenie momentem. Elementy bryłowe mają tylko trzy stopnie swobody na każdy węzeł (wyłącznie translacyjne), w związku z czym nie mogą przyjmować bezpośrednich obciążeń momentem.</p> <p>Jeśli trzeba przyłożyć moment do elementów bryłowych, musi on być reprezentowany przez odpowiednio rozłożone siły lub odległe obciążenia.</p>
Moment obrotowy 	<p>Ta opcja powoduje przyłożenie momentu obrotowego wokół osi odniesienia zgodnie z regułą prawej dłoni. Opcja wymaga, aby oś była zdefiniowana w programie SOLIDWORKS.</p>

Zaawansowane siły zewnętrzne

Typ siły	Definicja
Pressure (Ciśnienie) 	<p>Doprowadza ciśnienie do ściany. Może ono być kierunkowe i zmienne, jak np. ciśnienie hydrostatyczne.</p>
Grawitacja 	<p>Stosuje przyspieszenie liniowe do części lub złożeń.</p>
Siła odśrodkowa 	<p>Stosuje prędkość i przyspieszenie kątowe do części lub złożeń.</p>

Zaawansowane siły zewnętrzne

Typ siły	Definicja
Obciążenie łożyska 	Obciążenia łożyska występują między stykającymi się ścianami cylindrycznymi.
Odległe obciążenie/masa 	Odległe obciążenia, które normalnie byłyby przenoszone przez konstrukcję łączącą.
Rozprowadzona masa 	Rozprowadzone masy są stosowane do wybranych ścian w celu zasymulowania masy komponentów, które zostały wygaszone lub nieuwzględnione w modelu.
Temperatura 	Temperatury są stosowane do komponentów w celu zasymulowania efektów rozszerzalności cieplnej.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Doradca obciążeń zewnętrznych >** kliknąć jedną z wartości w ustawieniu **Force Types (Typy sił)**
- Menu: **Simulation > Loads/Fixture (Obciążenia/Umocowanie) >** kliknąć jedną z wartości w ustawieniu **Force Types (Typy sił)**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Obciążenia zewnętrzne** i wybrać jedną z wartości w ustawieniu **Force Types (Typy sił)**

Uwaga

Obecność siły zewnętrznej jest wskazywana strzałkami symbolizującymi obciążenie oraz odnośną ikoną.

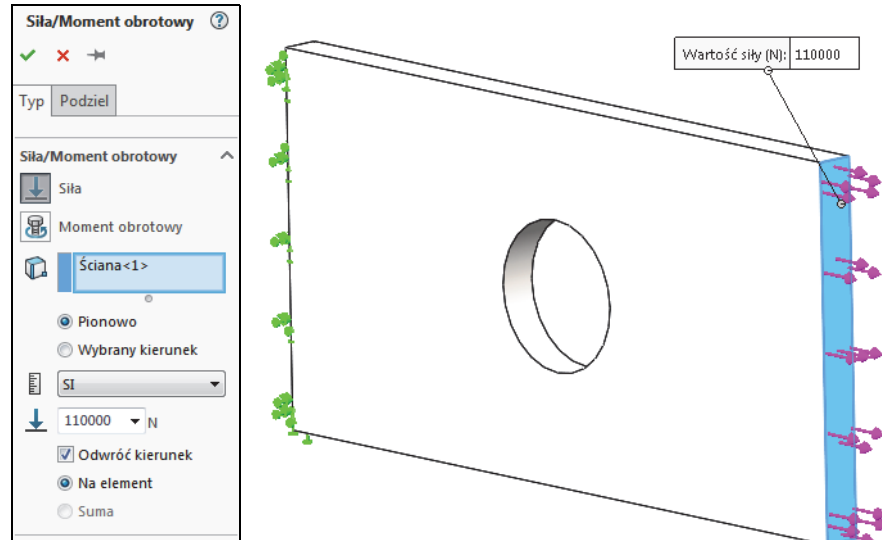
12 Zmienić nazwę umocowania.

Używając metody kliknij-zaczekaj-kliknij znanej z systemu Windows, zmienić nazwę umocowania Fixture-1 na Nieruchoma strona.

13 Zdefiniować siłę.

Obrócić model w celu pokazania ściany, gdzie ma zostać przyłożona siła rozciągająca 110 000 N [24 729 funtów siły], i zaznaczyć tę ścianę.

Kliknąć **Force (Siła)** ↓.



W obszarze **Typ** zaznaczyć opcję **Normalny**, upewnić się, że w oknie dialogowym **Jednostki** jest zaznaczona opcja **SI**, a w polu **Wartość siły** wpisać **110 000**.

Zaznaczyć pole wyboru **Odwróć kierunek**: Jest to niezbędne do zdefiniowania siły rozciągającej.

Uwaga

Usunięcie zaznaczenia pola wyboru **Odwróć kierunek** spowodowałoby powstanie siły ściskającej.

Podczas definiowania normalnej siły nie trzeba używać żadnej geometrii odniesienia. Przy ustawionej opcji **Normalny** kierunek obciążenia jest wystarczająco zdefiniowany przez orientację obciążonej ściany.

Kliknąć **OK** ✓.

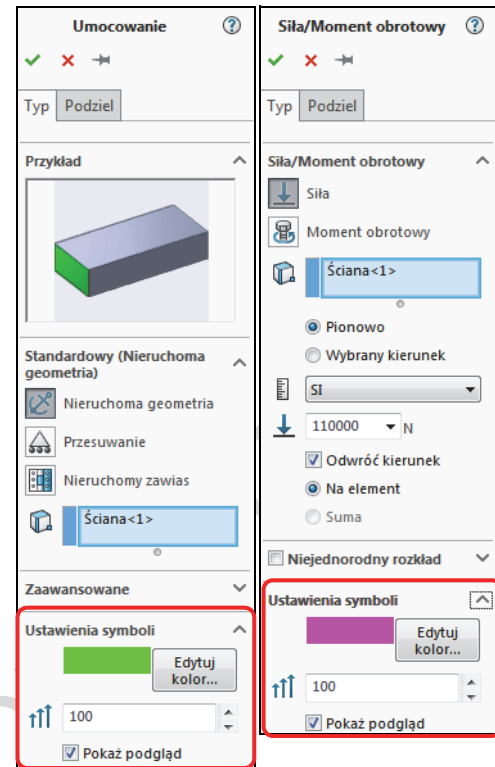
14 Zmienić nazwę siły.

Zmienić nazwę tej definicji siły na Siła rozciągająca.

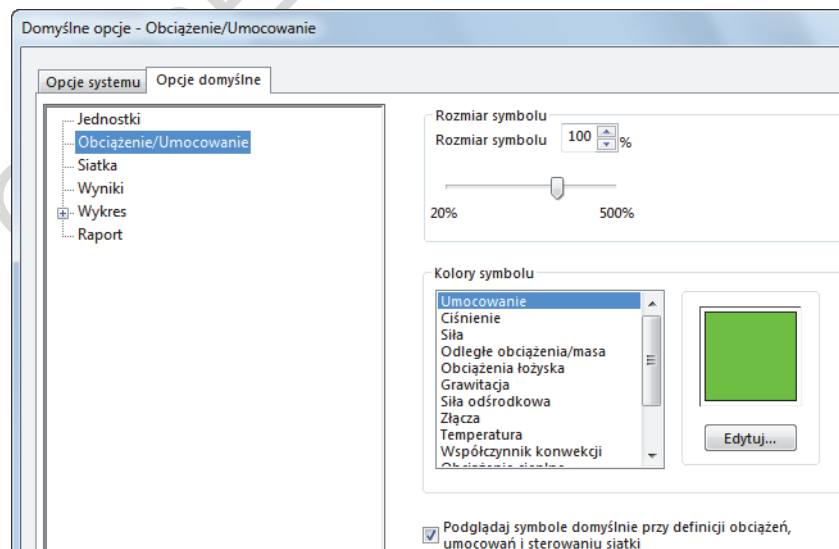
Rozmiar i kolor symboli

Rozmiarem i kolorem symboli umocowania i obciążenia można sterować lokalnie oraz globalnie.

Ustawienia lokalne symboli kontroluje się z okna dialogowego **Ustawienia symboli** w menedżerach właściwości PropertyManager **Umocowania** i **Obciążenia zewnętrzne**.



Globalne definicje symboli można kontrolować za pomocą opcji programu SOLIDWORKS dostępnych w folderze Obciążenie/Umocowanie.



Wyświetlanie/ ukrywanie symboli

Teraz w modelu widać symbole obciążeń i umocowań. Aby ukryć lub uwidocznić symbole:

- Kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę konkretnego umocowania lub obciążenia w folderze Umocowania lub Obciążenia zewnętrzne, a następnie wybrać polecenie **Pokaż** lub **Ukryj**.
- Kliknąć prawym przyciskiem myszy folder Umocowania lub Obciążenia zewnętrzne i wybrać polecenie **Pokaż wszystko** lub **Ukryj wszystko**, aby globalnie określić wyświetlanie lub ukrywanie obciążeń albo umocowań.

Podsumowanie informacji o wstępnym przetwarzaniu

Przypisując właściwości materiału, umocowania i zewnętrzne obciążenia, w pełni zdefiniowaliśmy model matematyczny, który zamierzamy obliczyć metodą FEA.

Model matematyczny należy zdyskretyzować do modelu z elementami skończonymi. Przed rozpoczęciem tworzenia takiego modelu omówimy bliżej następujące zagadnienia:

- przygotowanie geometrii,
- właściwości materiału,
- zdefiniowanie obciążeń zewnętrznych,
- zdefiniowanie umocowań.

Przygotowanie geometrii

Przygotowanie geometrii to dobrze zdefiniowany krok z niewielkim stopniem niepewności. Geometrię uproszczoną na potrzeby analizy można zweryfikować wizualnie, porównując ją z oryginalnym modelem CAD.

Właściwości materiału

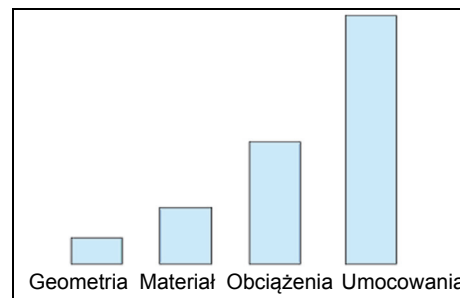
Właściwości materiału najczęściej wybiera się z biblioteki materiałów. Nie uwzględniają one miejscowych defektów, stanu powierzchni itd. Zasadniczo w definicji materiału występuje więcej niepewności niż w przygotowaniu geometrii.

Zdefiniowanie obciążeń zewnętrznych

Zdefiniowanie obciążeń zewnętrznych, mimo iż odbywa się poprzez szybki wybór kilku opcji w menu, obejmuje wiele założeń bazowych, ponieważ w rzeczywistości wartość, rozkład i zależność czasowa obciążenia są znane tylko w przybliżeniu i muszą zostać z grubsza oszacowane w metodzie FEA w oparciu o wiele upraszczających założeń. Dlatego przy definiowaniu obciążeń łatwo popełnić znaczące błędy idealizacji. Z drugiej strony obciążenia można wyrazić w liczbach, dzięki czemu użytkownikom łatwiej nimi operować w analizach metodą FEA.

Zdefiniowanie umocowań

Definiowanie umocowań to etap, na którym najczęściej są popełniane błędy. Typowy błąd to nadmierne powiązanie modelu, co prowadzi do powstania zbyt sztywnej struktury zbyt słabo odzwierciedlającej realne deformacje i naprężenia.



Na schemacie ilościowym widać względne poziomy niepewności podczas definiowania geometrii, materiału, obciążeń i umocowań.

Idealizacja i założenia

Geometrię definiuje się najłatwiej, a umocowania najtrudniej, jednak poziom trudności nie ma związku z czasem trwania każdego kroku, dlatego przekaz z tego wykresu słupkowego może być mylący. W rzeczywistości przygotowanie geometrii CAD do analizy metodą FEA może potrwać wiele godzin, podczas gdy zdefiniowanie materiału oraz zastosowanie obciążeń i umocowań wymaga jedynie kilku kliknięć myszą.

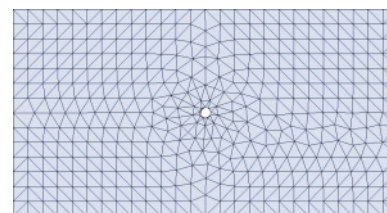
We wszystkich przykładach zakładamy, że właściwości materiału, siły zewnętrzne i podpory są znane z całkowitą pewnością, a sposób ich zdefiniowania w modelu reprezentuje akceptowalną idealizację rzeczywistych warunków. Trzeba jednak podkreślić, że to użytkownik oprogramowania FEA musi sam ustalić, czy wszystkie wyidealizowane założenia przyjęte w trakcie tworzenia modelu matematycznego są faktycznie akceptowalne. Nawet najszybszy automatyczny generator siatki i solver nie pomoże, jeśli model matematyczny przekazany do analizy metodą FEA będzie się opierał na błędnych założeniach.

Tworzenie siatki

Ostatnim krokiem przed rozpoczęciem przetwarzania metodą FEA jest utworzenie siatki dla geometrii. W tym kroku geometria zostanie podzielona na elementy skończone za pomocą automatycznego generatora siatki. Generator zajmie się czasochłonną częścią rozwiązywania problemu, a my będziemy musieli wprowadzić dane kontrolujące rozmiar i jakość siatki.

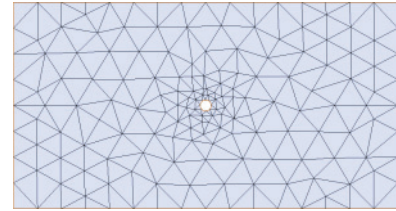
Siatka standardowa

Ten typ siatki został po raz pierwszy opracowany na potrzeby programu SOLIDWORKS Simulation. Wykorzystuje schemat tworzenia siatki Woronoja-Delaunaya. Jednak przy reprezentowaniu drobnych cech i zakrzywionych geometrii w siatce mogą występować elementy o dużych wartościach współczynnika kształtu oraz błędy. Siatka ta sprawdza się natomiast doskonale w warunkach, gdy jest potrzebna siatka symetryczna.



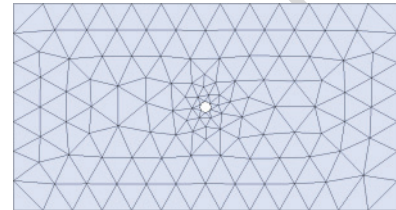
Siatka oparta na krzywiznie

Algorytm siatki opartej na krzywiznie generuje siatkę o zmiennej wielkości elementów, co pozwala precyzyjnie odzwierciedlić drobne cechy geometrii. Generator tego typu siatki obsługuje wielowątkowość i często jest uważany za najszybszy generator. W przypadku tej siatki elementy mogą osiągać duże wartości współczynnika kształtu.



Siatka oparta na mieszanej krzywiznie

Ten generator siatki jest najwolniejszy. Często jednak sprawdza się w przypadku modeli, które wywołują duże wartości współczynnika kształtu albo błędy podczas używania generatora siatki opartej na krzywiznie. Nie obsługuje wielowątkowości ani technik adaptacyjnych.

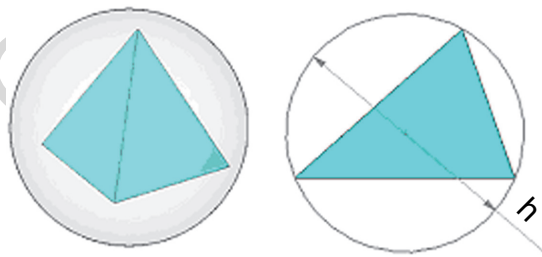


Gęstość siatki

Program SOLIDWORKS Simulation domyślnie podpowiada użycie siatki o średniej gęstości. Gęstość siatki bezpośrednio wpływa na dokładność wyników. Im mniejsze elementy, tym mniejszy błąd dyskretyzacji, ale jednocześnie tym dłuższe czasy generowania siatki i obliczania.

Rozmiary elementów

Rozmiar elementu to charakterystyczna wielkość elementów w siatce. Jest definiowana jako średnica sfery opisującej element (lewa strona na rysunku poniżej). Tę reprezentację łatwiej zilustrować za pomocą analogii z dwuwymiarowym okręgiem opisującym trójkąt (prawa strona na rysunku poniżej).

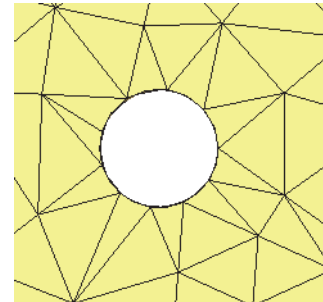


Ponieważ algorytm siatki opartej na krzywiznie generuje siatkę o zmiennej wielkości elementów, parametry **Maksymalny rozmiar elementu** i **Minimalny rozmiar elementu** określają granice rozmiarów elementów. Parametry te są ustawiane automatycznie na podstawie cech geometrycznych modelu programu SOLIDWORKS.

W programie SOLIDWORKS Simulation rozmiar elementów jest podawany w jednostkach długości określonych w modelu programu SOLIDWORKS. Warto pamiętać, że można wprowadzać dane analityczne i następnie analizować wyniki w jednym z trzech układów jednostek miar: SI, metrycznym lub brytyjskim.

Minimalna liczba elementów w okręgu

Ustawienie **Min. liczba elementów w okręgu** określa sposób postępowania z niewielkimi cechami geometrii. Jeśli na przykład model zawiera otwór, liczba elementów w okręgu decyduje o liczbie elementów otaczających okrąg. Na ilustracji z prawej strony zdefiniowaliśmy otaczanie otworu przez co najmniej 10 elementów.

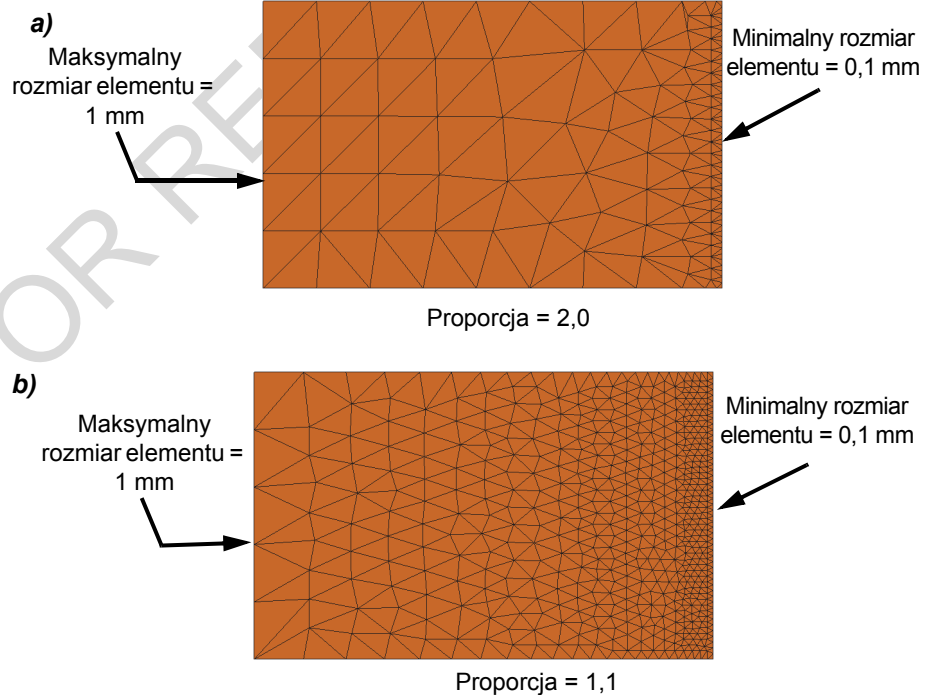


Proporcja

Proporcja służy do określenia przejścia siatki z poziomu **Minimalny rozmiar elementu** do poziomu **Maksymalny rozmiar elementu**.

Parametr **Proporcja** określa proporcję między rozmiarami elementów w kolejnych warstwach elementów przejściowych. W naszym przypadku jest używana domyślna wartość parametru **Proporcja**.


Działanie opcji zilustrowano poniżej.



Porada

W większości analiz wykonywanych w programie SOLIDWORKS Simulation domyślne ustawienia siatki powodują generowanie siatki o akceptowalnej liczbie błędów dyskretyzacji przy w miarę krótkich czasach obliczeń.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Uruchom to badanie > Utwórz siatkę** 
- Menu: **Simulation > Siatka > Utwórz**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy opcję **Siatka** i wybrać polecenie **Utwórz siatkę**

15 Wygenerować siatkę.

Kliknąć **Utwórz siatkę** .

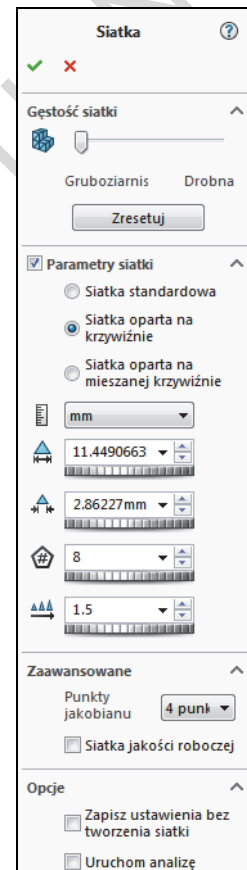
16 Skonfigurować właściwości siatki.

Rozwinąć węzeł **Parametry siatki** i zaznaczyć opcję **Siatka oparta na krzywiznie**.

Siatka modelu zostanie utworzona przy użyciu elementów o jakości **Wysoka**.

Rozwinąć wszystkie sekcje menedżera właściwości PropertyManager, aby zobaczyć wszystkie dostępne opcje.

Siatka ma domyślną gęstość przy suwaku ustawionym pośrodku skali. W obszarze **Parametry siatki** w polach **Maksymalny rozmiar elementu** i **Minimalny rozmiar elementu**, widać wartość **5,72453 mm** [0,2254 cala], ustawienie **Min. liczba elementów w okręgu** ma wartość **8**, a ustawienie **Proporcja przyrostu rozmiaru elementu** ma wartość **1,5**. Do początkowej analizy użyjemy ustawień domyślnych.



Jakość siatki

Siatkę można utworzyć w jakości **wysokiej** lub **roboczej**. Domyślna jest jakość wysoka. Aby używać roboczej jakości siatki, należy to wskazać w menedżerze właściwości PropertyManager w grupie opcji **Zaawansowane**.

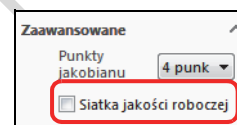
Różnica między jakością wysoką a roboczą jest następująca:

- Siatka w jakości roboczej zawiera elementy pierwszego rzędu.
- Siatka w jakości wysokiej zawiera elementy drugiego rzędu.

Różnicę między elementami pierwszego i drugiego rzędu omówiono w podręczniku *Element Types Available in SOLIDWORKS Simulation* (Typy elementów dostępne w programie SOLIDWORKS Simulation), w rozdziale *Introduction to FEA* (Wprowadzenie do metody FEA).

17 Określić jakość siatki.

W sekcji **Zaawansowane** usunąć zaznaczenie pola wyboru **Siatka jakości roboczej**.

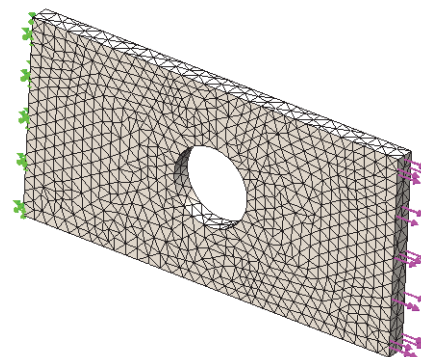


Pozostałe opcje siatki omówimy w dalszej części zajęć.

Kliknąć **OK** ✓, aby wygenerować siatkę.

Po zakończeniu generowania siatki zostanie wyświetlona.

W drzewie badania programu SOLIDWORKS Simulation na ikonie Siatka będzie teraz widać zielony znacznik wyboru, który potwierdza pomyślne utworzenie siatki.



Uwaga

Nazwaliśmy to badanie „analiza domyślna”, ponieważ zamierzamy w nim używać domyślnego rozmiaru siatki. W dalszej części lekcji zagadnienie zostanie ponownie rozwiązane przy użyciu siatek gruboziarnistej i drobnej.

Wyświetlanie/ ukrywanie siatki


Widocznością siatki można sterować poprzez kliknięcie pozycji Siatka prawym przyciskiem myszy, a następnie wykonanie jednej z następujących czynności:

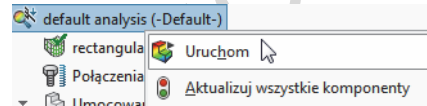
- Wybranie polecenia **Ukryj siatkę**.
- Wybranie polecenia **Pokaż siatkę**.

Przetwarzanie

Po zakończeniu operacji wstępnego przetwarzania można wykonać badanie. Ten etap jest nazywany przetwarzaniem. Na etapie przetwarzania są z etapu wstępnego przetwarzania pobierane macierze, które opisują sztywność struktury oraz działające na nią obciążenia. Macierze te są następnie łączone w celu obliczenia reakcji struktury. Reakcja struktury jest później analizowana na etapie przetwarzania końcowego.

Gdzie to znaleźć

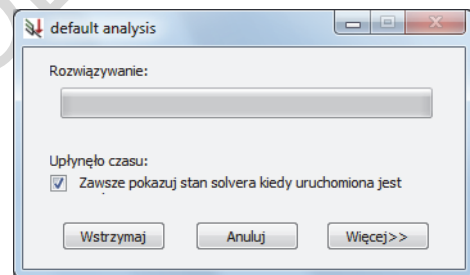
- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Uruchom to badanie > Uruchom to badanie** 
- Menu: **Simulation > Uruchom > Uruchom**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy nazwę badania i wybrać polecenie **Uruchom**



18 Uruchomić analizę.

Kliknąć **Uruchom** .

Podczas wykonywania analizy można w oknie solvera monitorować lub wstrzymać rozwiązywanie.



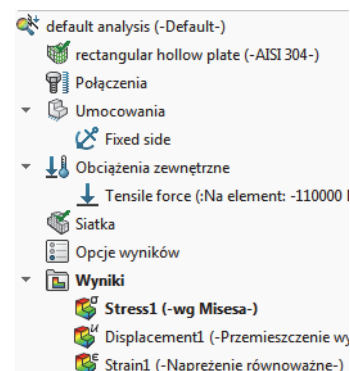
Przetwarzanie końcowe

Po zakończeniu analizy program SOLIDWORKS automatycznie tworzy folder Results (Wyniki) zawierający domyślne wykresy wyników, które określiliśmy na początku lekcji: Stress1 (-vonMises-) (Napężenie1 (-wgMisesa-)), Displacement1 (-Res disp-) (Przemieszczenie1 (-Przemieszczenie wypadkowe-)) i Strain1 (-Equivalent-) (Odkształcenie1 (-Równoważne-)).

Wykresy wyników

Każdy wykres wyniku można wyświetlić, wykonując jedną z następujących czynności:

- Kliknąć dwukrotnie ikonężądanego wykresu (np. Stress1).
- W dowolnym folderze kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonężądanego wykresu (np. Stress1) i wybrać polecenie **Pokaż**.

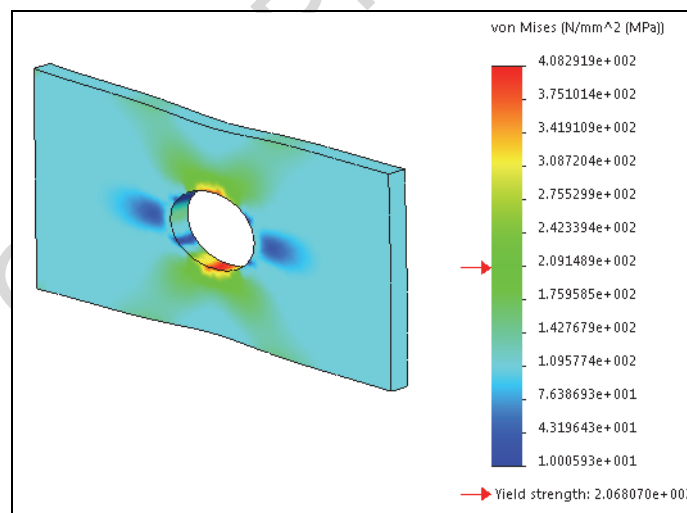


Kiedy wykres jest aktywny (wyświetlany w oknie modelu), można ponownie kliknąć jego ikonę prawym przyciskiem myszy i przejrzeć dostępne opcje.

19 Wyświetlić i zmodyfikować wykres Stress1 (-vonMises-).


W folderze Results (Wyniki) kliknąć dwukrotnie pozycję Stress1 (-vonMises-), aby wyświetlić wykres.

Należy zwrócić uwagę, że wykres naprężenia jest w megapaskalach (N/mm^2), natomiast legenda ma wartości w zapisie matematycznym z sześcioma cyframi, dokładnie tak jak ustawiliśmy w oknie **Opcje** na początku lekcji.



Widzimy, że maksymalna wartość zredukowanego naprężenia wg Misesa wynosi 408 MPa, co znacznie przekracza granicę plastyczności materiału wynoszącą 206 MPa. Dlatego obok wykresu znajduje się czerwony znacznik.

Edytowanie wykresów

Aby zmodyfikować wykres, należy kliknąć go prawym przyciskiem myszy i wybrać polecenie **Edytuj definicję** .

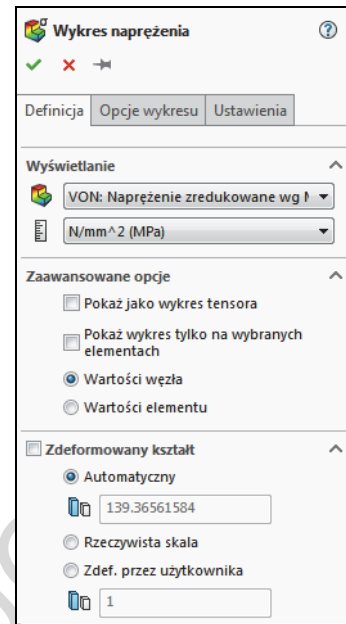
W oknie dialogowym **Wyświetlanie** można określić składową naprężenia, jednostki i typ wykresu.

W oknie dialogowym **Zaawansowane opcje** można wybrać kreślenie wartości **węzłów** lub **elementów**, co omówiono dokładniej poniżej.

Opcja **Pokaż jako wykres tensora** pozwala użytkownikom kreślić orientacje i wartości naprężeń głównych (patrz omówienie poniżej).

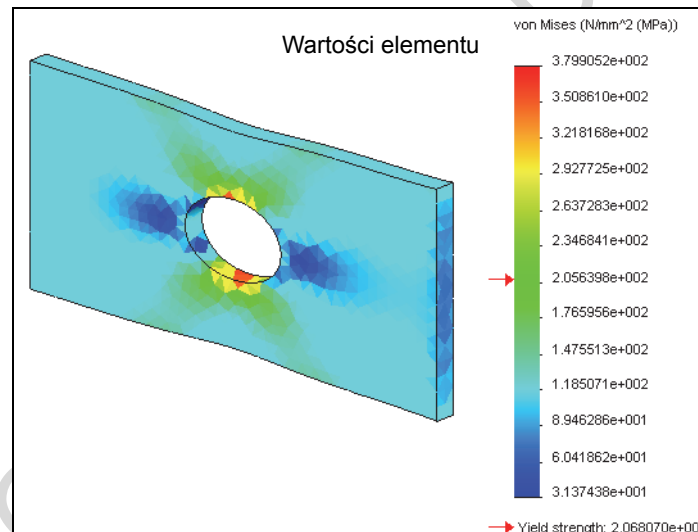
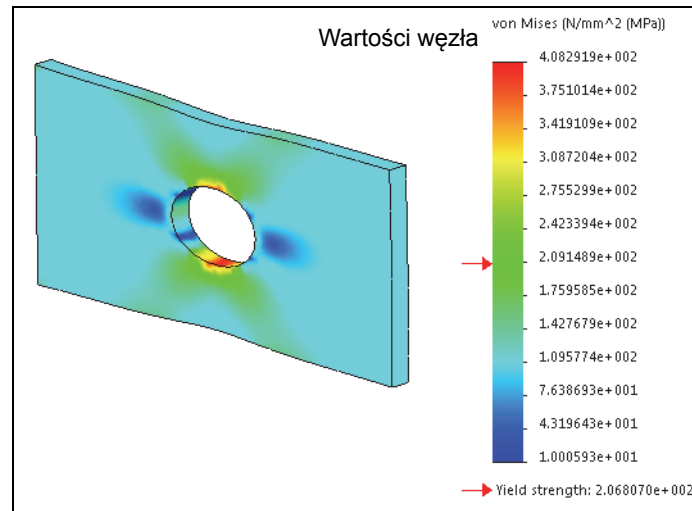
W oknie dialogowym **Zdeformowany kształt** użytkownik może określić skalę deformacji wykresu. Dostępne są następujące opcje skali: **Automatyczna** (domyślna), **Rzeczywista skala** i **Zdefiniowana przez użytkownika**.

Warto, aby studenci przećwiczyli wszystkie opcje.



Naprężenia węzłowe a naprężenia elementów

Na ilustracjach poniżej pokazano wartości węzłowe i wartości elementów naprężeń zredukowanych wg Misesa w naszym modelu.



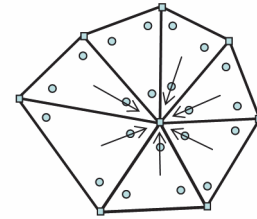
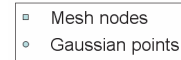
Wykres naprężenia pokazujący **wartości węzłowe** wygląda na „gładki”, podczas gdy wykres **wartości elementów** jest „chropowaty”.

Aby zrozumieć przyczynę tej odmienności wyglądu, trzeba znać różnice między naprężeniami węzłowymi a naprężeniami elementów.

W procesie generowania rozwiązania w każdym elemencie wyniki naprężenia są obliczane w wybranych miejscach, nazywanych punktami Gaussa. Elementy czworokątne pierwszego rzędu (o jakości roboczej) mają w swojej objętości jeden punkt Gaussa. Elementy czworokątne drugiego rzędu mają cztery takie punkty. Elementy skorupowe pierwszego rzędu zawierają jeden punkt Gaussa. Elementy skorupowe drugiego rzędu mają trzy punkty Gaussa.

Wartości węzłowe

Naprężenia w punktach Gaussa można ekstrapolować na węzły elementów. Najczęściej jeden węzeł jest wspólny dla kilku elementów, a każdy element podaje inne naprężenie w tym wspólnym węźle. Wartości podawane ze wszystkich sąsiadujących elementów są następnie uśredniane w celu uzyskania jednej wartości. Ta metoda uśredniania naprężeń generuje uśrednione (lub węzłowe) wyniki naprężeń.



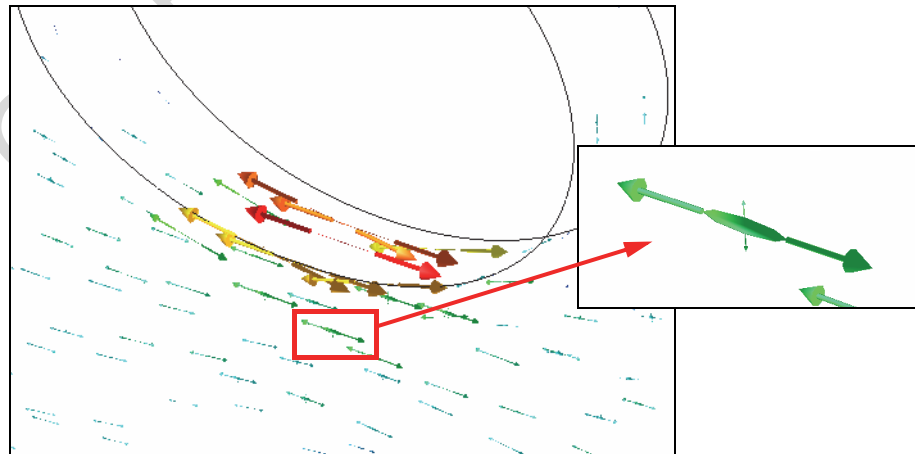
Wartości elementów

Alternatywnie można uśrednić wartości naprężeń ze wszystkich punktów Gaussa w każdym elemencie i podać jedną wartość naprężenia elementarnego. Mimo uśredniania tych naprężeń między punktami Gaussa są one nazywane naprężeniami nieuśrednionymi (lub naprężeniami elementów), ponieważ uśrednianie odbywa się wewnątrz, tylko w tym samym elemencie.

Naprężenia elementów i naprężenia węzłowe zawsze się różnią, jednak zbyt duża różnica oznacza, że siatka nie jest wystarczająco udoskonalona w danym miejscu. Praktyczne użycie tych wielkości omówiono w ćwiczeniu *Ćwiczenie 15: Bracket* na stronie 274.

Opcja Pokaż jako wykres tensora

Wykres tego typu pomaga wizualizować kierunki oraz wartości naprężeń głównych P1, P2 i P3. Z powodu dużych różnic między tymi wartościami naprężeń należy znacznie przybliżyć widok, aby zobaczyć wszystkie trzy strzałki.



**Modyfikowanie
wykresów
wyników**

Wykresy wyników można edytować na kilka sposobów, odpowiednio do potrzeb. Istnieją trzy podstawowe funkcje kontrolujące zawartość, jednostki, wyświetlanie i adnotacje na wykresach.

■ Edytuj definicję

Funkcja Edytuj definicję kontroluje definicję wyniku i jednostek, które mają być wyświetlane. Można na przykład zmienić definicję wykresu naprężenia tak, aby pokazywać naprężenie główne zamiast naprężenia zredukowanego wg Misesa.

■ Opcje wykresu

Funkcja Opcje wykresu kontroluje adnotacje. Opcje określają na przykład, które adnotacje są wyświetlane, a także kolor, typ jednostek (matematyczne, zmiennoprzecinkowe, ogólne) oraz liczbę miejsc dziesiętnych używanych w legendzie. Można również dostosować pozycje legendy i tytułów.

■ Ustawienia

Funkcja Ustawienia kontroluje wyświetlanie modelu.

Gdzie to znaleźć


- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres i wybrać polecenie **Edytuj definicję**. Kliknąć kartę **Definicja**, **Opcje wykresu** lub **Ustawienia**.
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres i wybrać polecenie **Edytuj definicję**, **Opcje wykresu** lub **Ustawienia**.

20 Zmodyfikować wykres.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres **Stress1** (-vonMises-) i wybrać polecenie **Opcje wykresu**.

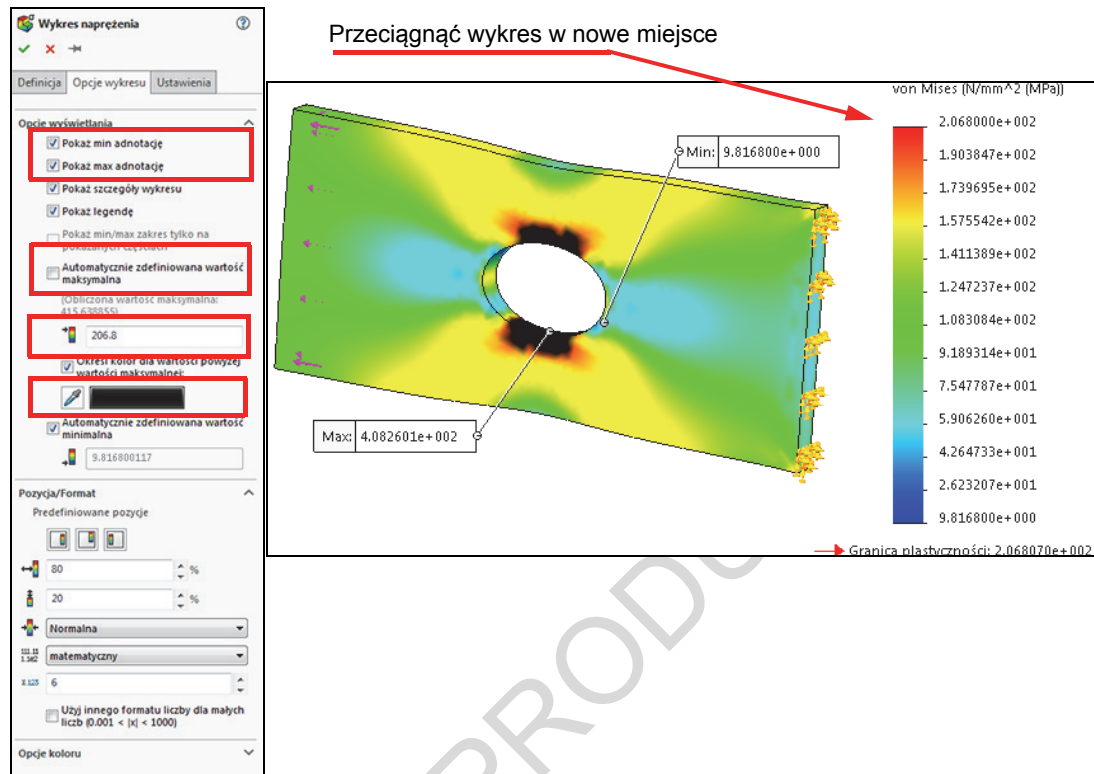
Zaznaczyć pola wyboru **Pokaż min. adnotację** i **Pokaż maks. adnotację**, aby na wykresie były wyświetlane znaczniki.

Wyczyścić pole wyboru **Automatycznie zdefiniowana wartość maksymalna** i w polu **AISI 304** wpisać wartość **206,8 MPa**.

Kliknąć **Dropper (Kroplomierz)** . Wskazać, że kolor czarny ma reprezentować wartości naprężenia przekraczające 206,8 MPa.

Opcje kolorów można modyfikować.

Kliknąć **OK** ✓, aby zapisać nowe ustawienia.



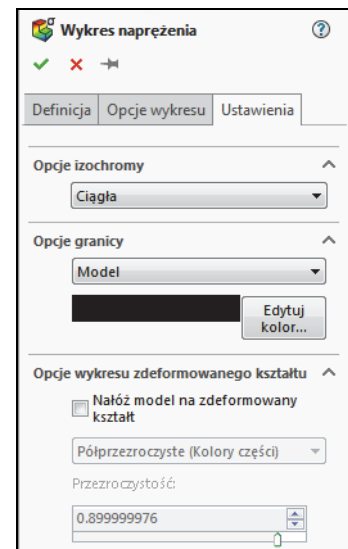
Uwaga

Czarne obszary na wykresie określają miejsca, gdzie naprężenie przekracza granicę plastyczności.

21 Zmodyfikować ustawienia wykresu naprężenia.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres Stress1 (-vonMises-) i wybrać polecenie **Ustawienia**.

W otwartym oknie dialogowym obejrzeć wartości opcji **Opcje izochromy**, **Opcje granicy** i **Opcje wykresu zdeformowanego kształtu**.

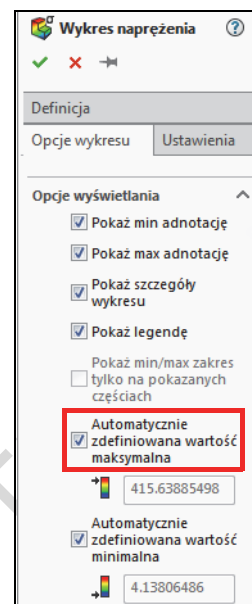


22 Ustawić automatyczne naprężenie maksymalne.

Na wykresie naprężeń zredukowanych wg Misesa kliknąć dwukrotnie legendę, aby otworzyć okno **Opcje wykresu**.

Zaznaczyć pole wyboru **Automatycznie zdefiniowana wartość maksymalna**, aby następował powrót do automatycznie zdefiniowanego zakresu naprężeń.

Kliknąć **OK** ✓.

**Inne elementy sterowania wykresami****Wprowadzenie: Wykres przekroju**

Dostępnych jest jeszcze kilka innych rodzajów wykresów umożliwiających wyświetlanie określonych wyników analizy.

Gdzie to znaleźć

- Menu: **Simulation > Narzędzia wyników > Przycinanie przekroju**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy istniejący wykres i wybrać polecenie **Przycinanie przekroju**

Wprowadzenie: Wykresy izo

Wykresy izo pokazują fragment modelu, gdzie wykreślony parametr ma określoną wartość lub mieści się w określonym przedziale wartości.

Gdzie to znaleźć

- Menu: **Simulation > Narzędzia wyników > Przycinanie izo**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy istniejący wykres i wybrać polecenie **Przycinanie izo**

Wprowadzenie: Sonda

Narzędzie Sonda pozwala wybrać punkt lub punkty w modelu, a następnie wyświetlić parametr wykresu w formie tabelarycznej i graficznej.

Gdzie to znaleźć

- Menu: **Simulation > Narzędzia wyników > Sonda**
- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres i wybrać polecenie **Sonda**.

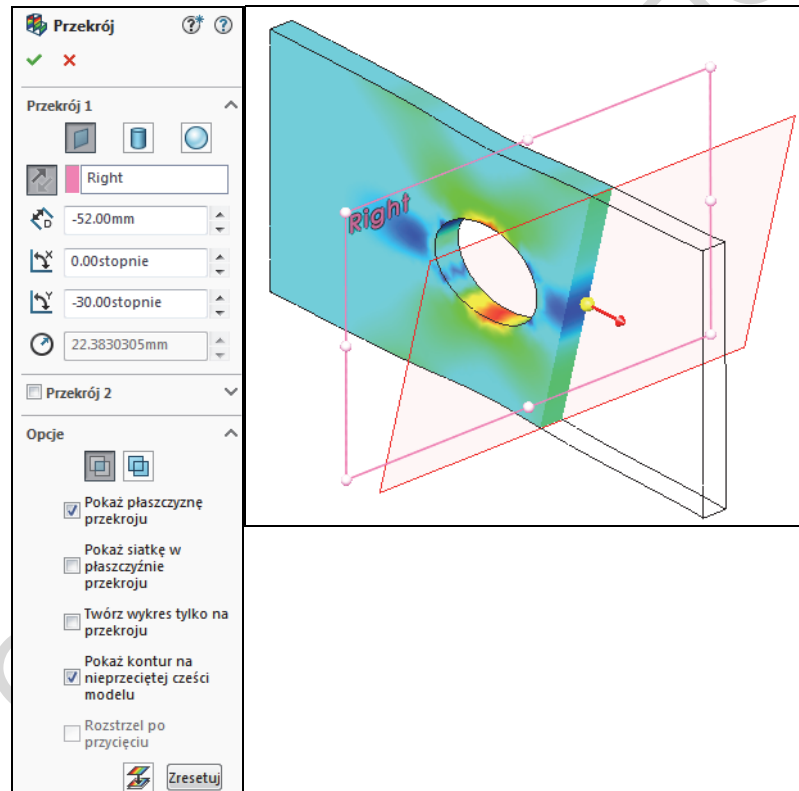
23 Utworzyć wykres przekroju.



W wielu zastosowaniach wygodnie jest przeciąć model, a następnie obejrzeć rozkład liczby wyników w kierunku przez grubość.


Kliknąć **Przycinanie przekroju** .

W wysuwanym menu programu SOLIDWORKS, w ustawieniu **Element odniesienia**, zaznaczyć prawą płaszczyznę.

Zachęcamy studentów do przetestowania wszystkich opcji i parametrów dostępnych w oknie dialogowym **Przekrój**. Użytkownik może również przeciągać triadę i w ten sposób łatwo przestawiać płaszczyznę cięcia w różne miejsca w modelu.



Za pomocą opcji **Odwróć kierunek przycinania**  i **Przycinanie włączone/wyłączone**  ustawić kierunek przycinania i wyłączyć wykres przekroju.

Kliknąć **OK** , aby zamknąć okno dialogowe **Przekrój**.


24 Utworzyć wykres izo.

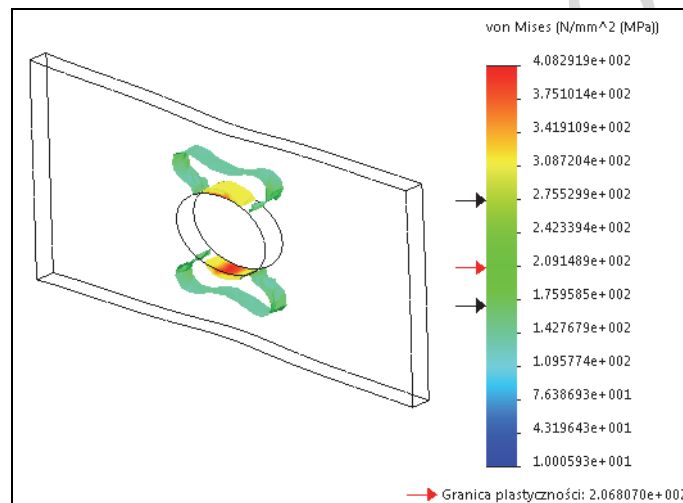
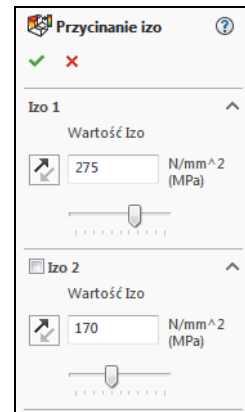
Założmy, że mają zostać wyświetlone fragmenty modelu, gdzie napężenie zredukowane wg Misesa wynosi od 170 MPa do 275 MPa.

Kliknąć **Przycinanie izo** . Zostanie otwarty menedżer właściwości PropertyManager **Przycinanie izo**.

W oknie dialogowym **Iso1 (Izo1)** w polu **Wartość Izo** wpisać **275 N/mm² [MPa]** [39 886 psi].



Zaznaczyć opcję **Iso 2 (Izo 2)** i w polu **Wartość Izo** wpisać **170 N/mm² [MPa]** [24 657 psi].

Kliknąć **OK** .



Czarne strzałki w legendzie naprężeń pokazują wartości zdefiniowane dla tych dwóch izopowierzchni.

Przećwiczyć opcje zawarte w oknie **Przycinanie izo**, ustawiając różne liczby izopowierzchni i różne kierunki cięcia.

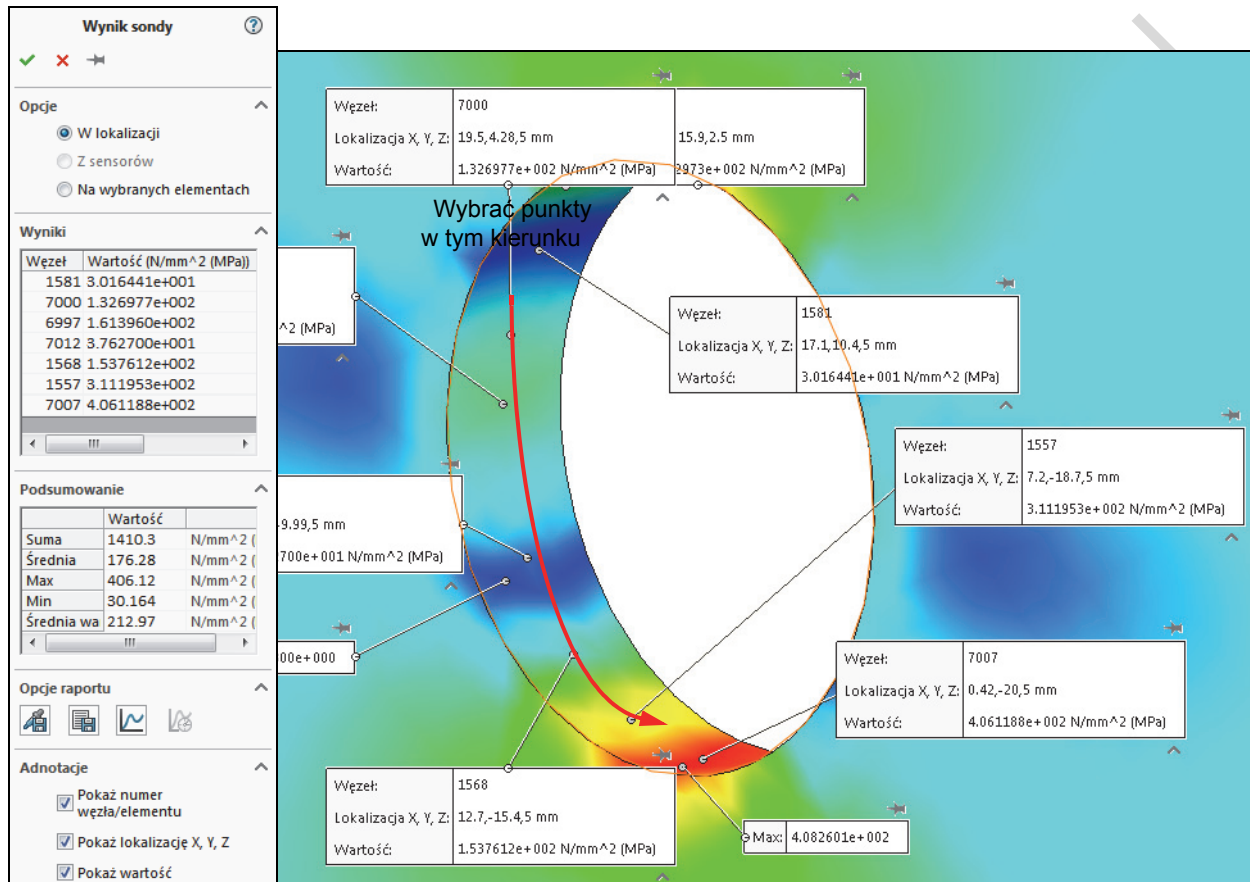
Za pomocą opcji **Odwróć kierunek przycinania**  i **Przycinanie włączone/wyłączone**  ustawić kierunek przycinania i zresetować wykres.

25 Wykonać sondowanie pod kątem wyników naprężeń.

Kliknąć **Sonda** .

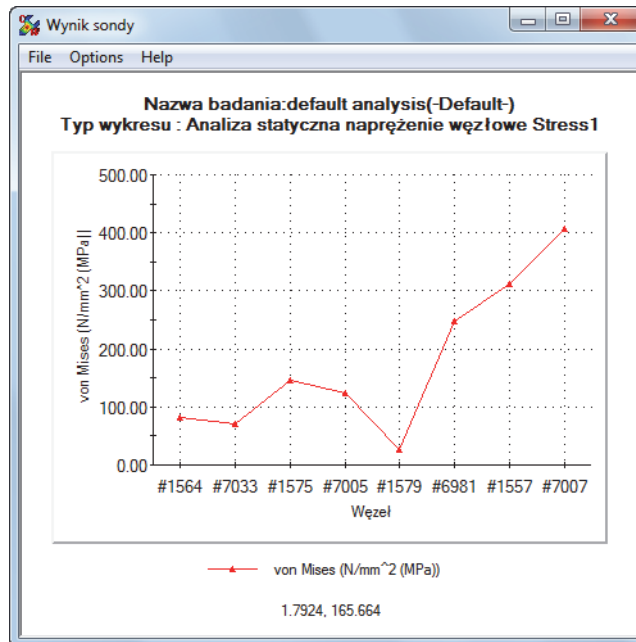
Wskaźnikiem myszy kliknąć żądane miejsca na wykresie. Warto przybliżyć widok obszaru.

Wyniki naprężeń są wyświetlone w tabeli dialogowej **Results (Wyniki)** oraz na wykresie w wybranych miejscach.




Za pomocą opcji w obszarze **Opcje raportu** można zapisać wyniki w pliku, utworzyć wykres ścieżki albo zapisać miejsca jako sensory (sensory omówiono dokładniej w dalszej części zajęć).

Kliknąć **Wykres** .



Na ilustracji powyżej pokazano wykres ścieżki naprężenia zredukowanego wg Misesa dla wybranych miejsc.

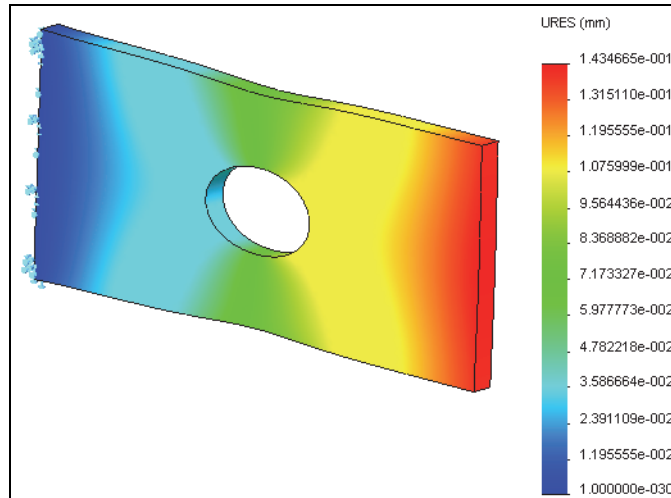
Kliknąć **OK** .

26 Wyświetlić wykres przemieszczenia.

Kliknąć dwukrotnie ikonę wykresu Displacement1 (-Res disp-) (Przemieszczenie1 (-Przemieszczenie wypadkowe-)).

Funkcje przetwarzania końcowego, których używanie przećwiczyliśmy na wykresie Stress1 (-vonMises-) (Naprężenie1 (-wgMisesa-)), dotyczą również wszystkich pozostałych wielkości wyników, takich jak przemieszczenie.

Maksymalne wypadkowe przemieszczenie wynosi 0,1435 mm
[0,00565 cala].

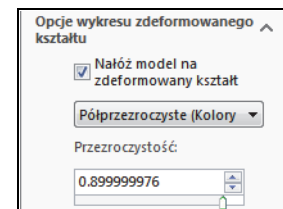


Uwaga

Wynik przemieszczenia zapisujemy tylko przy użyciu 6 cyfr, aby poćwiczyć opcje wykresu i porównać wyniki z badaniami dla innych siatek. Niepewności i założenia upraszczające użyte do utworzenia modelu nie uzasadniają tej dokładności.

27 Nałożyć niezdeformowany kształt.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres Displacement1 (-Res disp-) (Przemieszczenie1 (-Przemieszczenie wypadkowe-)) i wybrać polecenie **Ustawienia**.

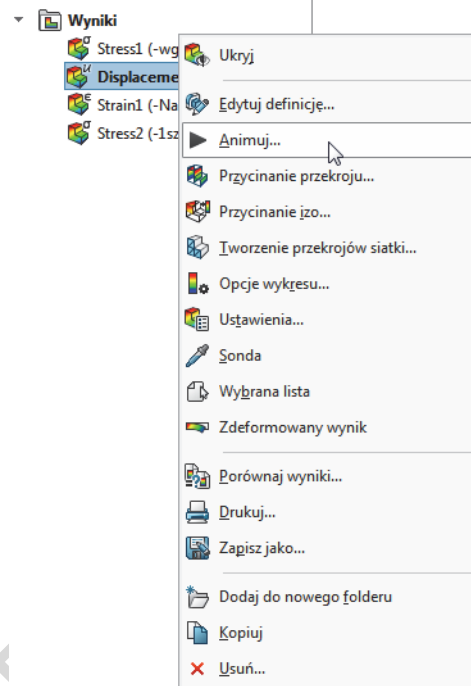


Zaznaczyć opcję **Nałożyć model na zdeformowany kształt**. Można również wyregulować przezroczystość niezdeformowanego obrazu.

Kliknąć **OK** ✓.

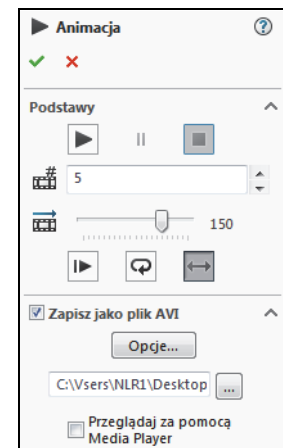
28 Wygenerować animację wykresu przemieszczenia.

Aby animować wykres przemieszczenia, kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres Displacement1 (-Res disp-) (Przemieszczenie1 (-Przemieszczenie wypadkowe-)) i wybrać polecenie **Animuj**.



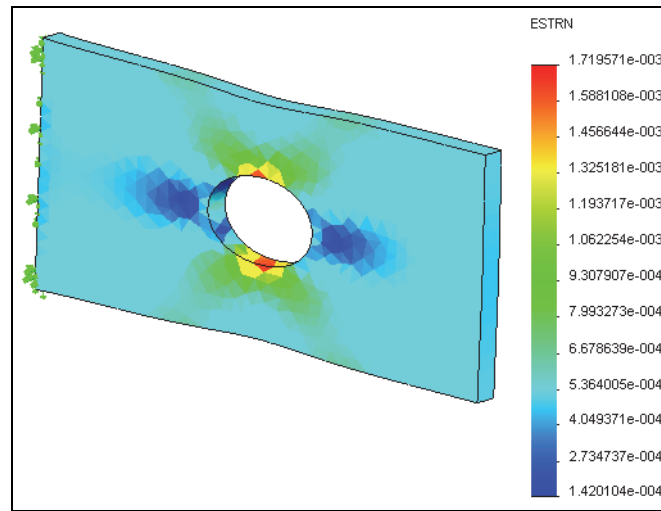
W menedżerze właściwości PropertyManager **Animacja** można rozpocząć i zatrzymać animację, ustawić liczbę klatek, określić prędkość oraz zapisać animację jako plik *.avi.

Studenci powinni wypróbować działanie tych opcji.



29 Utworzyć wykres wyników odkształcenia.

Kliknąć dwukrotnie ikonę Strain1 (-Equivalent-) (Odkształcenie1 (-Równoważne-)), a pojawi się wykres.



Zwrócić uwagę, że wyniki odkształceń są bezwymiarowe.

Wyniki odkształceń są domyślnie pokazywane w postaci nieuśrednionej (wartości elementów), podczas gdy wyniki naprężeń są wyświetlane domyślnie jako uśrednione (wartości węzłów).

Obejrzeć uważnie wykres odkształcenia z **wartościami elementów**.

Aby uzyskać wykres z uśrednionymi wartościami odkształcenia, kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Strain1 (-Equivalent-), a następnie wybrać kolejno opcje **Edytuj definicję** i **Wartości węzła**.

W celu obejrzenia dostępnych opcji wykresów kliknąć prawym przyciskiem myszy wykres Strain1 (-Equivalent-) (Odkształcenie1 (-Równoważne-)) i wybrać polecenie **Edytuj definicję**.

Wszystkie funkcje przetwarzania końcowego, których użyliśmy w odniesieniu do wykresu naprężeń, są dostępne również w przypadku wykresów odkształceń.


Inne wykresy

Istnieje jeszcze kilka innych wielkości przetwarzania końcowego, których można użyć po zakończeniu analizy.

**Wprowadzenie:
Wykres naprężenia**

Wykresy naprężeń służą do analizowania różnych składowych naprężeń, takich jak naprężenia główne i naprężenia kierunkowe. Domyślnie wykres naprężenia pokazuje naprężenie zredukowane wg Misesa.


Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy folder **Results** (wyniki) i wybrać polecenie **Zdefiniuj wykres naprężenia** 
- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Doradca wyników > Nowy wykres > Naprężenie**

**Wprowadzenie:
Wykres
przemieszczenia**

Wykresy przemieszczeń służą do analizowania kierunkowych składowych przemieszczeń.


Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy folder **Results** (wyniki) i wybrać polecenie **Zdefiniuj wykres przemieszczenia** 
- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Doradca wyników > Nowy wykres > Przemieszczenie**

**Wprowadzenie:
Wykres
współczynnika
bezpieczeństwa**

Wykres współczynnika bezpieczeństwa pokazuje bezpieczeństwo projektu w oparciu o wytrzymałość konstrukcyjną materiału (zazwyczaj granicę plastyczności). Ten wykres omówiono dokładniej w *Lekcji 5*:


Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy folder **Results** (wyniki) i wybrać polecenie **Zdefiniuj wykres współczynnika bezpieczeństwa** 
- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Doradca wyników > Nowy wykres > Współczynnik bezpieczeństwa**

**Wprowadzenie:
Wykres sprawdzenia
zmęczenia**

Wykres sprawdzenia zmęczenia pozwala szybko sprawdzić, czy w projekcie komponentu trzeba zwracać uwagę na zmęczenie.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy folder **Results** (wyniki) i wybrać polecenie **Zdefiniuj wykres sprawdzenia zmęczenia** 

Ważne!

Wykres sprawdzenia zmęczenia jest dostępny tylko w aplikacji Simulation Professional.


30 Utworzyć wykres sprawdzenia zmęczenia.

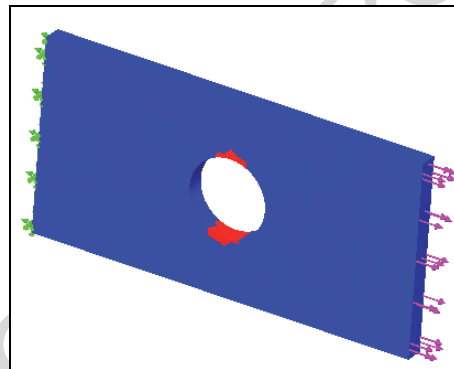
Kliknąć **Zdefiniuj wykres współczynnika bezpieczeństwa** .

W ustawieniu **Typ obciążenia** zaznaczyć wartość **Wł./wyl. obciążania**, aby wskazać, że siła rozciągająca może się zmieniać w zakresie od 0 do 110 000 N.

W ustawieniu **Współczynnik wykończenia powierzchni** zaznaczyć opcję **Obrobiony**. W ustawieniach **Współczynnik obciążenia** i **Współczynnik rozmiaru** zachować wartości domyślne — **Osiowe** i **0,75**.

W obszarze **Materiał** w ustawieniach **Skaluj tę wartość** i **Minimalny współczynnik bezpieczeństwa** zachować domyślne wartości **1**.

Kliknąć **OK** .




Wykres sprawdzenia zmęczeniowego

Komunikat

Współczynniki modyfikujące


Typ obciążenia




☒ Obliczaj
☐ Określ

☒ Obrobiony

0.93

 Osiowe

0.923

 0.75

Współczynnik całkowity:
0.643793

Materiał

Materiał: AISI 304


Wytrzymałość zmęczeniowa:
2.58509e+008 N/m²

Skaluj tę wartość

1

Minimalny współczynnik bezpieczeństwa

1


 **Możliwy problem zmęczenia**

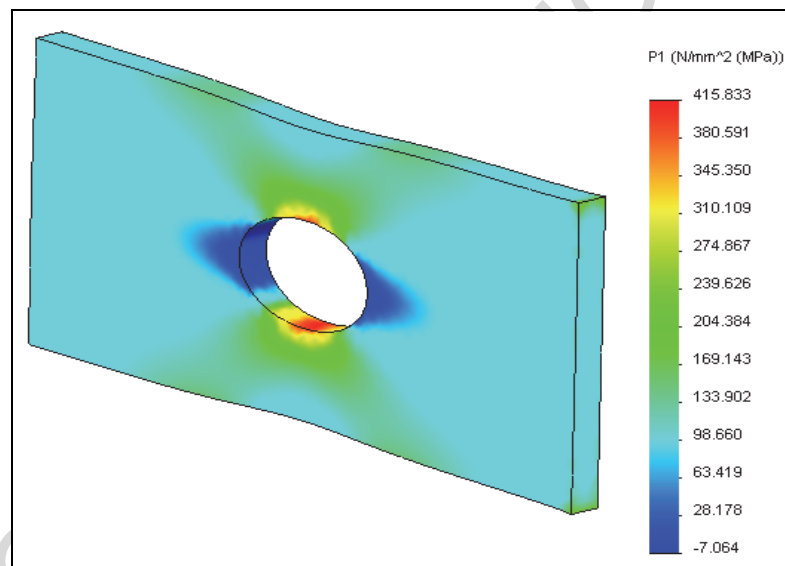
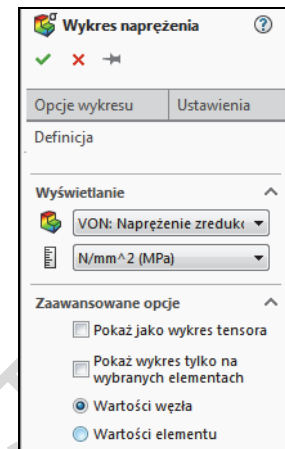
Powinieneś uruchomić pełną analizę zmęczenia, aby uzyskać bardziej szczegółowe wyniki.

Obszary w kolorze czerwonym sygnalizują potencjalne problemy ze zmęczeniem. Może być konieczne wykonanie dokładniejszych obliczeń przy użyciu modułu badania zmęczeń dostępnego w programie SOLIDWORKS Simulation Professional.

31 Zdefiniować wykres P1: Naprężenie 1-sze główne.

Kliknąć **Zdefiniuj wykres naprężenia** .

Jako składową naprężenia zaznaczyć **P1:**
Naprężenie 1-sze główne, zachować domyślne
wartości pozostałych opcji i kliknąć przycisk
OK .



Widać, że maksymalna wartość naprężenia 1-szego głównego — 416 MPa [60 304 psi] — jest bardzo bliska maksymalnej wartości naprężenia zredukowanego wg Misesa wynoszącej 408 MPa [59 218 psi]. Wynika to z faktu, iż podane obciążenie rozciągające jest jedyną dominującą składową obciążenia, co powoduje występowanie głównie naprężenia rozciągającego wzdłuż poziomego kierunku płyty.

Wiele badań

Wykonaliśmy analizę prostokątnej wydrążonej płyty przy użyciu siatki domyślnej. Teraz chcielibyśmy zobaczyć, jak zmiana gęstości siatki wpłynie na wyniki. Dlatego wykonamy analizę jeszcze dwukrotnie, ustawiając raz siatkę bardziej gruboziarnistą, a raz drobniejszą.

Aby powtórzyć analizę z grubszą siatką, moglibyśmy utworzyć nową siatkę w badaniu analiza domyślna. To jednak spowodowałoby zastąpienie starych wyników.

Dlatego w celu zachowania wyników poprzedniego badania utworzymy nowe badanie o nazwie analiza uproszczona. Nowe badanie można utworzyć na kilka sposobów.

Tworzenie nowych badań

Nowe badania można tworzyć na dwa sposoby:

- Utworzenie nowego badania od podstaw.
- Powielenie istniejącego badania. Kliknąć prawym przyciskiem myszy kartę badania, które ma zostać powielone, i wybrać polecenie Duplikat. Opcja ta działa w zasadzie tak samo jak skopiowanie badania i wklejenie go do nowego pustego badania.

Po uruchomieniu tej funkcji program SOLIDWORKS Simulation wyświetla okno **Zdefiniuj nazwę badania**. Umożliwia ono nadanie duplikatowi nazwy oraz wybranie konfiguracji modelu.

Kopiowanie parametrów

Podczas tworzenia nowego badania można kopiować materiał, umocowania i siły zewnętrzne z istniejących badań — nie trzeba ich tworzyć od nowa. W celu skopiowania parametrów należy je przeciągnąć z drzewa badania programu Simulation do karty nowego badania.

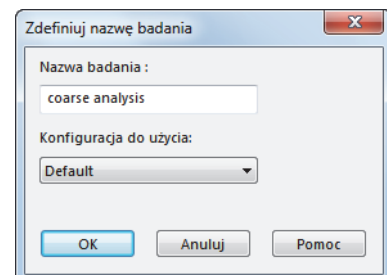
Uwaga

Zduplikowanie badania powoduje skopiowanie również jego ustawień, umocowań, sił zewnętrznych, siatki i wyników.

32 Utworzyć duplikat badania.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy kartę domyślnej analizy i wybrać polecenie **Duplikat**.

W polu nazwy badania wpisać analiza uproszczona. Model ma tylko konfigurację domyślną, w związku z czym konfiguracji nie można zmienić.



33 Utworzyć nową siatkę w badaniu analiza uproszczona.

W badaniu analiza uproszczona kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Siatka i wybrać polecenie **Utwórz siatkę**. Pojawi się okno z następującym ostrzeżeniem:

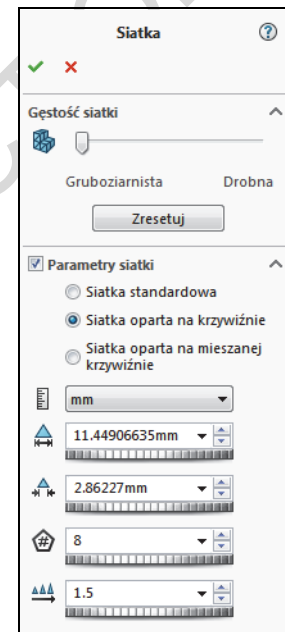
Remeshing will delete the results for study: coarse analysis (Ponowne utworzenie siatki spowoduje usunięcie wyników badania „analiza uproszczona”).

Kliknąć przycisk **OK**, aby zamknąć okno **Siatka**.

W ustawieniu **Parametry siatki** zaznaczyć opcję **Siatka oparta na krzywiźnie**.

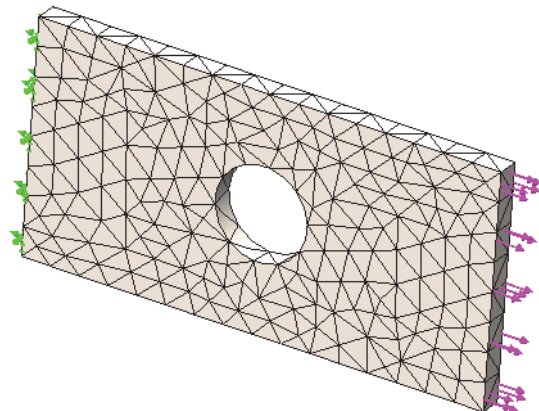
Przesunąć suwak **Współczynnik siatki** do końca w lewo. W ustawieniu **Maksymalny rozmiar elementu** powinna być widoczna wartość **11,4491 mm** [0,4508 cala].

Kliknąć **OK** ✓.



Wygenerowana siatka zostanie wyświetlona z prawej strony.

Należy zwrócić uwagę, że na grubości siatki jest tylko jeden element. W analizie domyślnej siatka była gruba na dwa elementy.

**Uwaga**

Siatka jest raczej gruboziarnista. Później wyjaśnimy, dlaczego tego typu siatka nie zapewnia wiarygodnych wyników.

34 Wyświetlić szczegóły siatki.

Po utworzeniu siatki można przejść do jej szczegółowych informacji, klikając prawym przyciskiem myszy pozycję Siatka i wybierając polecenie **Szczegóły**.

Te same szczegółowe dane można oczywiście obejrzeć także w przypadku „starej” siatki, z badania analiza domyślna.

Siatka Szczegóły	
Nazwa badania	coarse analysis (-Default)
Typ siatki	Siatka bryłowa
Użyty generator siatki	Siatka oparta na krzywej
Punkty jacobianu	4 punktów
Maksymalny rozmiar elementu	11.4491 mm
Minimalny rozmiar elementu	2.86227 mm
Jakość siatki	Wysoka
Całkowita liczba węzłów	2427
Całkowita liczba elementów	1173
Maksymalny współczynnik kształtu	3.5686
Procent elementów o współczynniku kształtu < 3	99
Procent elementów o współczynniku kształtu > 10	0
% zniekształconych elementów (Jacobian)	0
Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:01

Wiele elementów z tej listy zostanie omówionych w następnych lekcjach.

35 Uruchomić analizę.

36 Wyświetlić wyniki przemieszczenia i naprężenia.

Spisać wartości maksymalnego przemieszczenia (0,143 mm 0,00563 cala) i maksymalnego naprężenia zredukowanego wg Misesa (403 Mpa/58 393 psi).

Uwaga

Wszystkie ustawienia wykresu pozostają takie same jak w badaniu analiza domyślna, ponieważ definicje wykresów zostały skopiowane z tego badania.

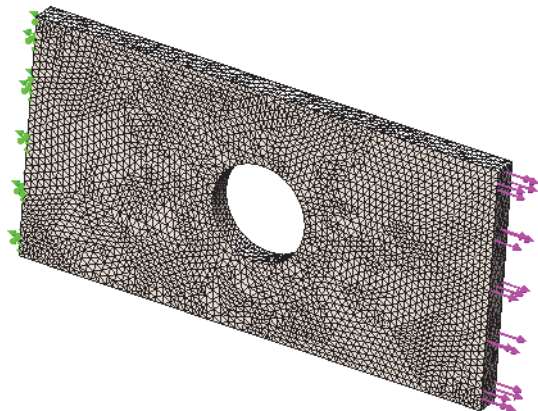
37 Ponownie wykonać analizę — tym razem przy drobniejszej siatce.

Powtórzyć kroki od **32** do **35**, aby wygenerować nowe badanie z drobną siatką. Nazwać je analiza precyzyjna.

Podczas generowania siatki przesunąć suwak do końca w prawo. W ustawieniu **Maksymalny rozmiar elementu** powinna być widoczna wartość **2,86227 mm** [0,1127 cala].

Drobna siatka utworzona przy użyciu powyższych ustawień zostanie wyświetlona z prawej strony.

Warto zwrócić uwagę, że teraz w kierunku przez grubość siatka zawiera kilka elementów. Później wyjaśnimy, że taka siatka pozwala na wiarygodną analizę.



38 Wyświetlić wyniki przemieszczenia i naprężenia.

Spisać wartości maksymalnego przemieszczenia (0,144 mm
0,00567 cala) i maksymalnego naprężenia zredukowanego wg Misesa
(415 Mpa/60 252 psi).

**Sprawdzenie
zbieżności i
dokładności**

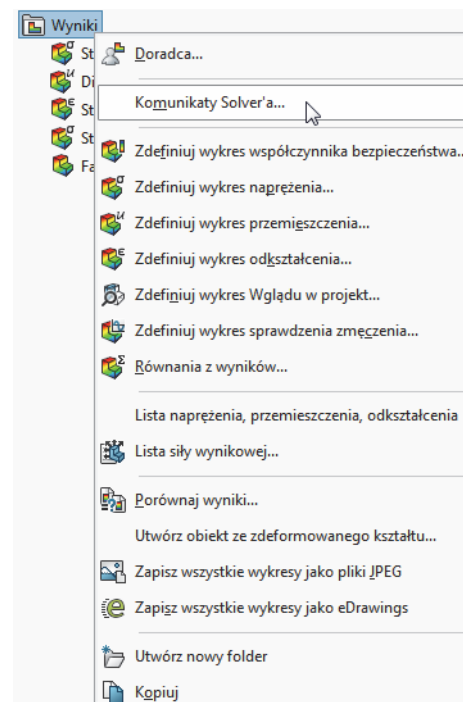
Teraz musimy zebrać informacje ze wszystkich trzech badań (analiza domyślna, analiza uproszczona i analiza precyzyjna), po czym porównać wyniki przemieszczenia oraz maksymalnego naprężenia zredukowanego wg Misesa przy różnej dokładności siatki. Maksymalne przemieszczenie i naprężenie zredukowane wg Misesa możemy wyznaczyć z wykresów.

Musimy również ustalić liczby elementów i węzłów w każdej siatce. Dane te znajdują się w oknach **Szczegóły siatki** dla poszczególnych siatek.

Na koniec musimy określić liczbę stopni swobody w każdym modelu. W tym celu moglibyśmy policzyć niepowiązane węzły, odejmując liczbę węzłów na powiązanej ścianie od liczby węzłów podanej w szczegółach siatki. Następnie ten wynik należałoby pomnożyć przez trzy, ponieważ każdy węzeł w siatce elementu bryłowego ma 3 stopnie swobody. Jednak znacznie łatwiejszą metodą jest kliknięcie folderu Results (Wyniki) w każdym badaniu i wybranie polecenia **Komunikaty solvera** (patrz niżej).

39 Zapoznać się z komunikatami solvera.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy folder Results (Wyniki) i wybrać polecenie **Komunikaty solvera**. Spisać liczby elementów, węzłów i stopni swobody.



Podsumowanie wyników

W tabeli poniżej zamieszczono podsumowanie wyników uzyskanych w trzech badaniach:

Gęstość siatki	Maks. przemieszczenie [mm]	Maks. naprężenie zredukowane wg Misesa [MPa]	Liczba stopni swobody	Liczba elementów	Liczba węzłów
analiza uproszczona	0,1432142	402,589	7128	1173	2427
analiza domyślna	0,1434665	408,323	44 037	8677	14 844
analiza precyzyjna	0,1435111	415,605	310 977	68 511	104 248

Należy zwrócić uwagę, że wszystkie wyniki w tej tabeli dotyczą tego samego problemu. Różna jest jedynie gęstość siatki. Mogą wystąpić niewielkie różnice między wynikami uzyskanymi samodzielnie a podanymi w tabeli. Wynika to z obecności lub braku uaktualniających dodatków Service Pack itd. Na podstawie spostrzeżenia, że maksymalne przemieszczenie modelu rośnie wraz z doprecyzowywaniem siatki możemy stwierdzić, że wraz ze wzrostem liczby stopni swobody model staje się mniej sztywny (lub bardziej miękki). W naszym przypadku wybierając elementy drugiego rzędu, narzuciliśmy założenie, że pole przemieszczenia w każdym elemencie jest opisane przez funkcje wielomianowe drugiego stopnia.

Podczas udoskonalania siatki pole przemieszczenia w każdym elemencie jest nadal opisywane funkcjami wielomianowymi drugiego stopnia, jednak większa liczba elementów umożliwia wykonanie dokładniejszych przybliżeń dla pól rzeczywistego przemieszczenia i naprężenia.

Możemy stwierdzić, że sztuczne powiązania wynikające z definicji elementu stają się coraz mniej istotne w miarę udoskonalania siatki. Przemieszczenia są zawsze głównymi niewiadomymi w metodzie FEA, a naprężenia oblicza się na podstawie wyników przemieszczeń. Dlatego naprężenia rosną wraz z udoskonalaniem siatki. Gdybyśmy kontynuowali udoskonalanie siatki, zobaczylibyśmy, że ostatecznie wyniki przemieszczeń i naprężeń zbiegłyby się do wartości skończonej. Ta granica jest rozwiązaniem modelu matematycznego. Różnice między rozwiązaniem w modelu FEA a rozwiązaniem w modelu matematycznym wynikają z obecności błędu dyskretyzacji. Błąd dyskretyzacji maleje w miarę udoskonalania siatki.

**Porównanie z
wynikami
analitycznymi**

Wykonany przez nas proces kolejnych udoskonaleń siatki jest nazywany konwergencją. Jego celem jest ustalenie wpływu ustawień dyskretyzacji (rozmiarów elementów) na interesujące nas dane, którymi w tej lekcji są maksymalne wypadkowe przemieszczenia i maksymalne naprężenie zredukowane wg Misesa.

Nieskończenie długa prostokątna płyta z otworem poddana działaniu obciążenia rozciągającego ma rozwiązanie analityczne [1]. Porównujemy wyniki metody FEA z wynikami analitycznymi.

Parametry W, D i T określają szerokość (100 mm), średnicę otworu (40 mm) i grubość (10 mm) płyty. P to obciążenie rozciągające o wartości 110 000 N lub 24 729 funtów. Na potrzeby porównania z wynikami analitycznymi wygodniej nam używać systemu SI, ponieważ model programu SOLIDWORKS został zdefiniowany w mm.

σ_n to naprężenie normalne w przekroju poprzecznym zawierającym otwór, K_n to współczynnik koncentracji naprężenia, a σ_{max} to maksymalne naprężenie główne.

$$\sigma_n = \frac{P}{(W - D) \times T} = \frac{110000}{(100 - 40) \times 10} = 183.33 \text{ MPa}$$

$$K_n = 3 - 3.13\left(\frac{D}{W}\right) + 3.66\left(\frac{D}{W}\right)^2 - 1.53\left(\frac{D}{W}\right)^3 = 2.23568$$

$$\sigma_{max} = K_n \times \sigma_n = 183.33 \times (2.23568) = 409.87 \text{ MPa}$$

Obejrzyć wykres **P1: Naprężenie 1-sze główne** z badania analiza domyślna. Maksymalna osiągnięta wartość to 415,83 MPa, co odpowiada ok. 60,3 ksi.

W związku z tym różnica wynosi:

$$\text{różnica} = \left[\frac{\text{Rozwiązania numeryczne} - \text{TEORIA}}{\text{Rozwiązania numeryczne}} \right] = \left[\frac{415.83 - 409.87}{415.83} \right] = 1.43$$

Różnica 1,43% między wynikiem z programu SOLIDWORKS Simulation a wynikiem z rozwiązania analitycznego niekoniecznie oznacza, że wynik z programu SOLIDWORKS Simulation jest gorszy i obarczony błędem 1,43%.

Przy porównywaniu wyników trzeba być bardzo ostrożnym. Należy zwrócić uwagę, że rozwiązanie analityczne ma zastosowanie tylko do przypadku bardzo cienkiej płyty, gdzie zakłada się warunek płaskiego stanu naprężenia. Program SOLIDWORKS Simulation oblicza rozwiązanie dla modelu 3D o znacznej grubości (10 mm) i uwzględnia realistyczny rozkład naprężenia na całej grubości płyty. Ponadto bierze pod uwagę fakt, iż płyta ma długość skończoną (200 mm), a nie nieskończoną, jak ma to miejsce w rozwiązaniu analitycznym.

Dodatkowo szczegółowa kontrola wyników naprężenia pokazuje gradient naprężenia na grubości płyty, czego w ogóle nie uwzględnia model analityczny. Dlatego można wiążąco uznać, że program SOLIDWORKS Simulation dostarcza dokładniejszych informacji o naprężeniu niż rozwiązanie analityczne.

Raporty

Czasami wyniki trzeba zapisać w postaci raportu do celów późniejszej weryfikacji, prezentacji lub archiwizacji.

Raporty można publikować w formacie programu Microsoft Word. Do raportu można dodać różne sekcje z listy często używanych, wstępnie zdefiniowanych tematów. Domyślne ustawienia **raportów** można otworzyć z menu **Simulation > Opcje**.

Oto przykłady wstępnie zdefiniowanych sekcji:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| ■ Opis | ■ Założenia |
| ■ Informacje o modelu | ■ Właściwości badania |
| ■ Jednostki | ■ Właściwości materiału |
| ■ Obciążenia i umocowania | ■ Definicje złącza |
| ■ Informacje kontaktowe | ■ Informacje siatki |
| ■ Szczegóły sensora | ■ Siły wypadkowe |
| ■ Belki | ■ Wyniki badania |
| ■ Konkluzja | ■ Załącznik |

Aby zmodyfikować zawartość sekcji, należy ją zaznaczyć na liście Uwzględnione sekcje i określić odpowiednio właściwości.

Gdzie to znaleźć

- Menu: **Simulation > Raport** 
- Pasek narzędzi **Simulation**: Kliknąć **Raport**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Simulation > Raport**

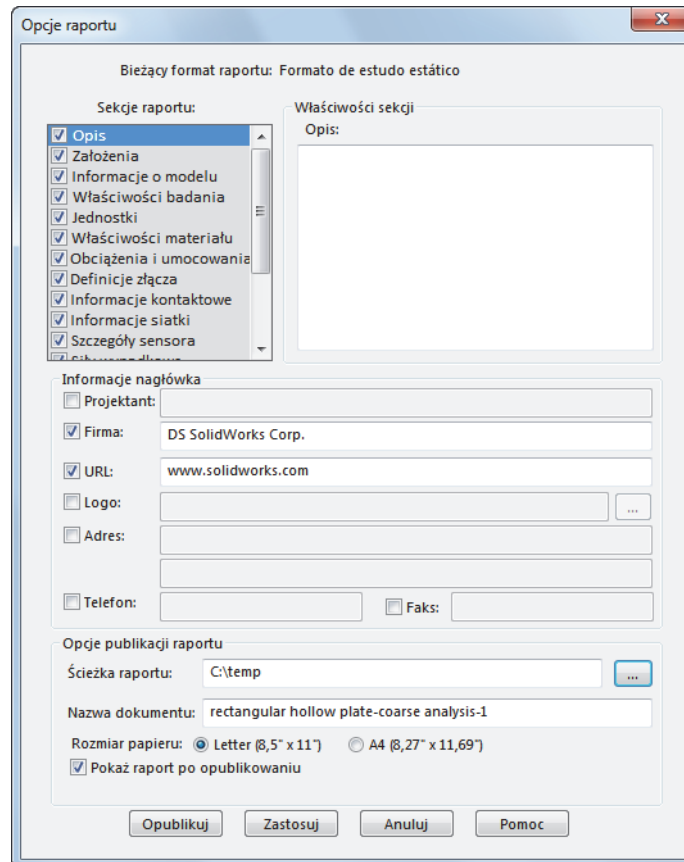
40 Wygenerować raport w formacie programu Microsoft Word.

Kliknąć **Raport** .

41 Dodać sekcje.

W obszarze **Sekcje raportu** zaznaczyć wymagane części raportu. Można na przykład usunąć zaznaczenie opcji **Informacje kontaktowe**, ponieważ w analizie nie ma takich danych.

Wypełnić obszar **Informacje nagłówka** i kliknąć **Opublikuj**.

**42 Przeanalizować raport.**

Otworzyć raport w programie Microsoft Word i przyjrzeć się jego wynikom.

43 Zapisać i zamknąć plik.

Podsumowanie

Użyliśmy prostego modelu wydrążonej prostokątnej płyty, aby przedstawić interfejs programu SOLIDWORKS Simulation i jednocześnie wykonać wszystkie najważniejsze kroki procesu analizy metodą FEA.

Utworzyliśmy kilka badań w celu przeprowadzenia liniowej analizy statycznej na trzech różnych siatkach.

Przygotowując modele do analizy i badając wyniki uzyskane przy różnych siatkach, wprowadziliśmy koncepcje błędu modelowania i błędu dyskretyzacji.

Celem pierwszej lekcji było wyjaśnienie metodyki FEA oraz umiejętności w zakresie obsługi oprogramowania potrzebnych do ukończenia następnych lekcji.

Literatura

1. Young and Budynas, Roark's Formulas for Stress and Strain (Wzory Roarka na obliczanie naprężeń i odkształceń), wydanie 7.

Pytania

- Etap wstępnego przetwarzania w metodzie FEA obejmuje następujące kroki:
 1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____
 5. _____
- Gęstość siatki elementów skończonych znacząco wpływa na wyniki analizy (tak/nie).
- Zasadniczo bardziej wiarygodne wyniki analizy uzyskuje się przy (drobniejszej/bardziej gruboziarnistej) siatce. W związku z tym czas potrzebny na wykonanie obliczeń w analizie (wydłuża się/skraca się), ale jest to nieunikniona konsekwencja.

Docelowo staramy się projektować optymalne siatki łączące rozsądny poziom dokładności z akceptowalnymi czasami wykonywania analiz.
- Podstawową niewiadomą w analizie metodą elementów skończonych są (przemieszczenia/odkształcenia/naprężenia). W związku z tym ta wielkość jest najdokładniejsza.

- Poziomy dokładności (przemieszczeń/odkształceń/naprężeń) i (przemieszczeń/odkształceń/naprężeń) są mniej więcej takie same, ale znacznie niższe niż w przypadku (przemieszczeń/odkształceń/naprężeń). Dlatego siatka musi być dość drobna, aby można było uzyskać dokładne wyniki (przemieszczeń/odkształceń/naprężeń).
- (Zwiększenie/zmniejszenie dokładności) siatki powoduje uzyskiwanie rozwiązań przybliżających się do rozwiązania analitycznego z modelu matematycznego.

NOT FOR REPRODUCTION

Ćwiczenie 15: Bracket

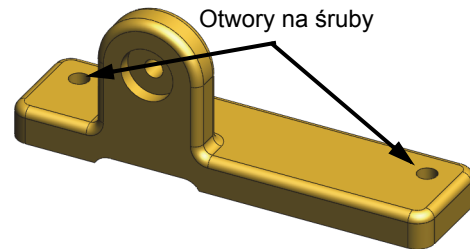
W tym ćwiczeniu będziemy analizować prostą część mającą jedno umocowanie i jedną siłę zewnętrzną.

W tym laboratorium są wykorzystywane następujące umiejętności:

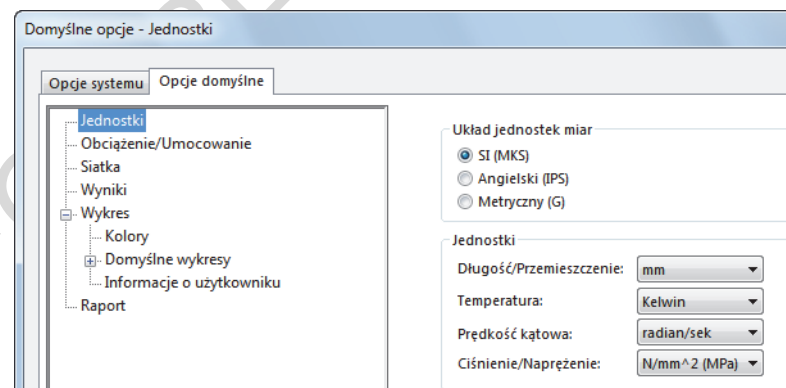
- *Umocowania* na stronie 232.
- *Obciążenia zewnętrzne* na stronie 236.
- *Tworzenie siatki* na stronie 241.
- *Wiele badań* na stronie 264.

Zadanie problemowe

Aluminiowa część złożenia będzie analizowana pod kątem maksymalnych naprężeń i przemieszczeń. Część jest przykręcona do reszty złożenia przez dwa otwory na śruby, jak widać na ilustracji. Następnie część jest poddawana działaniu standardowej siły 500 N przyłożonej do ściany pogłębienia walcowego.

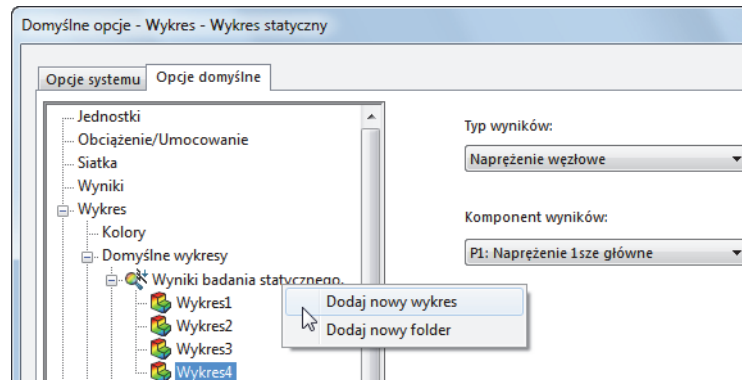


- 1 **Otworzyć plik z częścią.**
W folderze Lesson07\Exercises otworzyć ćwiczenie Bracket.
- 2 **Skonfigurować opcje programu SOLIDWORKS Simulation.**
W menu programu **Simulation** wybrać polecenie **Opcje**.

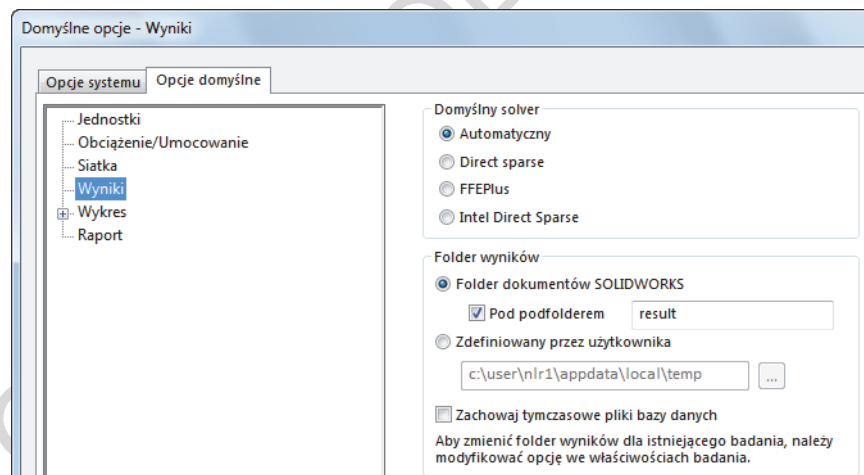


Kliknąć kartę **Opcje domyślne** i w ustawieniu **Układ jednostek miar** zaznaczyć dla tej analizy opcję **SI (MKS)**. W oknie dialogowym **Jednostki** w polach **Długość/przemieszczenie** i **Ciśnienie/naprężenie** zaznaczyć odpowiednio wartości **mm** i **N/mm² (MPa)**.

Po zakończeniu każdego badania statycznego będą generowane następujące domyślne wykresy wyników: zredukowanego naprężenia węzłowego wg Misesa i wypadkowego przemieszczenia.

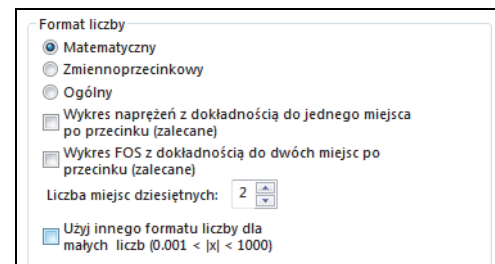


Kliknąć prawym przyciskiem myszy folder Wyniki badania statycznego i wybrać polecenie **Dodaj nowy wykres**. Dla węzłowego naprężenia **P1: Naprężenie 1-sze główne** zostanie wygenerowany nowy domyślny wykres wyniku.



Wskażać podfolder results w katalogu dokumentów programu SOLIDWORKS jako miejsce zapisywania plików wyników.

- 3 **Określić format liczb.**
Wybrać obszar **Kolory**.
Zaznaczyć opcję Matematyczny i ustawić 2 miejsca dziesiętne.



- 4 **Zdefiniować badanie statyczne.**
Utworzyć nowe badanie statyczne o nazwie analiza naprężeń.

5 Zastosować właściwości materiału.

Kliknąć **Zastosuj/edytuj materiał** .


Z biblioteki materiałów programu SOLIDWORKS wybrać materiał **Stop aluminium 1060**.

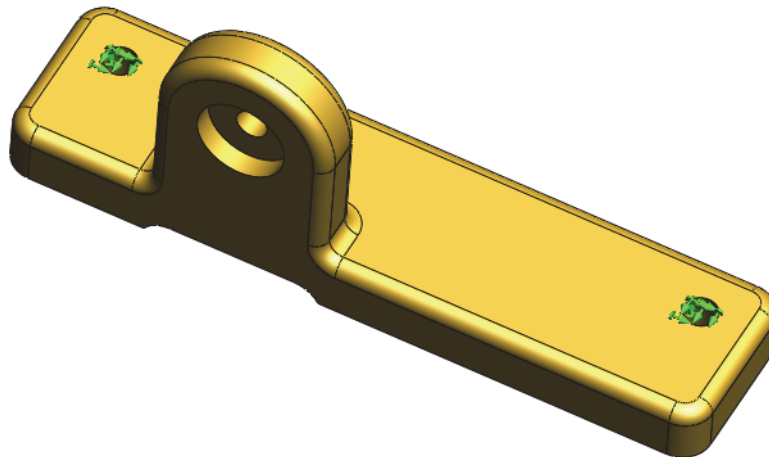
Kliknąć **Zastosuj i Zamknij**.

6 Zastosować umocowania.

Kliknąć **Nieruchoma geometria** .

Zastosować umocowanie do ścian, jak pokazano na ilustracji poniżej.

Kliknąć **OK** .



To umocowanie symuluje sposób przymocowania części do reszty złożenia.

W tym ćwiczeniu są używane umocowania w postaci nieruchomej geometrii, aby wymodelować połączenia śrubowe mocujące wspornik do pozostałych elementów większego złożenia. Ponadto w ćwiczeniu ignorowana jest obecność innych części, do których wspornik jest przymocowany.

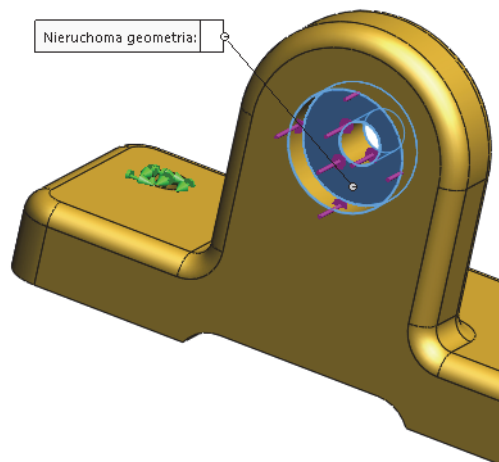
W późniejszych lekcjach zostaną omówione dokładniejsze i bardziej przejrzyste metody i operacje symulowania tych warunków, takie jak złącza śrubowe i ściany wirtualne.

7 Zastosować zewnętrzne obciążenie.

Kliknąć **Force (Siła)** ↓.

Zaznaczyć wewnętrzną ścianę, jak pokazano, określić kierunek obciążenia jako **normalny** względem wybranej ściany, a w ustawieniu **Wartość siły** wpisać **500 N**.

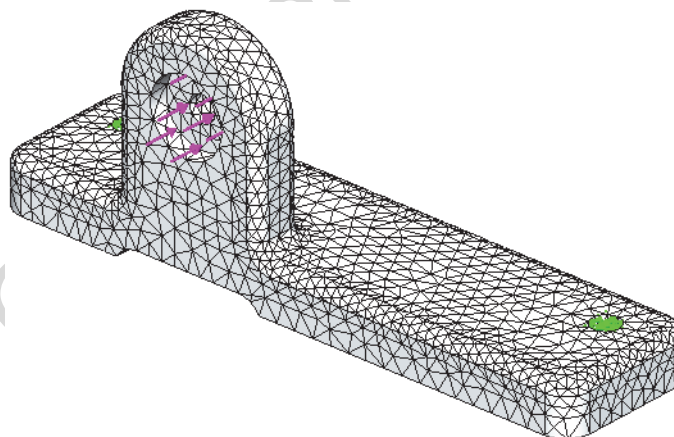
Kliknąć **OK** ✓.

**8 Wygenerować siatkę.**

Kliknąć **Utwórz siatkę** 📐.

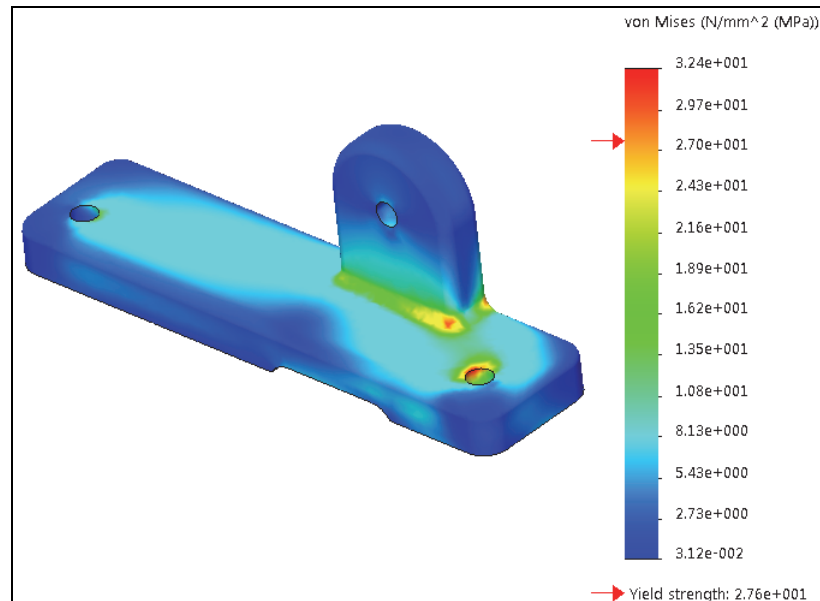
Zaznaczyć opcję **Siatka oparta na krzywiznie**, po czym w ustawieniu jakości elementów wskazać **Wysoka jakość** i pozostawić domyślne rozmiary elementów.

Kliknąć **OK** ✓.

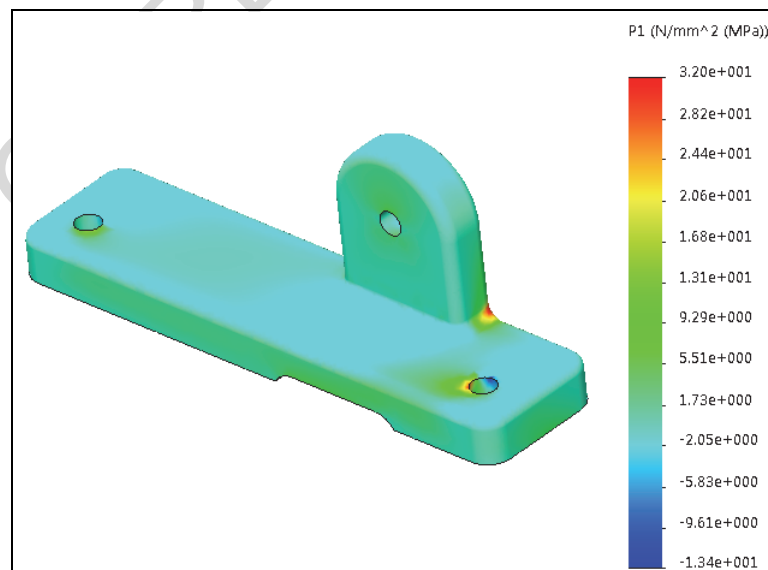
**9 Wykonać badanie.**

10 Utworzyć wykres wyników naprężenia.

Widać, że maksymalne naprężenie zredukowane wg Misesa w modelu wynosi ok. 32,4 MPa, co przekracza granicę plastyczności stopu aluminium 1060 (27,6 MPa).

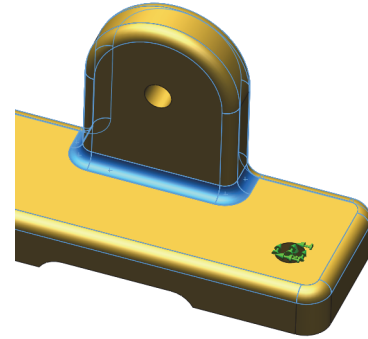


Rozkład naprężenia **P1: Naprężenie 1-sze główne** wskazuje maksymalną wartość ok. 32 MPa. Ta wartość odpowiada maksymalnemu naprężeniu rozciągającemu w części (maksymalnemu naprężeniu ściskającemu o wartości ujemnej).



11 Wykonać sondowanie naprężenia zredukowanego wg Misesa w zaokrągleniu.

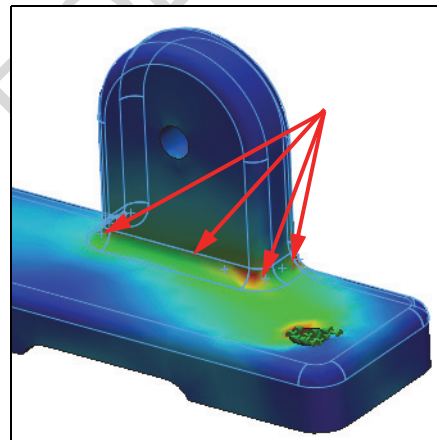
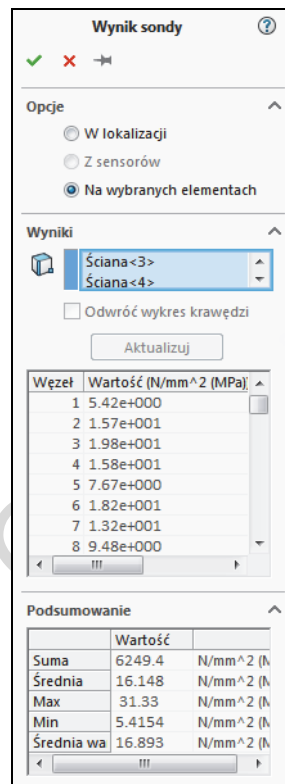
W dalszej części kursu pokażemy, że umocowania mogą wywołać niezrealistyczne zwiększenie naprężeń. Dlatego skupimy uwagę na zaokrąglonym regionie między poziomymi i pionowymi dodaniami w części.



Kliknąć **Sonda** .

Zaznaczyć opcję **Na wybranych elementach**, a następnie zaznaczyć siedem ścian zaokrąglenia między dwoma dodaniami.

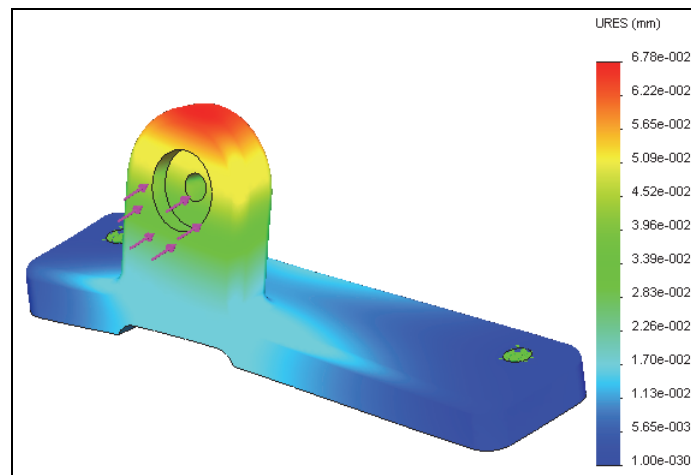
Kliknąć **Aktualizuj**.



Wykonanie sondowania w celu uzyskania wyników dla wybranych ścian pokazuje, że maksymalne naprężenie w tym regionie koncentracji naprężeń wynosi 30,59 MPa [4507 psi], co tylko nieznacznie przekracza granicę plastyczności wynoszącą 27,6 MPa [3989 psi].

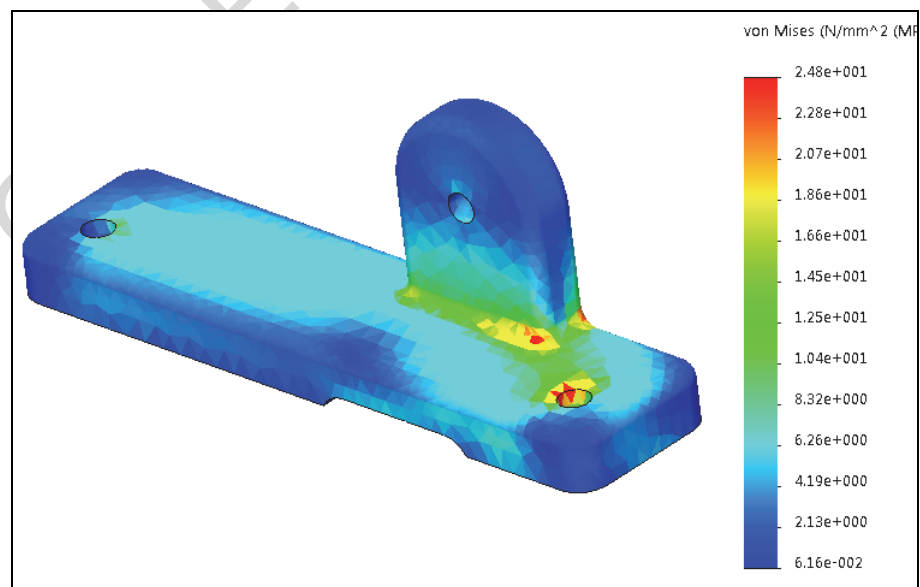
12 Utworzyć wykres wyników przemieszczenia.

Obserwujemy maksymalne wypadkowe przemieszczenie ok. 0,068 mm [0,0027 cala].



Siatka gruboziarnista a naprężenie elementu

Czy obecne wyniki są wystarczająco dokładne? Kontrola wizualna siatki elementów skończonych sugeruje, że siatka jest raczej gruboziarnista, szczególnie w regionach występowania zaokrągleń. Ponadto kontrola rozkładu wartości elementów naprężenia zredukowanego wg Misesa wskazuje gwałtowne wahania naprężenia między elementami w obszarach o większej koncentracji naprężeń.



Dlatego powtórzymy analizę z użyciem dokładniejszej siatki.

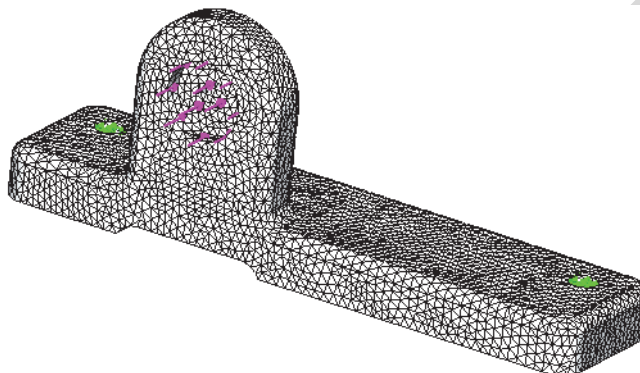
13 Utworzyć nowe badanie statyczne.

Utworzyć duplikat badania analiza naprężeń pod nazwą analiza naprężeń – udoskonalona.

Foldery Umocowania, Obciążenia zewnętrzne, Części, Siatka i Wyniki zostaną skopiowane do nowego badania.

14 Utworzyć drobną siatkę.

Utworzyć siatkę o jakości **Wysoka**. Przesunąć suwak Gęstość siatki do końca w prawo, co spowoduje ustawienie w parametrze **Maksymalny rozmiar elementu** wartości **2,198 mm**, a w parametrze **Minimalny rozmiar elementu** wartości **0,733 mm**.

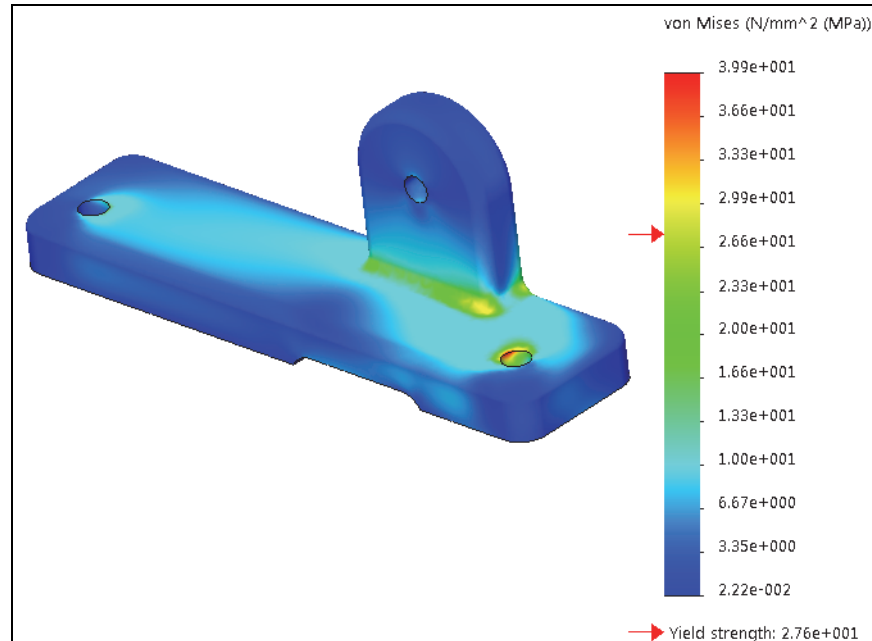


Powstała siatka znacznie lepiej odzwierciedla geometrię modelu.

15 Wykonać badanie.

16 Utworzyć wykres wyników naprężenia.

Teraz widać, że maksymalne naprężenie zredukowane wg Misesa wzrosło z 32,4 MPa do 39,9 MPa, co wyraźnie przekracza granicę plastyczności materiału 27,6 MPa. To prawie 18-procentowa różnica. Jednak gdy spojrzeć na wykres, widać, że maksymalne naprężenie występuje na ostrych narożnikach otworów na śruby. Omówimy to zjawisko dokładniej w następnej lekcji.



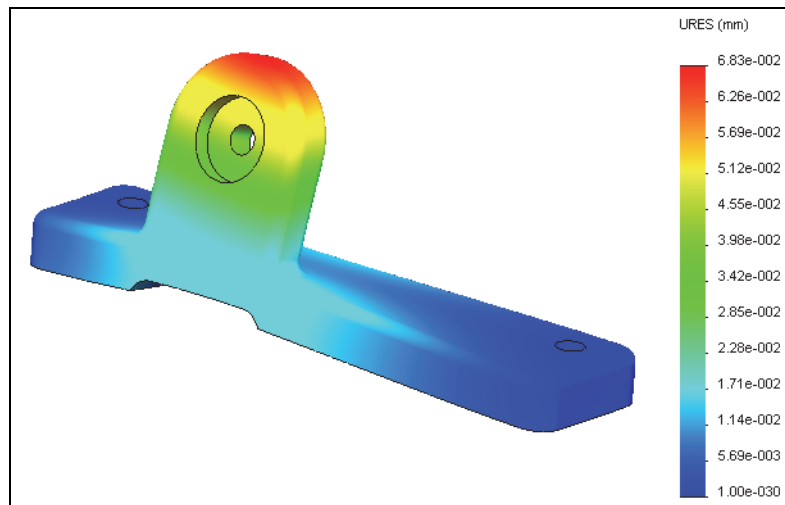
17 Wykonać sondowanie naprężenia w zaokrągleniu.

Posługując się identyczną procedurą jak opisana w kroku 11, wykonać sondowanie o wyniki naprężenia w zaokrąglonych geometriach.

Widać, że maksymalne naprężenie zredukowane wg Misesa w tych elementach spadło z 30,59 MPa do 29,42 MPa. To nadal więcej niż granica plastyczności, ale w porównaniu z poprzednim badaniem różnica jest pomijalna. W związku z tym uznajemy, że udoskonalenie siatki potwierdziło trafność symulacji i wyniki są zoptymalizowane. Należy wziąć pod uwagę, że w innych sytuacjach różnica w wynikach naprężeń może być znaczna. Zasadniczo chcąc uzyskać bardziej wiarygodne wyniki naprężeń, należy wygenerować dokładniejsze siatki. W tym konkretnym przypadku dalsze udoskonalanie nie zwiększa wiarygodności wyników naprężeń, dlatego na tym etapie możemy uznać, że są one zoptymalizowane.

18 Utworzyć wykres wyników przemieszczenia.

Na wykresie widać, że maksymalne wypadkowe przemieszczenie zwiększyło się z 0,0678 mm do 0,0683 mm, co odpowiada różnicy niecałego 1%.

**19 Zapisać i zamknąć plik.****Podsumowanie**

W tym ćwiczeniu wykonaliśmy podstawowe konfigurowanie liniowego badania statycznego oraz użyliśmy różnych opcji przetwarzania końcowego dostępnych w programie SOLIDWORKS Simulation. Zaobserwowaliśmy, że jakość siatki ma duży wpływ na wyniki (szczególnie naprężeń). O ile różnica wypadkowych naprężeń uzyskana z dwóch badań wynosiła 1%, różnica maksymalnych naprężeń zredukowanych wg Misesa sięgała prawie 18% (a często różnica naprężeń jest znacznie większa). Większa różnica maksymalnych naprężeń wynika z następujących dwóch zjawisk:

- W analizie metodą elementów skończonych przemieszczenia są główną niewiadomą, dlatego zawsze będą obliczane dokładniej niż odkształcenia i naprężenia. Względnie gruboziarnista siatka pozwala uzyskać wystarczająco wiarygodne wyniki przemieszczenia, natomiast znacznie dokładniejsza siatka jest konieczna do uzyskania wystarczająco wiarygodnych wyników naprężeń.
- Ekstremalne wartości naprężeń występują w pobliżu umocowania, gdzie często są nierealistyczne. To zagadnienie zbadamy w następnej lekcji. Naprężenia w zaokrąglonych regionach zgłaszane w obu badaniach były do siebie na tyle zbliżone, że różnicę można było pominąć. W tych regionach są potrzebne dokładniejsze siatki, ponieważ chcemy uzyskać jak najbardziej wiarygodne wyniki naprężeń.

Ćwiczenie 16: Wytrzymałość sprężyny na ściskanie

W tym ćwiczeniu użyjemy programu SOLIDWORKS Simulation do wyznaczenia wytrzymałości na ściskanie w sprężynie śrubowej.

To ćwiczenie utrwała następujące umiejętności:

- *Nowe badanie* na stronie 229.
- *Umocowania* na stronie 232.
- *Obciążenia zewnętrzne* na stronie 236.
- *Tworzenie siatki* na stronie 241.
- *Wykresy wyników* na stronie 247.

Procedura

Sztywność sprężyny śrubowej można wyznaczyć w następujący sposób:

1 Otworzyć plik z częścią.

W folderze Lesson07\Exercises otworzyć ćwiczenie spring.

Uwaga

Aby ułatwić stosowanie umocowań i przykładanie zewnętrznych obciążeń, na obu końcach sprężyny dodano krążki. Odległość między krążkami odpowiada aktywnej długości nieściśniętej sprężyny.

2 Skonfigurować opcje programu SOLIDWORKS Simulation.

W ustawieniu **Układ jednostek miar** zaznaczyć opcję **SI (MKS)**, a w polach jednostek **Długość** i **Napężenie** zaznaczyć odpowiednio wartości **mm** i **N/m² (Pa)**.

3 Utworzyć badanie.

Utworzyć badanie typu **statyczne** o nazwie **sztywność sprężyny**.

4 Sprawdzić właściwości materiału.

Właściwości materiału (**Stal stopowa**) zostały przeniesione z programu SOLIDWORKS.

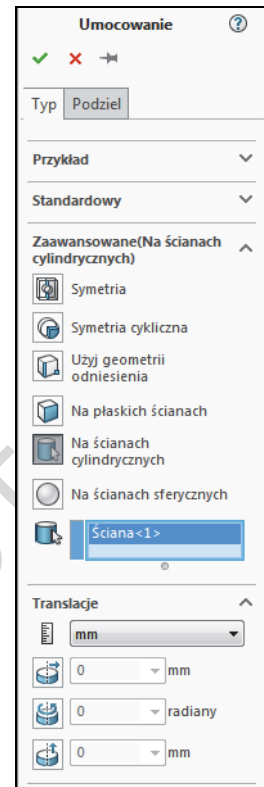
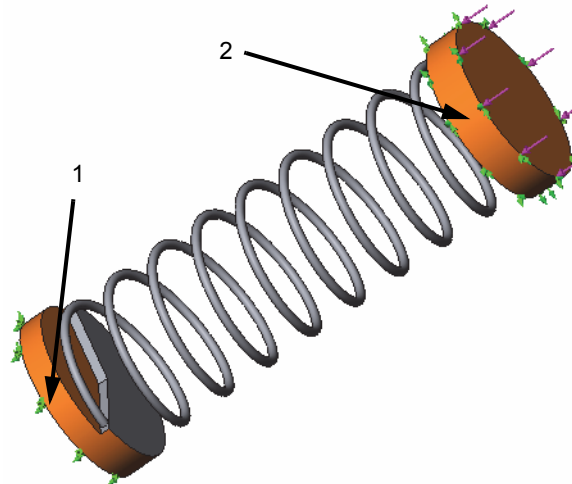
5 Zastosować nieruchome umocowanie.

Zastosować umocowanie **Nieruchoma geometria** do ściany końcowej krążka (element 1).

6 Zastosować promieniowe umocowanie.

Używając zaawansowanego umocowania, zastosować umocowanie w kierunku promieniowym do cylindrycznej ściany drugiego krążka (element 2).

To umocowanie pozwala wyłącznie na ściskanie (lub rozciąganie) sprężyny w jej kierunku osiowym oraz obracanie wokół osi wzdłużnej.

**7 Zastosować siłę ściskającą.**

Przyłożyć siłę ściskającą **0,1 N** do ściany końcowej krążka ze ścianą cylindryczną ograniczoną w kierunku promieniowym.

8 Wygenerować siatkę modelu i wykonać analizę.

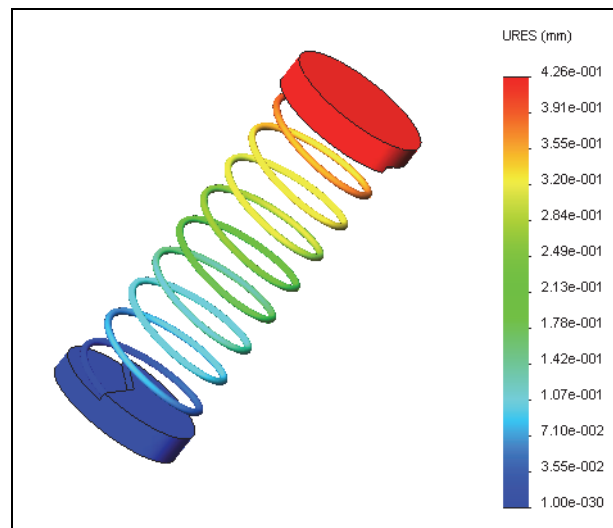
W ustawieniu **Parametry siatki** zaznaczyć opcję **Siatka oparta na krzywiznie**.

Użyć elementów o jakości **Wysoka**, z domyślnymi wartościami ustawień **Maksymalny rozmiar elementu** i **Minimalny rozmiar elementu** wynoszącymi odpowiednio **2,787 mm** i **0,557 mm**.

9 Wykonać badanie.

10 Utworzyć wykres przemieszczeń na osi z.

Wyniki przemieszczenia pokazują przemieszczenie osiowe o 0,426 mm. Przemieszczenie to wystąpiło w kierunku z.



Sztywność osiowa sprężyny śrubowej

Obliczona sztywność osiowa sprężyny wynosi 234,7 N/m.
($k = f/x$).

Użyjemy tego wyniku, aby za pomocą równania $f = kx$, gdzie $k = 234,7 \text{ N/m}$, w kolejnych lekcjach zdefiniować złącze sprężynowe.

Alternatywnie sztywność sprężyny śrubowej można było obliczyć za pomocą wzoru przybliżającego (S. S. Rao, Mechanical Vibrations, 1995 r.).

$$K_{\text{osiowe}} = \frac{Gd^4}{8nD^3}$$

Gdzie:

- **G** jest współczynnikiem sprężystości poprzecznej materiału.
- **d** jest średnicą drutu sprężyny.
- **D** jest przeciętną średnicą zwoju sprężyny.
- **n** jest liczbą aktywnych zwojów sprężyny.

Podstawiając wartości ($n = 8,75$, $d = 1 \text{ mm}$, $D = 17 \text{ mm}$ i $G = 7,9 \times 10^{10} \text{ Pa}$) do powyższego równania, uzyskujemy sztywność osiową wynoszącą ok. 230 N/m. Ten wynik jest bardzo zbliżony do rzeczywistej wartości wynoszącej 234,7 N/m.

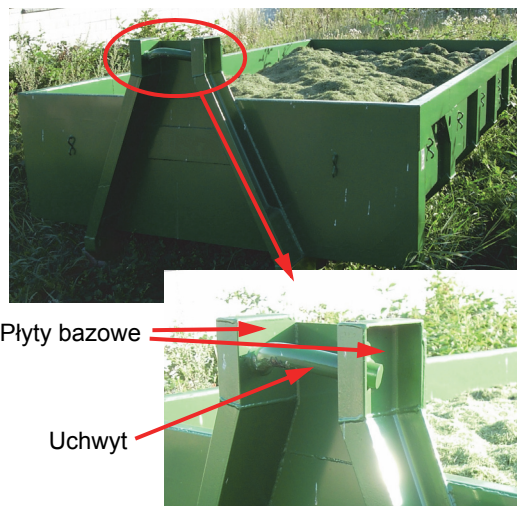
11 Zapisać i zamknąć plik.

Ćwiczenie 17: Uchwyt kontenera

W tym ćwiczeniu ocenimy bezpieczeństwo uchwytu kontenera na śmieci.

To ćwiczenie utrwała następujące umiejętności:

- *Nowe badanie* na stronie 229.
- *Umocowania* na stronie 232.
- *Obciążenia zewnętrzne* na stronie 236.
- *Tworzenie siatki* na stronie 241.
- *Wykresy wyników* na stronie 247.

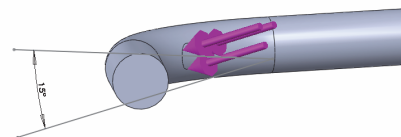


Opis problemu

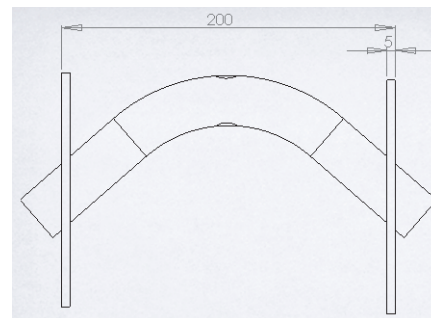
Do uchwytu wkłada się hak wciągarki podczas załadunku kontenera na szyny ciągnika siodłowego. Cały kontener jest wykonany ze stali AISI 304. Uchwyt jest przyspawany (dwustronną spoiną pachwinową) do dwóch kwadratowych płyt bazowych umieszczonych symetrycznie po obu stronach. Średnica uchwytu wynosi 30 mm, a grubość płyt stalowych 5 mm. Zastosować umocowania, które najlepiej zasymulują połączenie między uchwytem a płytami stalowymi.

Warunki załadunku

W najbardziej skrajnych sytuacjach załadunku, gdy kontener jest wciągany na szyny ciężarówki, na uchwyt działa siła 3000 N pod kątem 15 stopni. Siła powinna być przykładana do okrągłej dzielonej ściany zaznaczonej na ilustracji powyżej.



Ilustracja po prawej pokazuje geometrię struktury uchwytu z płytami bazowymi.



Cel

Określić, czy konstrukcja tego uchwytu jest bezpieczna. Zwrócić uwagę na najlepszą reprezentację umocowań.

Część do tego ćwiczenia znajduje się w folderze Lesson07\Exercises.

NOT FOR REPRODUCTION

Lekcja 8

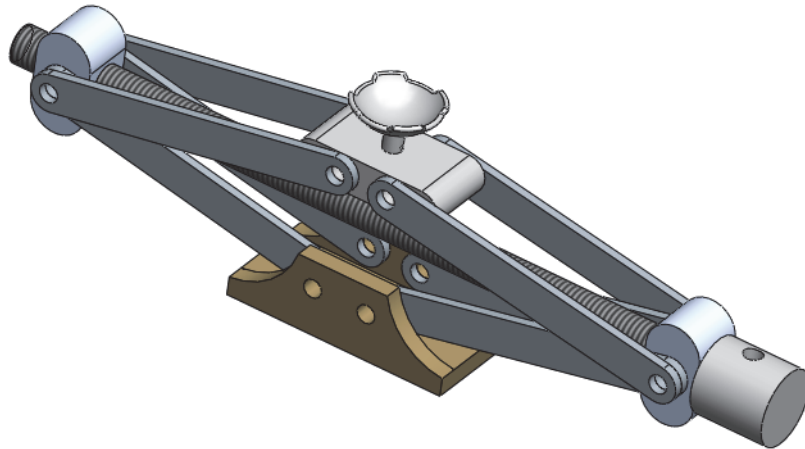
Symulacje ruchu i siły

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

- Za pomocą funkcji Ruch złożenia animować ruch złożenia podnośnika samochodowego.
- Za pomocą aplikacji SOLIDWORKS Motion symulować fizyczne zachowanie podnośnika samochodowego oraz wyznaczyć moment obrotowy konieczny do podniesienia pojazdu.

Podstawowa analiza ruchu

W tej lekcji wykonamy podstawową analizę ruchu przy użyciu aplikacji SOLIDWORKS Motion w celu zasymulowania ciężaru pojazdu umieszczonego na podnośniku i określenia momentu obrotowego niezbędnego do podniesienia pojazdu. Na podstawie tych informacji inżynierowie mogą później wybrać napęd elektryczny odpowiedni dla podnośnika.



Analiza przypadku: analiza podnośnika samochodowego

Podnośnik mechaniczny to urządzenie służące do podnoszenia ciężkiego sprzętu. Najpopularniejsza odmiana podnośników to podnośniki samochodowe/podłogowe/warsztatowe, które podnoszą pojazdy, aby pod nimi można było wykonać prace konserwacyjne/naprawcze. Podnośniki samochodowe zazwyczaj polegają na sile ludzkich mięśni. Mocniejsze podnośniki (dźwigniki) wykorzystują układ hydrauliczny, który pozwala na większe udźwig i odległość. Przeważnie podnośniki mechaniczne mają maksymalny dopuszczalny udźwig (np. 1,5 tony lub 3 tony).

Ponieważ jest to nasza pierwsza analiza ruchu, pomijamy zagadnienia kontaktu, a za pomocą wiązań eliminujemy ewentualność przechyłu.

Opis problemu

Podnośnik samochodowy będzie napędzany w tempie 100 obr./min i obciążony siłą 8900 N odpowiadającą ciężarowi pojazdu. Wyznamy moment obrotowy i moc konieczne do podniesienia ciężaru w zakresie ruchu podnośnika.

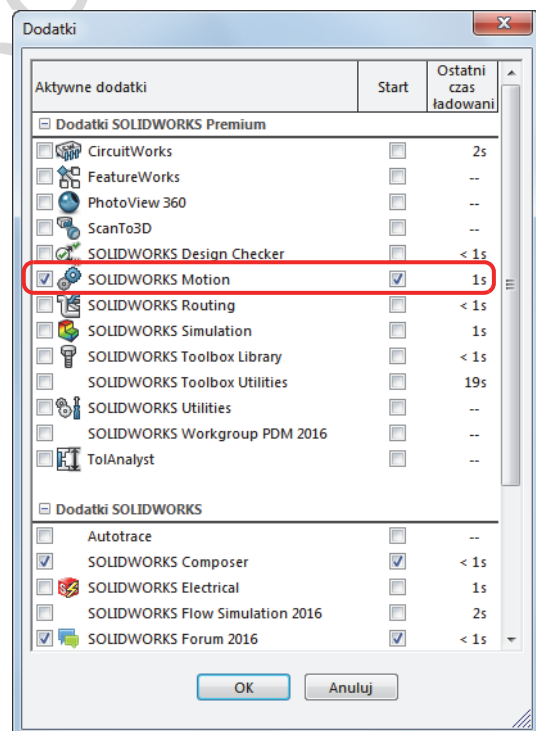
Etapy procedury

- **Utworzenie analizy ruchu.**
Będzie to nowa analiza ruchu.
- **Dodanie napędu obrotowego.**
Napęd obrotowy będzie napędzał podnośnik.
- **Dodanie siły grawitacji.**
Zostanie dodana normalna siła grawitacji, tak aby w obliczeniach można było uwzględnić ciężar podzespołów podnośnika.
- **Dodanie ciężaru samochodu.**
Ciężar samochodu zostanie dodany jako skierowana w dół siła wywierana na podporę Support.
- **Obliczenie ruchu.**
Domyślna analiza jest wykonywana przez pięć sekund, ale wydłużymy ten czas, aby podnośnik mógł się maksymalnie rozłożyć.
- **Wykreślenie wyników.**
Wygenerujemy różne wykresy pokazujące wymagany moment obrotowy i niezbędną siłę.

- 1 **Sprawdzić, czy została dodana aplikacja SOLIDWORKS Motion.**
Upewnić się, że w oknie **Narzędzia > Dodatki** jest zaznaczona pozycja **SOLIDWORKS Motion**.

Kliknąć **OK**.

- 2 **Otworzyć plik złożenia.**
W folderze Lesson08\Case Studies **otworzyć** studium przypadku Car_Jack.



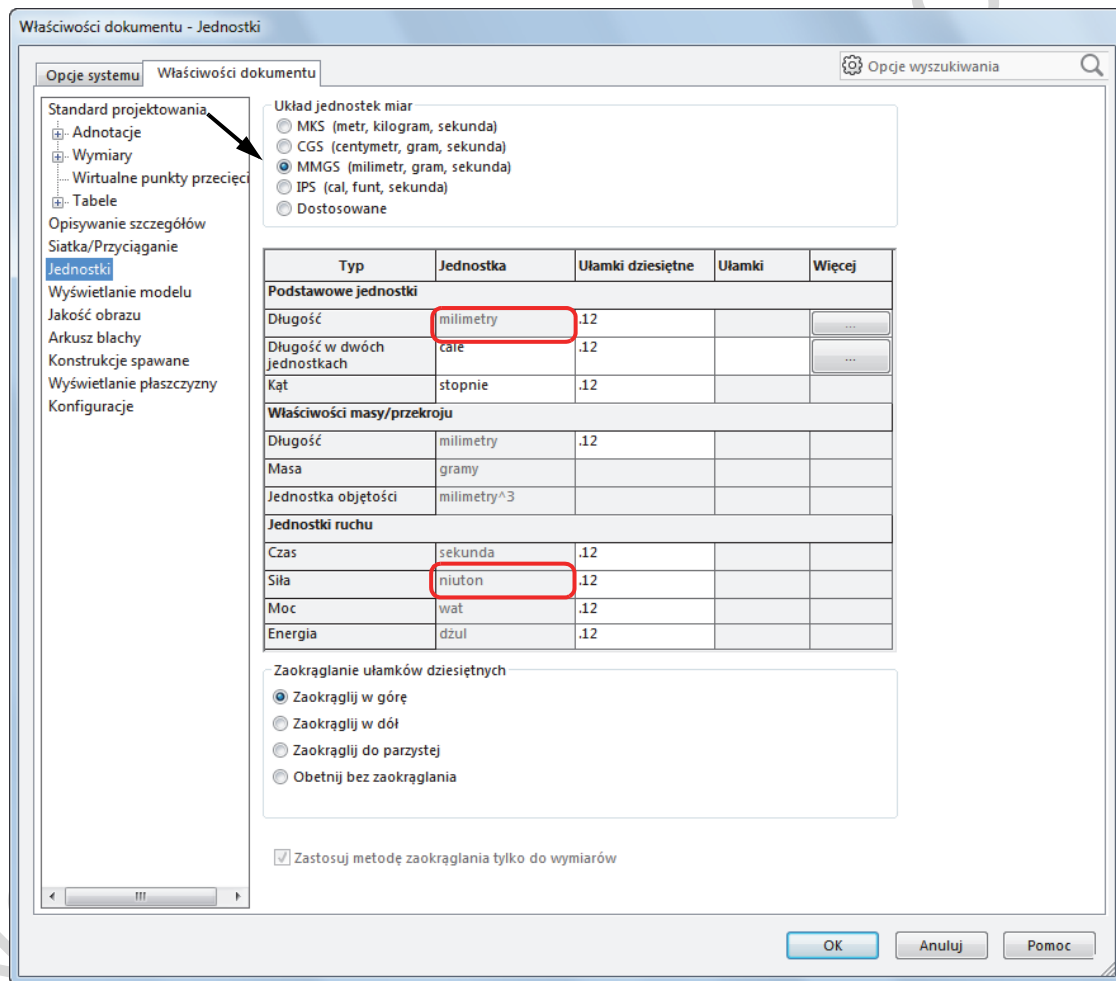
3 Ustawić jednostki miary dokumentu.

Aplikacja SOLIDWORKS Motion korzysta z jednostek miary ustawionych w dokumencie programu SOLIDWORKS.

Kliknąć kolejno opcje **Narzędzia > Opcje > Właściwości dokumentu > Jednostki**.

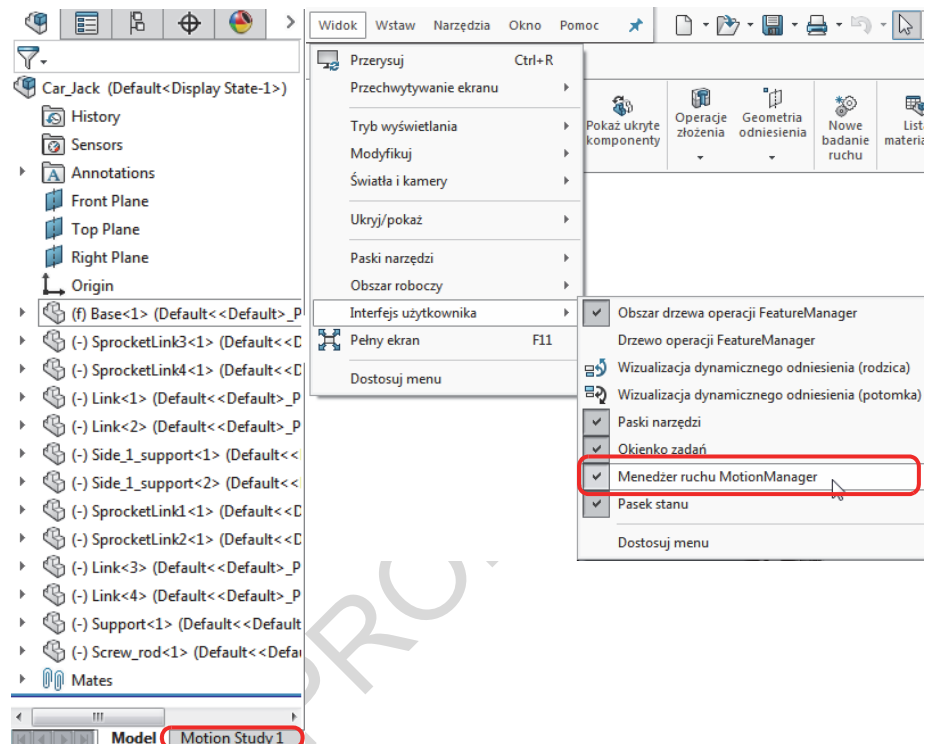
W obszarze **Układ jednostek miar** zaznaczyć opcję **MMGS (milimetr, gram, sekunda)**. Używanymi jednostkami długości będą milimetry, a siły Newtony.

Kliknąć **OK**.

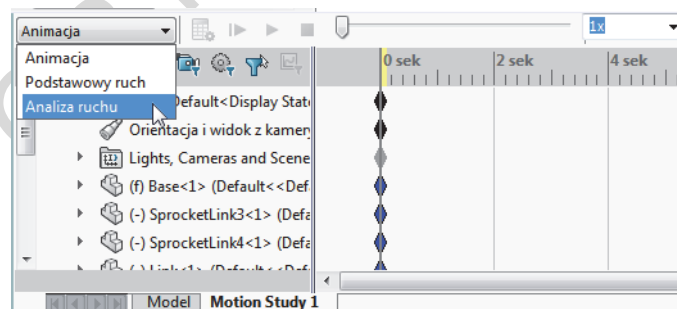


4 Zmienić widok na tryb analizy ruchu.

W lewym dolnym rogu okna kliknąć kartę Motion Study 1 (Badanie ruchu 1). Jeśli karty nie widać, kliknąć kolejno opcje **Widok > Interfejs użytkownika > Menedżer ruchu MotionManager**.

**5 Włączyć funkcję badania ruchu.**

Na liście dostępnych typów badań zaznaczyć pozycję **Analiza ruchu**.

**Uwaga**

Opcja **Animacja** służy do tworzenia animacji dla celów ilustracyjnych. Za pomocą opcji **Podstawowy ruch** można tworzyć animacje, gdzie do części modelu stosuje się ciężar, masę i kolizje. Z kolei opcja **Analiza ruchu** udostępnia kompletne środowisko symulacji sztywnej bryły pozwalające uzyskać liczbowo dokładne, oparte na zasadach fizyki dane i animacje.

Ruch sterujący


Ruch może być inicjowany przez grawitację, sprężyny, siły lub napędy. Każdy z tych ruchów ma określone cechy, które można kontrolować.

Wprowadzenie: Napędy

Napędy mogą generować ruch liniowy, obrotowy lub po ustalonej ścieżce albo blokować możliwość ruchu. Ruch ten można definiować za pomocą różnych parametrów.

- **Stała prędkość**
Napęd będzie pracować ze stałą prędkością.
- **Odległość**
Napęd wywoła ruch przez określony odcinek lub o określony kąt.
- **Oscylujący**
Ruch oscylacyjny to ruch na przemian do przodu i do tyłu na określoną odległość i z określoną częstotliwością.
- **Segmenty**
Profil ruchu jest zbudowany z segmentów najczęściej używanych funkcji, takich jak liniowa, wielomianowa, półsinusoidalna itd.
- **Punkty danych**
Ruch interpolowany jest wyznaczany przez tabelaryczny zbiór wartości.
- **Wyrażenie**
Napęd może być sterowany przez funkcję zbudowaną w oparciu o istniejące zmienne i stałe.
- **Serwomotor**
Napęd sterujący ruchem inicjowanym przez zdarzenia.

Gdzie to znaleźć

- Pasek narzędzi menedżera ruchu MotionManager: kliknąć **Napęd** .

6 Utworzyć napęd wprowadzający w ruch część **Screw_rod (Pręt_gwintowany)** z prędkością 100 obr./min.

Kliknąć **Napęd** .

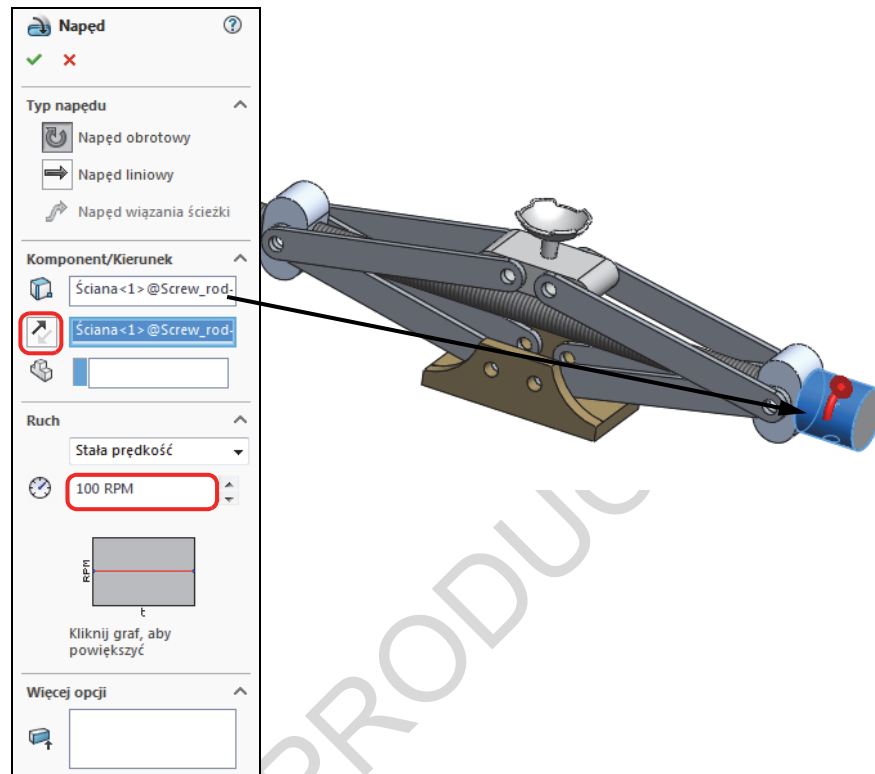
W obszarze **Typ napędu** zaznaczyć opcję **Napęd obrotowy**.

W obszarze **Komponent/Kierunek** zaznaczyć cylindryczną ścianę części **Screw_rod (Pręt_gwintowany)**, jak pokazano na ilustracji. W polu **Motion Direction (Kierunek ruchu)** zostanie automatycznie ustawiona ta sama ściana, aby określić kierunek.

Za pomocą przycisku **Odwróć kierunek** ustawić orientację napędu (patrz rysunek).

Pozostawić niewypełnione pole **Komponent, względem którego nastąpi przeniesienie**. Kierunek ruchu napędu będzie wtedy określany względem globalnego układu współrzędnych.

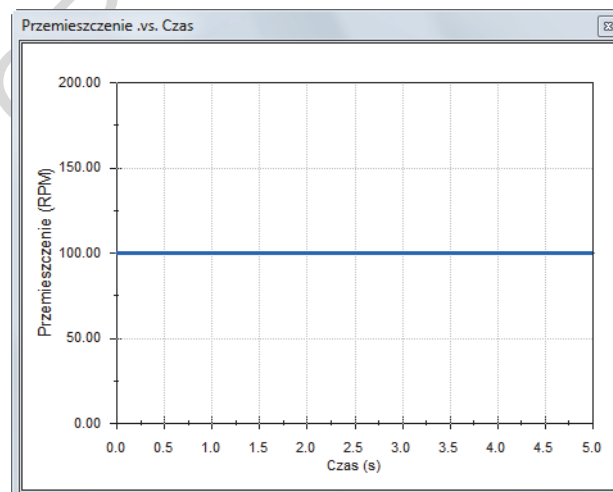
W obszarze **Ruch** zaznaczyć opcję **Stała prędkość** i wpisać wartość **100 RPM**.



Ważne!

Upewnić się, że napęd jest zorientowany, jak na ilustracji.

W menedżerze właściwości PropertyManager kliknąć wykres, aby zobaczyć jego powiększenie.



Zamknąć wykres.

Kliknąć **OK** ✓.


Grawitacja

Grawitacja to wielkość ważna w sytuacji, gdy na symulowany ruch części wpływa jej ciężar. Dotyczy to na przykład ciała w spadku swobodnym. W programie SOLIDWORKS Motion grawitacja składa się z dwóch składników:

- kierunku wektora grawitacji,
- wartości przyspieszenia grawitacyjnego.

Kierunek i wartość wektora grawitacji można podać w oknie właściwości grawitacji. W celu określenia wektora grawitacji można wybrać kierunki X, Y i Z albo wskazać płaszczyznę odniesienia. Wartość należy wpisać osobno. Domyślnie wektor grawitacji działa w kierunku Y, a jego wartość to $9806,55 \text{ mm/s}^2$ lub odpowiednik w innej aktywnej jednostce miary.

Gdzie to znaleźć


- Pasek narzędzi menedżera ruchu MotionManager: kliknąć **Grawitacja** .

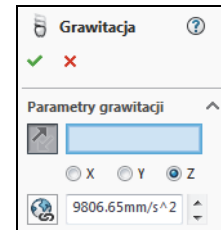
7 Zastosować grawitację do złożenia.

Kliknąć **Grawitacja** .

W ustawieniu **Parametry grawitacji** > **Odkośnik kierunku** zaznaczyć opcję **Kierunek Y**.

W ustawieniu **Numeryczna wartość grawitacji** wpisać wartość **9806,65 mm/s²**.

Kliknąć **OK** .



Siły

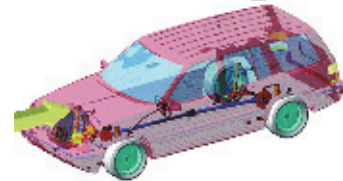
Elementy sił (siły i momenty) służą do egzekwowania dynamicznego zachowania części i podzespołów w modelu ruchu. Zazwyczaj reprezentują pewne zewnętrzne oddziaływania wywierane na analizowane złożenie.

Siły mogą wywoływać ruch lub stawiać mu opór. Definiuje się je za pomocą funkcji podobnych jak przy definiowaniu napędów (stała, krok, funkcja, wyrażenie lub interpolacja).

W programie SOLIDWORKS Motion siły można podzielić na dwie główne grupy:

■ Siły akcji

Pojedyncza siła czynna lub moment reprezentujący wpływ zewnętrznych obiektów i obciążeń na część albo podzespół. Siłami akcji są na przykład ciężar pojazdu wywierany na podnośnik samochodowy i siła aerodynamiczna oddziałująca na nadwozie samochodu.



■ Siły akcji i reakcji

Do części lub podzespołów jest przykładana para sił lub momentów — zarówno akcji, jak i odpowiadających im reakcji.

Siłę występującą w sprężynie można traktować jako równocześnie siłę akcji i reakcji, ponieważ obie siły na obu końcach sprężyny działają wzdłuż tej samej linii. Innym przykładem byłaby osoba pchająca rękami dwie przeciwne części złożenia. W analizie ruchu taką osobę można reprezentować za pomocą pary przeciwnych sił o równych wartościach działających na tej samej linii, czyli jako siły akcji i reakcji.

Zjawisko sił

Siła może określać obciążenie wywierane na część lub jej podatność. W programie SOLIDWORKS Motion są używane następujące rodzaje sił:

Siły czynne

Siły czynne to siły określające obciążenia w konkretnych miejscach części. Należy podać własny opis zachowania siły, wprowadzając stałą wartość siły lub wyrażenie funkcji. W programie SOLIDWORKS Motion są dostępne następujące elementy sił czynnych: siła czynna, czynny moment obrotowy, siła akcji/reakcji oraz moment obrotowy akcji/reakcji.

Orientacja sił akcji może być stała lub względna wobec orientacji dowolnej części mechanizmu.


Siły czynne służą do modelowania oddziaływań wejściowych pochodzących np. z silowników, rakiet czy obciążeń aerodynamicznych.

Definiowanie siły

W celu zdefiniowania siły należy określić:

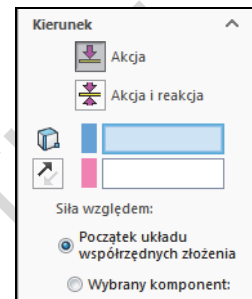
- część lub części, na które działa siła;
- punkt przyłożenia siły;
- wartość i kierunek siły.

Gdzie to znaleźć

- Pasek narzędzi menedżera ruchu MotionManager: kliknąć **Force** (Siła) .

Kierunek siły

Kierunek siły zależy od części odniesienia zaznaczonej w polu **Kierunek siły**. Na poniższej ilustracji przedstawiono trzy przypadki zmiany kierunku siły w zależności od wybranych części odniesienia.

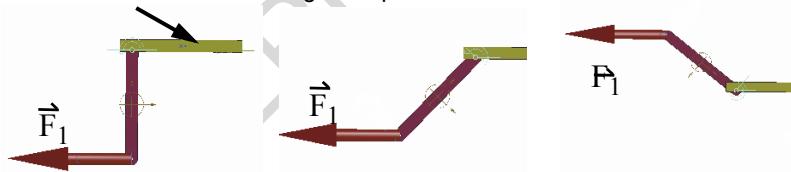


Przypadek 1

Kierunek siły zależy od nieruchomego komponentu.

Jeśli początkiem układu współrzędnych złożenia jest nieruchomy komponent, początkowa orientacja siły będzie stała przez całą symulację.

Odniesienie do nieruchomego komponentu

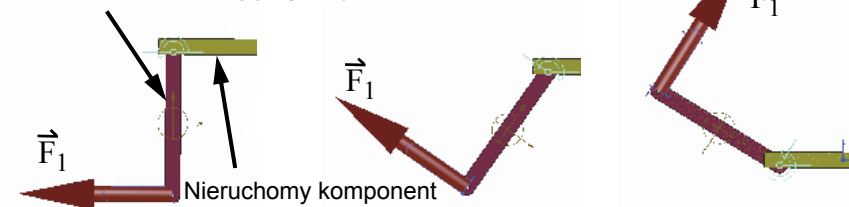


Przypadek 2

Kierunek siły zależy od wybranego ruchomego komponentu będącego jednocześnie komponentem, do którego zostanie przyłożona siła.

Jeśli część, do której jest przykładana siła, równocześnie pełni rolę bazy pomiarowej, siła pozostanie zablokowana w tej orientacji względem obiektu przez całą symulację (tzn. będzie cały czas wyrównana do geometrii obiektu użytej do zdefiniowania kierunku).

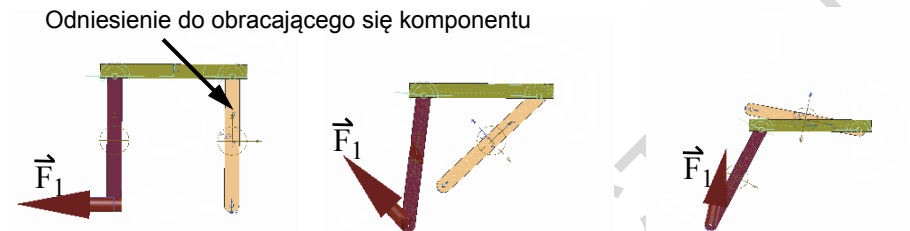
Odniesienie do obracającego się komponentu



Przypadek 3

Kierunek siły zależy od wybranego ruchomego komponentu innego niż komponent, do którego zostanie przyłożona siła.

Jeśli rolę bazy pomiarowej pełni inna ruchoma część, kierunek siły będzie się zmieniał zgodnie z orientacją obiektu odniesienia względem poruszającego się obiektu. Chociaż trudno to sobie wyobrazić, może pomóc taki przykład: jeśli przyłożysz siłę do obiektu zablokowanego w określonym położeniu, a jako bazy pomiarowej użyjesz obracającej się części, zobaczysz, że siła obraca się razem z obiektem odniesienia.

**Uwaga**

Upewnić się, że symbol grawitacji pokazuje orientację w kierunku wartości ujemnych na osi Y.

8 Utworzyć siłę 8900 N w celu zasymulowania oddziaływania ciężaru samochodu na podnośnik.

Kliknąć **Force (Siła)** .

W ustawieniu **Typ** zaznaczyć wartość **Force (Siła)**.

W ustawieniu **Kierunek** zaznaczyć wartość **Akcja**.

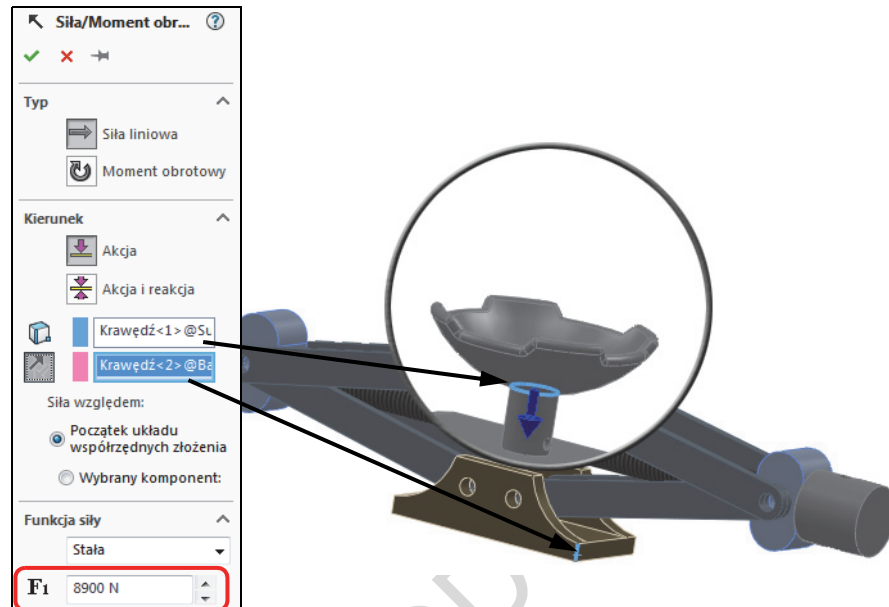
W ustawieniu **Część akcji oraz punkt zastosowania akcji** zaznaczyć okrągłą krawędź na komponencie Support-1 (Podpora-1) (patrz ilustracja poniżej).

W ustawieniu **Kierunek siły** zaznaczyć pionową krawędź na komponencie Base-1 (Podstawa-1).

Uwaga

Domyślny kierunek siły jest określany przez okrągłą krawędź zaznaczoną w polu **Część akcji oraz punkt zastosowania akcji**, tj. prostopadły do płaszczyzny z krawędzią. W tym przypadku domyślny kierunek jest poprawny, dlatego krawędź zaznaczona w polu **Kierunek siły** jest zbędna i służy wyłącznie celom edukacyjnym.

W ustawieniu **Funkcja siły** zaznaczyć wartość **Stała**. Wpisać wartość **8900 N**.




Uwaga

Upewnić się, że siła jest skierowana do dołu.

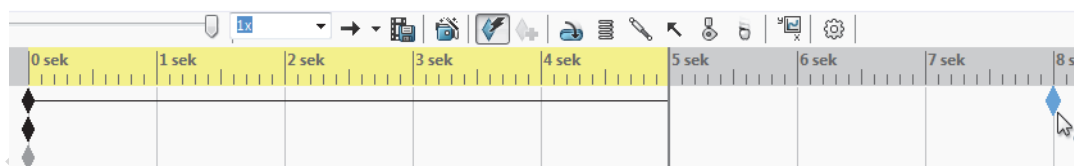
Klikać **OK** ✓.

9 Uruchomić symulację.

Klikać **Oblicz** . W symulacji zostaną wykonane trwające 5 sekund obliczenia.

10 Ponownie uruchomić symulację — tym razem na 8 sekund.

Na osi czasu przeciągnąć czas zakończenia do pozycji 8 sekund.



Klikać **Oblicz** .

Wyniki

Podstawowym produktem analizy ruchu jest wykres jednego parametru względem innego, przeważnie czasu.

Po obliczeniu ruchu można wygenerować wykresy dla różnych parametrów. Wszystkie istniejące wykresy będą wyszczególnione u dołu drzewa menedżera ruchu MotionManager.

Kategorie wykresów

Można tworzyć wykresy należące do następujących kategorii:

- | | |
|------------------|-----------------|
| ■ Przeszyczenie | ■ Przeszyczenie |
| ■ Przyspieszenie | ■ Siły |
| ■ Moment | ■ Energia |
| ■ Moc | ■ Inne ilości |

Podkategorie


W każdej z tych kategorii można generować następujące podkategorie wykresów:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| ■ Ścieżka śledzenia | ■ Pozycja XYZ |
| ■ Przeszyczenie liniowe | ■ Prędkość liniowa |
| ■ Przyspieszenie liniowe | ■ Przeszyczenie kątowe |
| ■ Prędkość kąтова | ■ Przyspieszenie kątowe |
| ■ Siła czynna | ■ Czynny moment obrotowy |
| ■ Siła reakcji | ■ Moment reakcji |
| ■ Siła tarcia | ■ Moment tarcia |
| ■ Siła kontaktowa | ■ Moment translacyjny |
| ■ Moment kątowy | ■ Translacyjna energia kinetyczna |
| ■ Kąтова energia kinetyczna | ■ Całkowita energia kinetyczna |
| ■ Delta potencjalnej energii | ■ Zużycie mocy |
| ■ Skok | ■ Odchylenie w poziomie |
| ■ Przechył boczny | ■ Parametry Rodrigueza |
| ■ Kąt Bryanta | ■ Kąty rzutowania |

Zmiana wielkości wykresów

Wielkość wykresów można zmieniać, przeciągając dowolną granicę lub narożnik.

Gdzie to znaleźć

- Pasek narzędzi menedżera ruchu MotionManager: kliknąć **Wyniki i wykresy** 

11 Utworzyć wykres momentu obrotowego koniecznego do podniesienia samochodu o danym ciężarze.


Kliknąć **Wyniki i wykresy** .

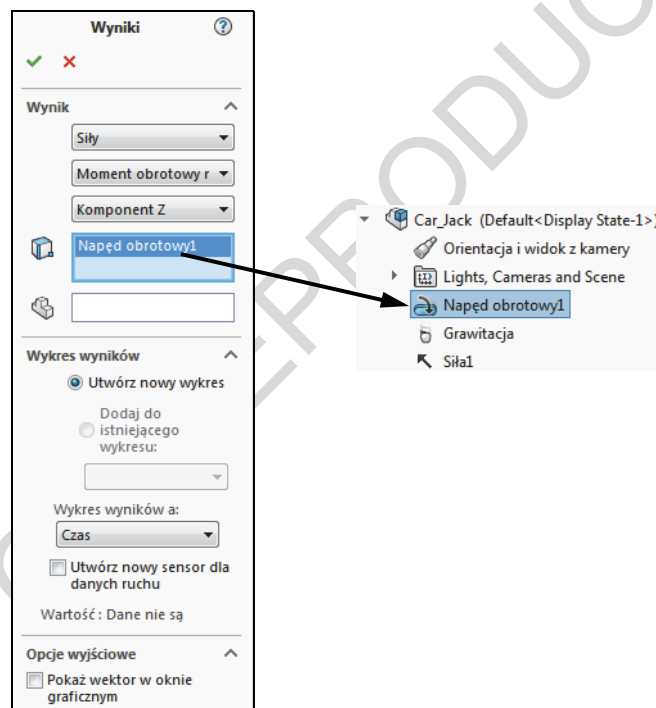
W ustawieniu **Wynik** zaznaczyć kategorię **Siły**.

W ustawieniu **Podkategoria** zaznaczyć pozycję **Moment obrotowy napędu**.

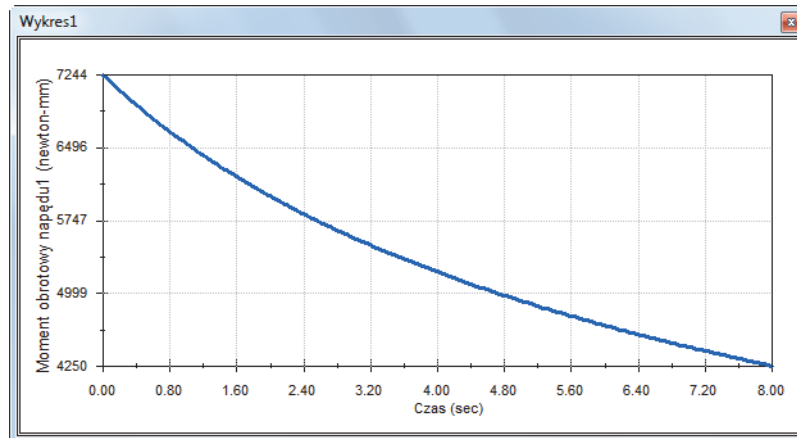
W ustawieniu **Result component (Komponent wyniku)** zaznaczyć pozycję **Wielkość**.

W ustawieniu **Wybierz napęd rotacyjny, aby utworzyć wynik** zaznaczyć utworzony napęd (patrz ilustracja poniżej).

Kliknąć **OK** .



W obszarze graficznym pojawi się wykres wymaganego momentu obrotowego.



Wymagany moment to ok. 7244 N-mm.

Uwaga

Po zaznaczeniu obiektu Rotary Motor1 (Napęd obrotowy1) w obszarze graficznym pojawi się triada. Wskazuje ona lokalne osie X, Y i Z napędu, na których mogą być wyświetlane wartości wyjściowe. W omawianym przypadku potrzebny jest wykres wartości niezależny od układu współrzędnych. Przetwarzanie końcowe zostało dokładniej omówione w następnej lekcji.

12 Utworzyć wykres mocy zużywanej do podniesienia ciężaru 8900 N.

Dodamy ten wykres do istniejącego wykresu.

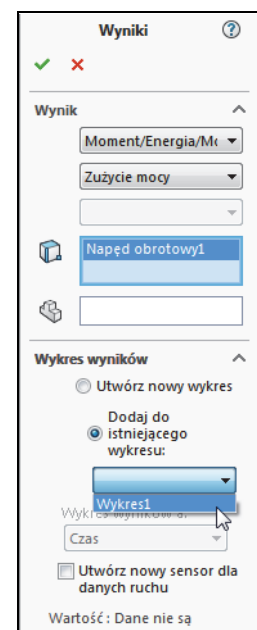
Kliknąć **Wyniki i wykresy**

W ustawieniu **Wynik** zaznaczyć kategorię **Moment/Energia/Moc**.

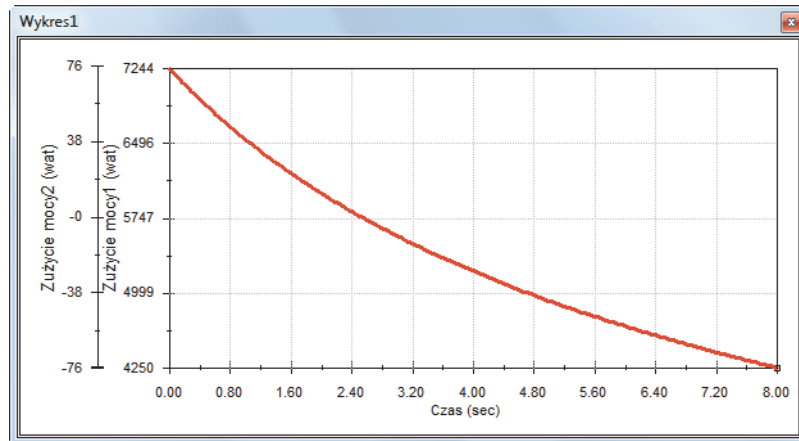
W ustawieniu **Podkategoria** zaznaczyć pozycję **Zużycie mocy**.

W ustawieniu **Wybierz obiekt napędu, aby utworzyć wynik** zaznaczyć ten sam napęd co w poprzednim kroku.

W ustawieniu **Wykres wyników** kliknąć opcję **Dodaj do istniejącego wykresu** i w menu rozwijanym zaznaczyć pozycję Plot1 (Wykres1).



Kliknąć **OK** ✓.



Pobór mocy wynosi 76 watów. Na podstawie informacji o momencie obrotowym i mocy możemy wybrać napęd elektryczny i użyć go do napędzania części Screw_rod (Pręt_gwintowany), zastępując pracę ręczną.

13 Odtworzyć animację.

Kliknąć **Odtwórz** ►.

Pionowy pasek czasu w menedżerze ruchu MotionManager i na wykresie będzie pokazywał upływ czasu.

Kliknąć przycisk **Zatrzymaj** ■.

14 Utworzyć wykres dla pionowej pozycji podpory Support.

Kliknąć **Wyniki i wykresy**

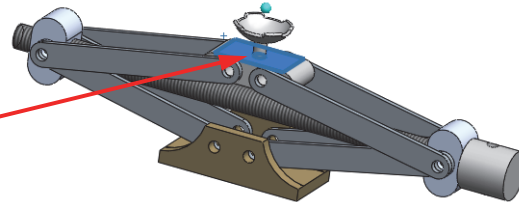
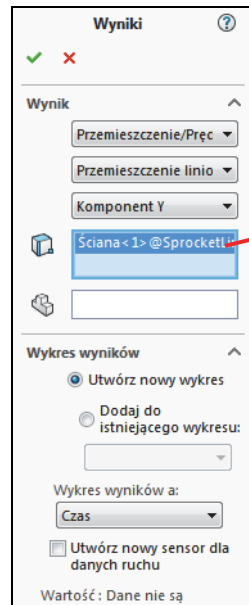
W ustawieniu **Wynik** zaznaczyć kategorię **Przemieszczenie/Prędkość/Przyspieszenie**.

W ustawieniu **Podkategoria** zaznaczyć pozycję **Przemieszczenie liniowe**.

W ustawieniu **Result Component (Komponent wyniku)** zaznaczyć pozycję **Komponent-Y**.

W ustawieniu **Select two points/faces (Wybierz dwa punkty/dwie ściany)** zaznaczyć górną ścianę podpory Support. Jeśli nie zostanie wybrany drugi element, domyślnym drugim komponentem (odniesieniem) będzie podłoże.

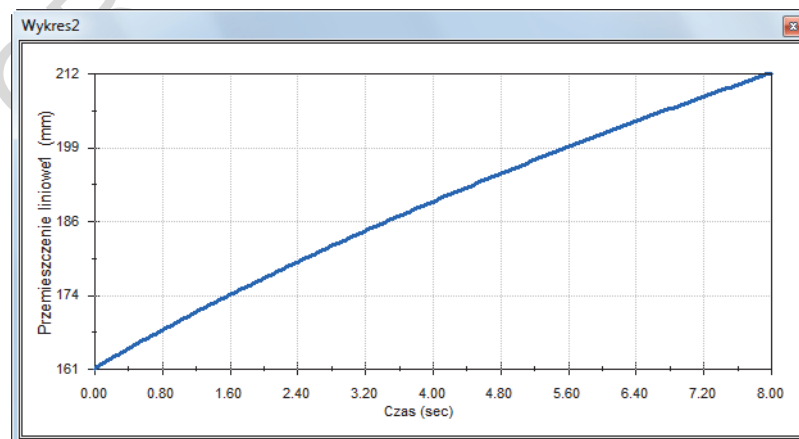
Pozostawić puste pole **Komponent do zdefiniowania kierunków XYZ**. Oznacza to, że przemieszczenie będzie podawane w domyślnym globalnym układzie współrzędnych.



Uwaga

Przemieszczenie mierzy się od początku układu współrzędnych pliku części Support (oznaczonego niewielką niebieską sferą na rysunku wyżej) względem początku układu współrzędnych pliku złożenia Car_Jack. Wynik jest podawany w domyślnym globalnym układzie współrzędnych.

Kliknąć **OK** ✓.



Z powyższego wykresu można odczytać informację o zmianie globalnej współrzędnej Y początku układu współrzędnych pliku części Support. Przemieszczenie wynosi 51 mm (212–161 mm) w kierunku dodatnich wartości osi Y globalnego układu współrzędnych.

15 Zmodyfikować wykres.

Zmodyfikować łańcuch wymiarowy wykresu tak, aby było pokazywane kątowe przemieszczenie napędu.

W drzewie menedżera ruchu MotionManager rozwinąć folder Wyniki. Kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Plot2 (Wykres2) i wybrać polecenie **Edytuj operację**.

W ustawieniu **Wykres wyników** zaznaczyć opcję **Nowy wynik**.

W ustawieniu **Zdefiniuj nowy wynik** zaznaczyć opcję **Przemieszczenie/Prędkość/Przyspieszenie**.

Jako podkategorię zaznaczyć **Przemieszczenie kątowe**.

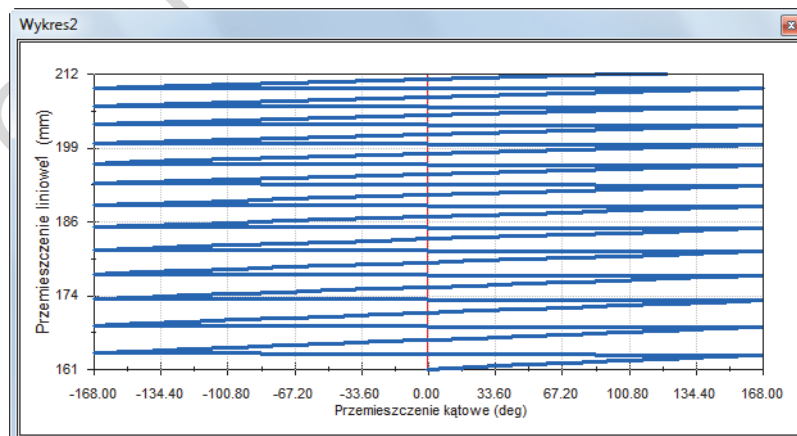
Jako komponent wyniku zaznaczyć **Wielkość**.

Jako element symulacji zaznaczyć RotaryMotor1 (Napęd obrotowy 1).

Kliknąć **OK** ✓.

16 Obejrzeć wykres.

Wykres wyniku jest nieco uproszczony, a łańcuch wymiarowy danych nie obejmuje pełnego zakresu od -180 do 180 stopni. Aby wygenerować dokładniejszy wykres, należy zapisać więcej danych na dysku.



**Wprowadzenie:
Właściwości
badania**

Program SOLIDWORKS Motion ma własny zbiór właściwości kontrolujących obliczanie i wyświetlanie danych badania.

Właściwości badań omówiono w pozostałych częściach tej publikacji.

Gdzie to znaleźć

- Pasek narzędzi menedżera ruchu MotionManager: kliknąć

Właściwości badania ruchu ⚙**Wprowadzenie:
Klatki na sekundę**

Parametr liczby klatek na sekundę decyduje o częstotliwości zapisywania danych na dysku. Im wyższa wartość, tym gęstszy zapis.

Gdzie to znaleźć

- W oknie Właściwości badania ruchu rozwinąć opcję Analiza ruchu i wpisać liczbę, użyć strzałek paska przewijania lub wyregulować suwak.

17 Zmodyfikować właściwości badania ruchu.

Kliknąć **Właściwości badania ruchu** ⚙.

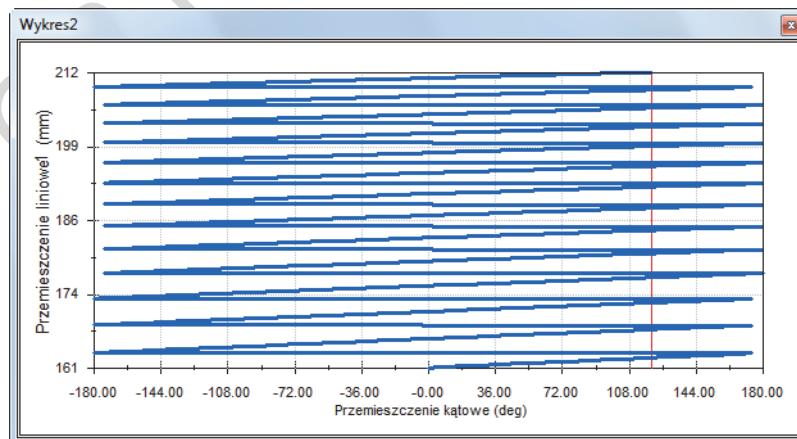
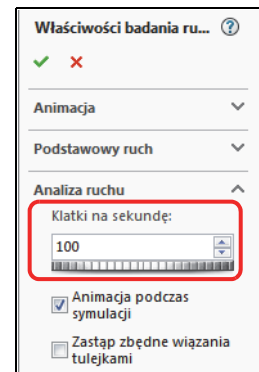
W polu **Klatki na sekundę** zmienić wartość na **100**.

Kliknąć **OK** ✓.

18 Wykonać obliczenia w badaniu.

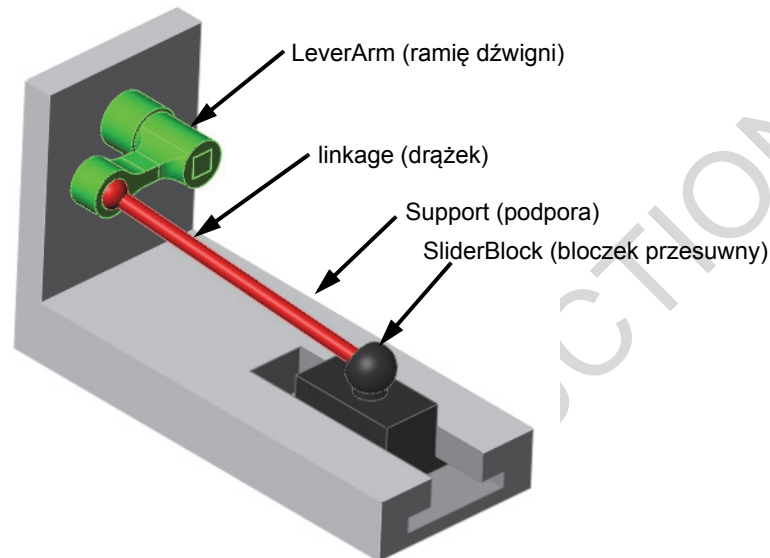
Kliknąć **Oblicz** ⚙.

Warto zwrócić uwagę, że pojawiło się więcej szczegółów, a przemieszczenie kątowne dokonuje się niemal w przedziale od -180 do 180 stopni.

**19 Zapisać i zamknąć plik.**

Ćwiczenie 18: 3D Fourbar Linkage

To złożenie jest prostym mechanizmem zwanym 3D Fourbar linkage (czworobokiem przegubowym). Zawiera tylko cztery części. Podpora support spoczywa na podłożu, natomiast obracanie się części ramienia dźwigni LeverArm powoduje przesuwanie części bloczka przesuwanego SliderBlock.



To ćwiczenie utrwała następujące umiejętności:

- Podstawowa analiza ruchu na stronie 290.
- Wyniki na stronie 301.

Opis projektu

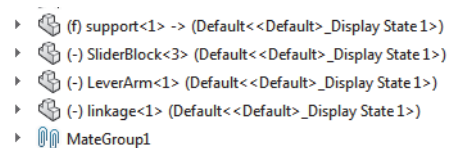
Ramię dźwigni LeverArm obraca się ze stałą prędkością kątową 360 stopni/s. Należy wyznaczyć moment obrotowy konieczny do napędzenia tego mechanizmu oraz sporządzić wykres z symulacji ruchu.

1 Otworzyć plik złożenia.

W folderze Lesson08\Exercises otworzyć ćwiczenie 3D Fourbar linkage.

2 Sprawdzić komponenty nieruchome i ruchome.

Upewnić się, że podpora support jest zamocowana trwale, natomiast pozostałe części mogą się ruszać.



3 Przeprowadzić badanie ruchu.

W menedżerze ruchu MotionManager zaznaczyć opcję **Analiza ruchu**.

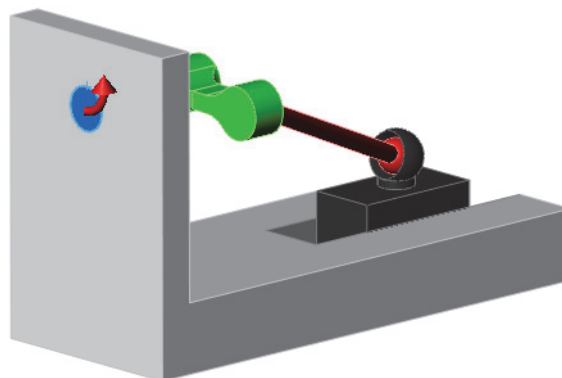
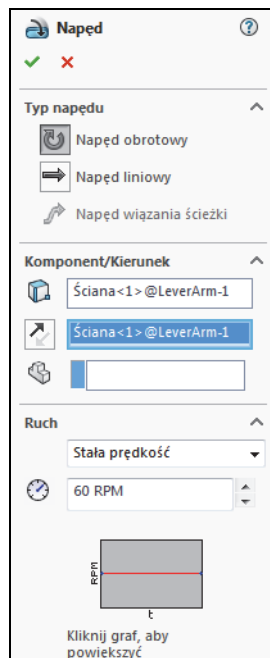
W analizie zostanie użyte domyślne badanie Motion Study 1 (Badanie ruchu 1).

4 Dodać siłę grawitacji.

Zastosować grawitację wzdłuż osi Z w kierunku wartości ujemnych.

5 Zdefiniować ruch ramienia dźwigni LeverArm.

W ustawieniu Napęd obrotowy wprowadzić wartość **360 stopni/s**.

**Porada**

W menedżerze właściwości PropertyManager można wprowadzić bezpośrednio wartość 360 stopni/s, a zostanie ona automatycznie przeliczona na obroty na minutę.

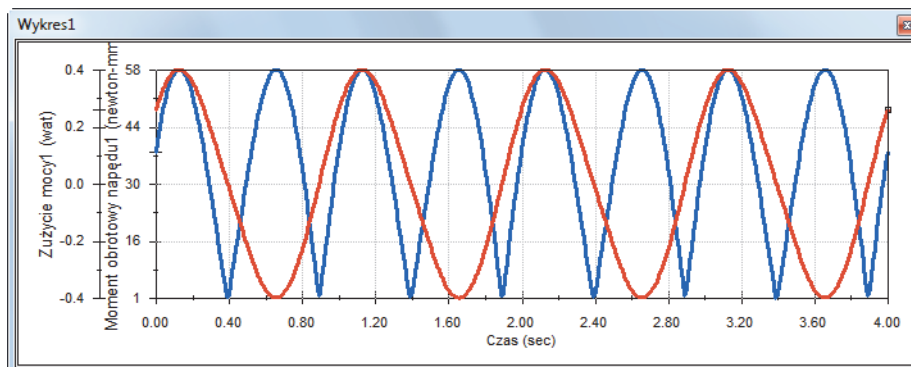
6 Skonfigurować właściwości badania ruchu.

W ustawieniu **Klatki na sekundę** wprowadzić wartość **100**.

W ustawieniu klucza czasowego wpisać **4 s**.

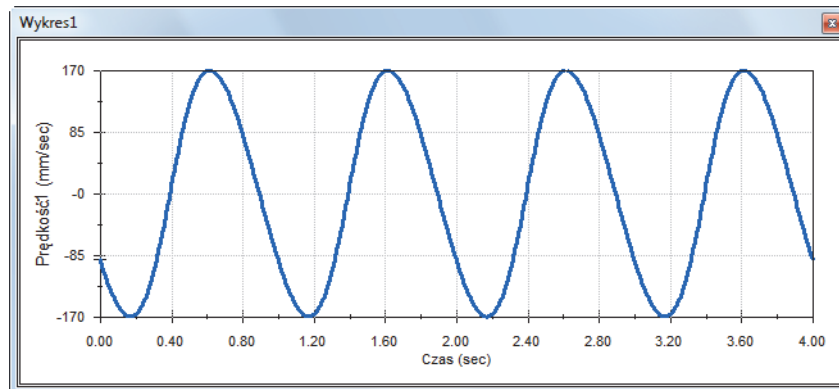
7 Wykonać obliczenia symulacji.**8 Wyznaczyć moment obrotowy i moc konieczne do napędzania mechanizmu.**

Utworzyć wykres pokazujący moment obrotowy napędu i wymaganą moc jako funkcję czasu. Obie wielkości pokazać na jednym wykresie.



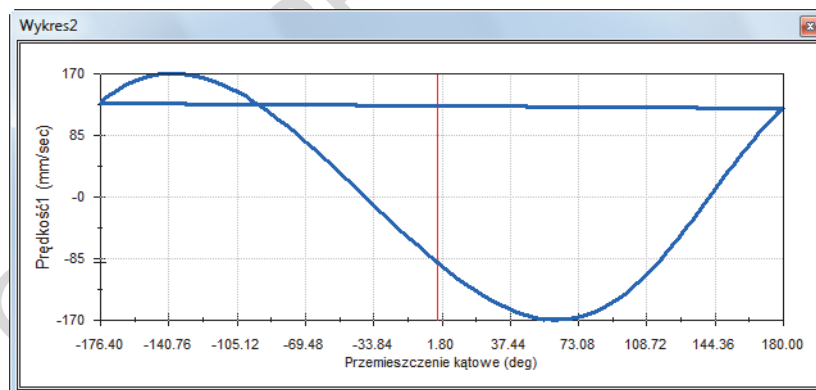
9 Wykreślić prędkość liniową bloczka przesuwanego SliderBlock.

Utworzyć wykres pokazujący prędkość liniową bloczka przesuwanego SliderBlock w kierunku Y jako funkcję czasu.



10 Zmodyfikować wykres.

Zmodyfikować łańcuch wymiarowy wykresu tak, aby było pokazywane kątowne przemieszczenie napędu obrotowego. Wykres będzie wtedy przedstawiał zmienność prędkości bloczka przesuwanego SliderBlock zależnie od przemieszczenia kątownego ramienia dźwigni LeverArm.



11 Zapisać i zamknąć plik.

Lekcja 9

Analiza symulacji przepływu

Po ukończeniu tej lekcji użytkownik będzie potrafił:

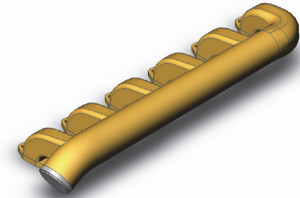
- Przygotować model do projektu symulacji przepływu.
- Tworzyć proste pokrywy.
- Sprawdzić, czy w geometrii występują nieprawidłowe kontakty.
- Obliczyć objętość wewnętrzną.
- Utworzyć projekt programu SOLIDWORKS Flow Simulation za pomocą kreatora projektu.
- Zastosować warunki brzegowe przepływu.
- Zastosować cele.
- Wykonać analizę.
- Skorzystać z okna monitora solvera.
- Sprawdzić wyniki.

Analiza przypadku: złożenie kolektora

Opis problemu

W tej lekcji pokażemy, jak skonfigurować projekt programu SOLIDWORKS Flow Simulation za pomocą kreatora. Przed utworzeniem projektu przygotujesz model do analizy. Następnie wykonasz analizę i nauczysz się interpretować wyniki. Ponadto omówimy różne opcje dostępne w trakcie przetwarzania końcowego.

Powietrze wpływa do złożenia kolektora dolotowego z prędkością $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ i przepływa przez sześć otworów, jak pokazano na ilustracji. Konstrukcja każdego kolektora dolotowego ma za zadanie równomiernie rozprowadzić mieszankę paliwowo-powietrzną do denek tłoków. Gwarantuje to optymalną sprawność działania silnika. Będziemy o tym pamiętać podczas analizowania złożenia kolektora.



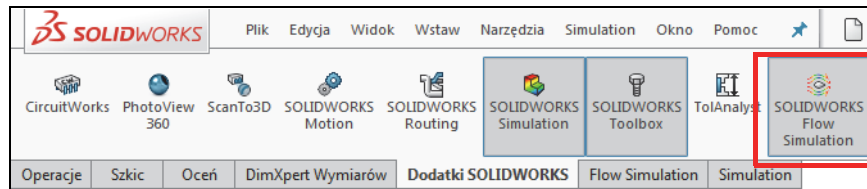
Celem tej lekcji jest przedstawienie kompletnego procesu konfigurowania projektu programu SOLIDWORKS Flow Simulation w środowisku SOLIDWORKS — od przygotowania modelu po przetwarzanie końcowe. Zostaną zdefiniowane i omówione cele badania. Ponadto wyniki zostaną poddane przetwarzaniu końcowemu przy użyciu różnych opcji dostępnych w aplikacji SOLIDWORKS Flow Simulation.

Etapy procedury

- **Przygotowanie modelu do analizy.**
Zamknięcie modelu za pomocą narzędzia **Lids (Pokrywy)** w celu przygotowania do analizy przepływu wewnętrznego. Polecenie **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** posłuży zweryfikowaniu, czy model jest gotowy do symulacji przepływu.
- **Skonfigurowanie symulacji przepływu.**
Utworzenie projektu symulacji przepływu za pomocą kreatora.
- **Zastosowanie warunków brzegowych.**
Do wlotów i wylotów zostaną zastosowane warunki brzegowe.
- **Zadeklarowanie celów obliczeniowych.**
Można zdefiniować cele będące specjalnymi parametrami, o których użytkownik będzie miał informacje po wykonaniu analizy.
- **Wykonanie analizy.**
- **Wykonanie przetwarzania końcowego wyników.**
Wyniki można przetwarzać przy użyciu różnych opcji dostępnych w aplikacji SOLIDWORKS Flow Simulation.

1 Uruchomić program SOLIDWORKS.**2 Aktywować dodatki SOLIDWORKS Flow Simulation.**

Po zainstalowaniu programu SOLIDWORKS Flow Simulation można go aktywować na karcie **Dodatki SOLIDWORKS** w menedżerze poleceń CommandManager.

**Uwaga**

Alternatywnie dodatki aktywuje się w menu **Narzędzia > Dodatki**.

3 Otworzyć złożenie.

W folderze Lesson09\Case Study otworzyć studium przypadku Coletor.

Przygotowanie modelu

W każdej analizie statycznej trzeba czasami zmodyfikować geometrię programu SOLIDWORKS tak, aby umożliwić wykonanie symulacji. To samo dotyczy analiz przepływu. W programie SOLIDWORKS Flow Simulation analizy przepływu są grupowane w dwie odrębne kategorie: przepływu wewnętrznego i zewnętrznego. Przed rozpoczęciem przygotowywania modelu trzeba się zastanowić, którego rodzaju analiza będzie wykonywana.

Analiza przepływu wewnętrznego

Analiza przepływu wewnętrznego dotyczy przepływu płynu ograniczonego zewnętrznymi powierzchniami brył, np. wewnątrz rur, zbiorników, systemów wentylacji/klimatyzacji (HVAC) itd. Przepływy wewnętrzne zachodzą tylko wewnątrz geometrii programu SOLIDWORKS. W przepływie wewnętrznym płyn dostaje się do modelu przez wloty, a wydostaje się przez wyloty. Wyjątkiem są pewne przypadki naturalnej konwekcji, gdzie nie występują otwory.

W celu wykonania analizy przepływu wewnętrznego model SOLIDWORKS musi zostać całkowicie zamknięty (nie mogą pozostać żadne otwory) za pomocą pokryw. Zamknięcie modelu można sprawdzić za pomocą polecenia **SOLIDWORKS Flow Simulation > Tools (Narzędzia) > Check Geometry (Weryfikacja geometrii)**.

Analiza przepływu zewnętrznego

W analizie przepływu zewnętrznego model bryłowy jest całkowicie otoczony przepływem. Są to więc przepływy wokół obiektów takich, jak samoloty, samochody, budynki itd. Przepływ medium nie jest ograniczony przez zewnętrzną powierzchnię bryły, a jedynie przez granice domeny obliczeniowej, i nie wymaga pokrywy, chyba że w instalacji występuje źródło przepływu (np. wentylator).

Jeśli trzeba wykonać równocześnie analizę przepływów wewnętrznego i zewnętrznego, czyli np. przepływów wokół i przez budynek, program SOLIDWORKS Flow Simulation traktuje taką sytuację jako analizę przepływu zewnętrznego.

Analiza kolektora

Znamy już różnicę między analizą przepływu wewnętrznego i zewnętrznego, możemy więc scharakteryzować analizę naszego kolektora jako dotyczącą przepływu wewnętrznego. Będziemy badali wyłącznie przepływ wewnątrz złożenia kolektora. Przepływy wokół bryły nas nie interesują. Jak już wspomniano, w celu wykonania analizy przepływu wewnętrznego model programu SOLIDWORKS musi zostać w pełni zamknięty za pomocą polecenia Lids (Pokrywy).

Pokrywy

Pokrywy są używane w analizie przepływu wewnętrznego. W tego typu analizie wszystkie otwory w modelu należy zamknąć za pomocą operacji programu SOLIDWORKS „pokrywy”. Powierzchnie pokryw (które stykają się z medium) służą do zastosowania warunków brzegowych określających masowe natężenie przepływu, objętościowe natężenie przepływu, ciśnienie statyczne/całkowite i stan wentylatora w objętości medium.



Uwaga

Użycie pokryw nie jest konieczne w analizach przepływów zewnętrznych mierzących przepływ wokół brył takich, jak samochody, samoloty czy budynki. Ponadto pokryw nie używa się w problemach z konwekcją naturalną.


Wprowadzenie: Create Lids (Utwórz pokrywy)

Narzędzie **Create Lids (Utwórz pokrywy)** automatycznie generuje pokrywy dla wszystkich otworów w wybranej powierzchni planarnej modelu. Narzędzie to jest dostępne dla plików części i złożów. Pokrywy są niezbędne w analizie przepływów wewnętrznych (tzn. w zagadnieniach takich, jak przepływ przez zawór kulowy lub rurę).


Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Create Lids (Utwórz pokrywy)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Tools (Narzędzia) > Create Lids (Utwórz pokrywy)**
- Pasek narzędzi programu **Flow Simulation: Create Lids (Utwórz pokrywy)** 

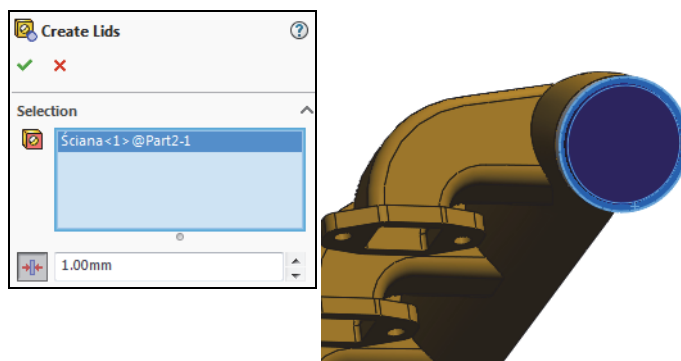
4 Utworzyć pokrywę na ścianie wlotu.

W oknie **Narzędzia > Flow Simulation > Tools (Narzędzia)** wybrać opcję **Create Lids**  (**Utwórz pokrywy**).

Zaznaczyć pierścieniową ścianę wyznaczającą płaszczyznę wlotu, który powinien zostać zamknięty pokrywą.

W menedżerze właściwości PropertyManager **Create Lids (Utwórz pokrywy)** kliknąć przycisk **Adjust Thickness (Dostosuj grubość)**  i w ustawieniu **Thickness (Grubość)** wpisać wartość **1 mm**.

Kliknąć **OK**.



W drzewie operacji FeatureManager widać, że została utworzona nowa część o nazwie LID1. Część jest wyciągnięciem na odległość z wybranej ściany planarnej do otworu na odległość określoną ustawieniem **Thickness (Grubość)**.

Uwaga

Za pomocą narzędzia **Create Lids (Utwórz pokrywy)** można zaznaczyć wiele ścian planarnych. Jeśli użytkownik pracuje na złożeniu, są tworzone nowe części o nazwach LID1, LID2 itd. Gdy wykonuje czynności tylko na jednej części, powstają nowe operacje LID1, LID2 itd.

Porada

Zaleca się, aby w złożeniu zmienić nazwy pokryw na bardziej charakterystyczne. Pozwoli to uniknąć problemów przy otwarciu kilku złożów z pokrywami.

Grubość pokrywy

W razie potrzeby grubość pokrywy można wyregulować przez kliknięcie przycisku **Adjust Thickness (Dostosuj grubość)** i wpisanie nowej wartości w polu **Thickness (Grubość)** (jak to zrobiono w poprzednim kroku).

Grubość zewnętrznej pokrywy zazwyczaj jest nieistotna w analizie przepływu wewnętrznego. Jednak pokrywa nie powinna być na tyle gruba, aby zakłócać w jakikolwiek sposób wzorzec przepływu za pokrywą. Natomiast przy analizowaniu równocześnie przepływu zewnętrznego i wewnętrznego utworzenie zbyt cienkiej pokrywy spowoduje wygenerowanie bardzo dużej liczby komórek. W większości sytuacji pokrywa powinna mieć taką samą grubość jak otaczające ją ściany.

Ręczne tworzenie pokrywy

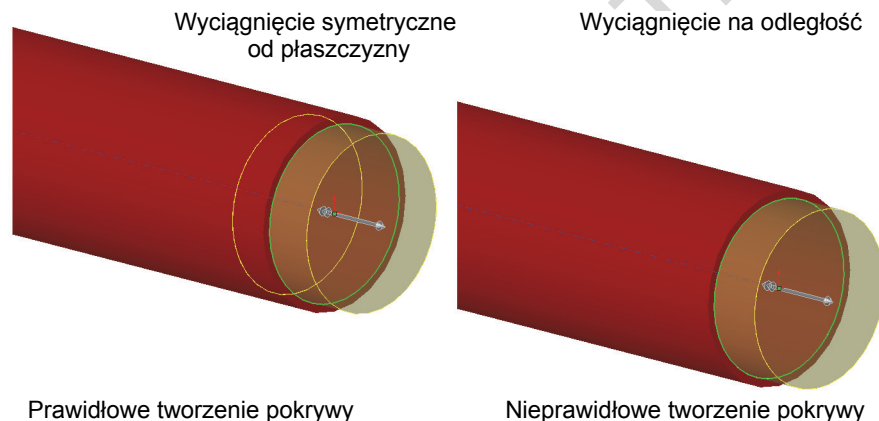
Narzędzia **Create Lids (Utwórz pokrywy)** nie można użyć, jeśli nie istnieją ściany planarne mogące pełnić rolę odniesień. W takiej sytuacji użytkownik musi ręcznie wygenerować pokrywy, tworząc części lub operacje pokryw.

Dodawanie pokrywy do pliku części

- Kliknąć powierzchnię obok miejsca, gdzie ma zostać dodana pokrywa, i otworzyć szkic.
- Zaznaczyć wewnętrzne krawędzie i wybrać kolejno opcje **Narzędzia szkicu > Konwertuj elementy**.
- Kliknąć **Wstaw > Dodanie/Baza > Wyciągnięcie** i zaznaczyć opcję **Symetrycznie od płaszczyzny**.

Uwaga

Zaznaczenie opcji **Symetrycznie od płaszczyzny** jest bardzo ważne. Wybranie opcji **Na odległość** spowodowałoby utworzenie nieprawidłowego kontaktu (rozłącznego obiektu) między pokrywą a obiektem. W razie istnienia nieprawidłowego kontaktu program SOLIDWORKS Flow Simulation nie potrafi zastosować warunków brzegowych do powierzchni.



Dodawanie pokrywy do pliku złożenia

Istnieje kilka sposobów tworzenia pokryw w pliku złożenia programu SOLIDWORKS. Poniżej opisano jedną z zalecanych metod.

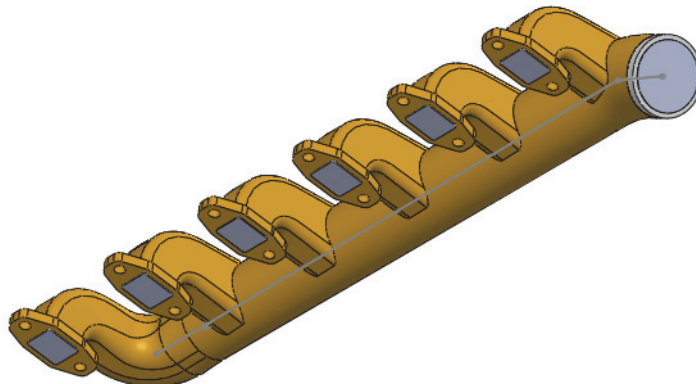
- W programie SOLIDWORKS w trybie złożenia wybrać kolejno opcje **Wstaw > Komponent > Nowa część**.
- Zaznaczyć powierzchnię obok miejsca, gdzie ma zostać dodana pokrywa.
- Zaznaczyć wewnętrzne krawędzie i wybrać kolejno opcje **Narzędzia szkicu > Konwertuj elementy**.
- Kliknąć **Wstaw > Dodanie/Baza > Wyciągnięcie** i zaznaczyć opcję **Symetrycznie od płaszczyzny**.
- Kliknąć **OK**, aby zakończyć pracę w trybie edycji części. Do złożenia zostanie dodana nowa część.

Uwaga

Zazwyczaj warto tworzyć pokrywy jako części w pliku złożenia, zwłaszcza jeśli analiza obejmuje przekazywanie ciepła. Następnie pokrywom można przypisać inny materiał, np. izolator, tak aby nie wpływały one na analizę przekazywania ciepła.

5 Utworzyć pozostałe pokrywy.

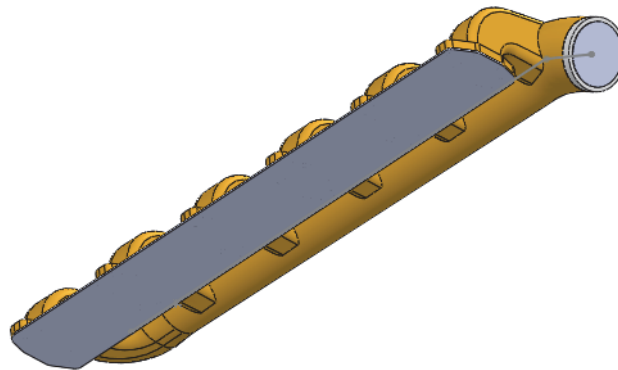
Utworzyć pozostałe pokrywy na ścianach wylotu za pomocą ręcznej metody tworzenia pokryw opisanej powyżej. Zastosować wyciągnięcie **Symetrycznie od płaszczyzny** na odległość 2 mm.

**Uwaga**

Do utworzenia pozostałych pokryw można było użyć narzędzia **Create Lids (Utwórz pokrywy)**, jednak spowodowałoby to zamknięcie wszystkich otworów na wybranej ścianie, a więc również otworów na śruby. Nie jest to konieczne, a dodatkowo w przyjętej metodzie możemy poćwiczyć ręczne tworzenie pokryw.

Omówienie

Tworząc pokrywę przed rozpoczęciem analizy, należy pamiętać, że mają one dwa zadania: zamknięcie wszystkich otworów oraz wprowadzenie geometrii bryłowej, na której można zdefiniować warunki brzegowe (ciśnienie statyczne, masowe natężenie przepływu itd.). W tym modelu można było użyć jednej części do zamknięcia wszystkich sześciu otworów wylotowych, jak pokazano na ilustracji. Tego typu pokrywa byłaby nieprawidłowa, gdyby należało utworzyć różne warunki brzegowe w każdym wylocie. Ponadto pokrywa jest nieodpowiednia z tego względu, że do oceny projektu potrzebujemy informacji o przepływie osobno przez każdy wylot (należy pamiętać, że dobrze zaprojektowany kolektor rozprowadza mieszankę paliwowo-powietrzną równomiernie). Zobaczmy, że pokrywa taka jak tutaj utrudni uzyskanie informacji o każdym otworze.



Sprawdzanie geometrii

Model programu SOLIDWORKS musi zostać sprawdzony w celu ustalenia, czy istnieją jakiegokolwiek problemy z geometrią mogące utrudnić tworzenie siatek dla obszarów bryły i płynu.

Istnieją dwa główne zjawiska uniemożliwiające tworzenie siatek brył i płynów:

- Otwory w geometrii uniemożliwiające programowi SOLIDWORKS kompletne zdefiniowanie w pełni zamkniętej objętości wewnętrznej. Ma to znaczenie tylko w analizie przepływu wewnętrznego.
- Istnienie nieprawidłowych kontaktów między częściami w złożeniu („nieprawidłowy kontakt” to stykanie się plików części punktem lub linią). Ten przypadek zostanie omówiony w dalszej części lekcji.

Uwaga

Nieprawidłowe kontakty wpływają na analizy przepływów wewnętrznych i zewnętrznych.

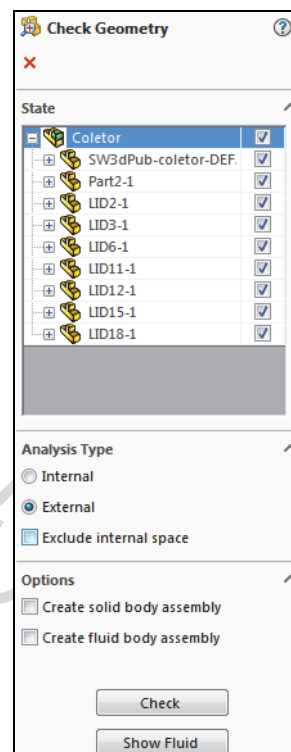
**Wprowadzenie:
Check Geometry
(Weryfikacja geometrii)**

Narzędzie programu SOLIDWORKS Flow Simulation o nazwie **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** pozwala użytkownikom sprawdzać geometrię obiektów programu SOLIDWORKS. Ponadto umożliwia sprawdzanie, czy w bryłach nie występują problemy z geometrią (np. kontakt styczny) skutkujące generowaniem nieadekwatnych siatek w programie SOLIDWORKS Flow Simulation.

W polu **State (Stan)** można wykluczyć niektóre komponenty złożenia ze sprawdzania geometrii.

Jeśli istnieje objętość płynu, będzie o tym informować graficzne polecenie **Show Fluid Volume (Pokaż objętość płynu)**.

Polecenie **Check (Sprawdź)** inicjuje sprawdzanie geometrii złożenia.

**Gdzie to znaleźć**

- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** 🛠️
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Tools (Narzędzia) > Check Geometry (Weryfikacja geometrii)**
- Pasek narzędzi programu **Flow Simulation: Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** 🛠️

6 Sprawdzić poprawność geometrii płynu.

Przejsć do narzędzia **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)**.

Zachować zaznaczenie wszystkich komponentów złożenia.

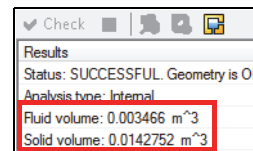
W obszarze **Analysis Type (Typ analizy)** zaznaczyć opcję **Internal (Wewnętrzna)**.

Kliknąć **Check (Sprawdź)**.

Wynik zostanie przedstawiony w polu tekstowym pod obszarem graficznym.

Niezerowe wartości objętości płynu i bryły wskazują, że objętość płynu we wnętrzu nie zmniejsza się wskutek jakichkolwiek wycieków, w związku z czym płyn może służyć do symulacji przepływu.

Zamknąć obszar tekstowy z wynikami oraz menedżera właściwości **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)**.



Uwaga

Polecenie **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** sprawdza istnienie nieprawidłowych kontaktów, np. styczności, zerowych grubości itd. W razie wykrycia problemu pojawia się odpowiedni komunikat w polu Invalid contacts (Nieprawidłowe kontakty).

Porada

Gdy geometria zostanie uznana za gotową do analizy, warto ustawić wszystkie komponenty jako nieruchome. Uniemożliwi to jakikolwiek ruch komponentów podczas wykonywania operacji takich, jak definiowanie warunków brzegowych.

Objętość płynu we wnętrzu

Program SOLIDWORKS Flow Simulation oblicza łączną objętość komponentów bryłowych i łączną objętość płynu.

Na potrzeby analizy przepływu wewnętrznego objętość płynu we wnętrzu musi być większa od zera. Jeśli mimo braku nieprawidłowych kontaktów objętość płynu we wnętrzu wynosi zero, istnieje niewielka szczelina lub otwór łączący wewnętrzną domenę z przestrzenią zewnętrzną. Po wykryciu i skorygowaniu niewielkiej szczeliny lub otworu należy ponownie uruchomić narzędzie **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** i sprawdzić, czy teraz objętość płynu we wnętrzu jest większa od zera.

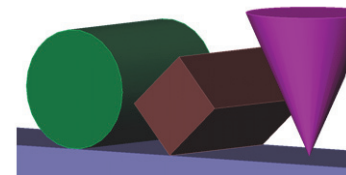
Nieprawidłowe kontakty

W razie istnienia nieprawidłowych kontaktów program SOLIDWORKS Flow Simulation nie będzie w stanie obliczyć objętości płynu we wnętrzu (w granicach domeny obliczeniowej), a narzędzie **Check Geometry (Weryfikacja geometrii)** pokaże zerową wartość tej objętości, nawet jeśli model będzie dokładnie zamknięty i nie będzie żadnych szczelin ani otworów. Przed rozpoczęciem analizy wszystkie nieprawidłowe kontakty należy usunąć.

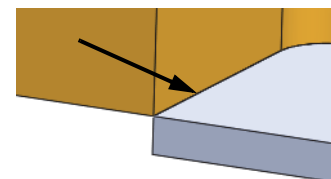
Nieprawidłowe kontakty można usunąć przez rozsuniecie dwóch części na niewielką odległość, tak aby przestały się stykać, lub poprzez utworzenie pasowania na wcisk między tymi częściami.

Przykłady nieprawidłowych kontaktów

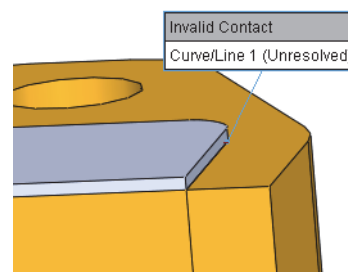
Kilka typowych rodzajów nieprawidłowego kontaktu pokazano na ilustracji.



W naszym przykładzie użycie wyciągnięcia **Na odległość** spowodowałoby powstanie nieprawidłowego kontaktu liniowego, jak na ilustracji.



Po wykryciu nieprawidłowego kontaktu można go kliknąć na liście nieprawidłowych kontaktów, aby zobaczyć dokładne umiejscowienie.

**Uwaga**

Nie każdy kontakt styczny jest nieprawidłowy. W programie SOLIDWORKS Flow Simulation do obliczania obiektów ciekowych i bryłowych są używane operacje logiczne interfejsu API. Jeżeli program SOLIDWORKS jest w stanie prawidłowo skonstruować docelowe obiekty, aplikacja SOLIDWORKS Flow Simulation uznaje te obiekty za prawidłowe na potrzeby analizy, nawet gdy mają potencjalnie błędne kontakty, np. liniowe.

W niektórych modelach nawet przy istnieniu nieprawidłowych kontaktów udaje się zastosować warunki brzegowe i wykonać analizę. Przy próbie użycia polecenia **Cut Plots (Wykresy cięcia)** użytkownicy mogą zobaczyć komunikat o błędzie „Failed to complete” (Nie powiodło się). Należy wtedy naprawić nieprawidłowy kontakt, aby można było sporządzić wykres i ponownie wykonać analizę przed zdefiniowaniem obrazów wykresów cięcia.

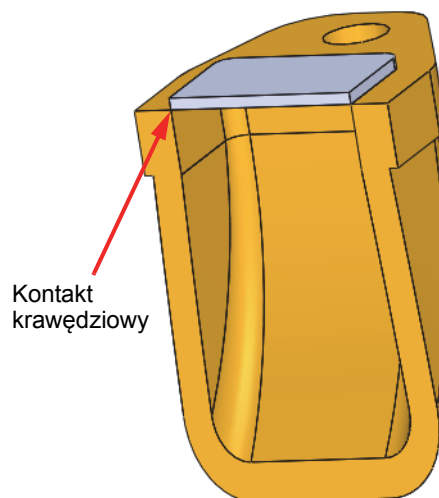
Ważne!

W analizie przepływu wewnętrznego warunki brzegowe można zastosować dopiero po zamknięciu wszystkich otworów.

7 Zmodyfikować położenie pokryw.

Aby zademonstrować niedoskonałe położenia pokryw, zmienimy teraz pozycję ostatniej pokrywy.

Zmodyfikować położenie ostatniej pokrywy w taki sposób, aby jej wewnętrzna krawędź tworzyła kontakt liniowy wzdłuż brzegu wylotu.

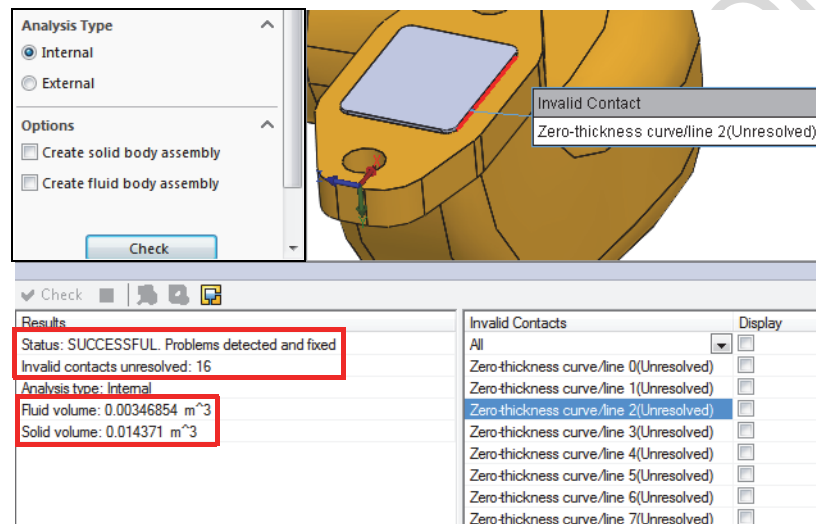


8 Sprawdzić geometrię.

Wykonać krok **6** na stronie 319, aby sprawdzić, czy w geometrii nie istnieją nieprawidłowe kontakty. Koniecznie wybrać typ analizy **Internal (Wewnętrzna)**.

W oknie tekstowym wyniku pojawi się informacja o 16 wykrytych nierozwiązanych kontaktach, które zostały naprawione.

Ponieważ nieprawidłowe kontakty zostały naprawione, narzędzie **Check geometry (Weryfikacja geometrii)** było w stanie obliczyć objętości płynu i bryły.



Uwaga

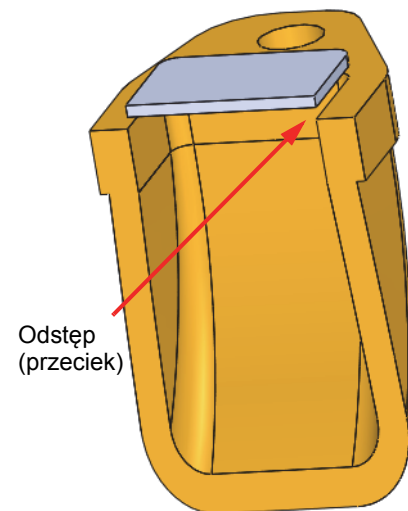
Oprogramowanie radzi sobie z większością takich sytuacji.

Kliknąć dowolny nieprawidłowy kontakt, aby go zobaczyć w obszarze graficznym.

Zamknąć obszar tekstowy z wynikami oraz menedżera właściwości **Check Geometrii (Weryfikacja geometrii)**.

9 Ponownie zmodyfikować położenie pokrywy.

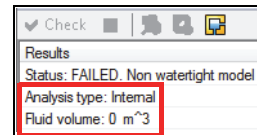
Wykonać krok **7** i zmienić pozycję pokrywy w taki sposób, aby powstał wyraźny odstęp między pokrywą a wylotem.



10 Sprawdzić geometrię.

Wykonać krok 8, aby sprawdzić, czy w geometrii nie istnieją nieprawidłowe kontakty. Koniecznie wybrać typ analizy **Internal (Wewnętrzna)**.

W oknie tekstowym wyniku pojawi się informacja o niepomyślnym wyniku sprawdzania geometrii. Objętości zarówno bryły, jak i płynu będą pokazywać wartość zerową, co oznacza, że nie można ich było obliczyć.


**Wprowadzenie:
Leak Tracker
(Śledzenie
przecieków)**

Nieszczelności w geometrii są czasami trudne do wykrycia. Narzędzie śledzenia przecieków znacznie to ułatwia.

Gdzie to znaleźć

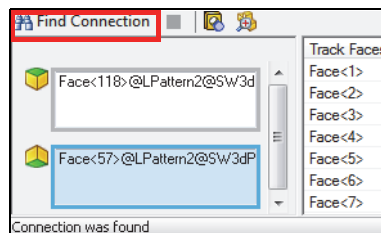
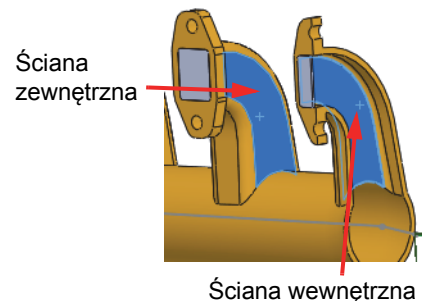
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Tools (Narzędzia) > Leak Tracking (Śledzenie przecieków)**
- Pasek narzędzi programu **Flow Simulation: Leak Tracking (Śledzenie przecieków)**

11 Otworzyć narzędzie śledzenia przecieków.

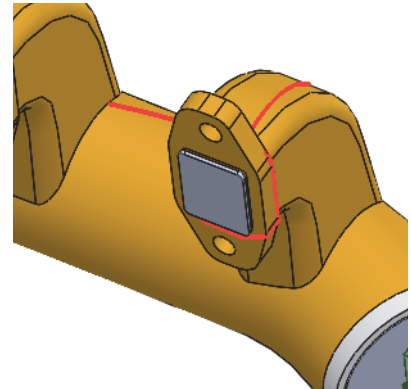
Wybrać kolejno opcje **Narzędzia > Flow Simulation > Tools (Narzędzia) > Leak Tracking (Śledzenie przecieków)**.

Zaznaczyć jedną ścianę wewnątrz i jedną na zewnątrz kolektora.

Kliknąć **Find Connection (Znajdź połączenie)**.



W modelu zostanie graficznie pokazana droga od ściany wewnętrznej do zewnętrznej.

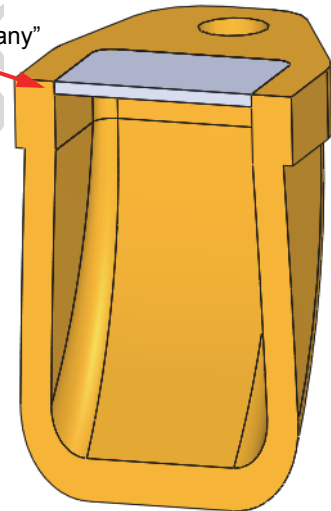


12 Zamknąć narzędzie śledzenia przecieków.

13 Zmodyfikować położenie pokrywy.

Przywrócić pokrywę do prawidłowego położenia, gdzie tworzy kontakt „ściana do ściany” z wylotem.

Kontakt
„ściana do ściany”



Uwaga

Można po raz ostatni wykonać polecenie **Check geometry (Weryfikacja geometrii)** w celu sprawdzenia, czy geometria jest szczelna.

Kreator projektu



Kreator projektu to najwygodniejsze narzędzie do tworzenia i definiowania podstawowej konfiguracji projektu symulacji.

**Wprowadzenie:
Kreator**

Kreator projektu symulacji przepływu jest wykorzystywany nawet przez najbardziej doświadczonych użytkowników programu SOLIDWORKS Flow Simulation. Prowadzi przez kolejne podstawowe kroki konfigurowania analizy przepływu. Później może być konieczne użycie dodatkowych poleceń w celu zdefiniowania bardziej skomplikowanych analiz. Kreator obejmuje następujące etapy procesu modelowania:

- **Project Configuration (Konfiguracja projektu)**
Wybrać konfigurację, która ma być używana w symulacji. Można utworzyć nową konfigurację albo użyć już zdefiniowanej. Zaleca się, aby każdy projekt symulacji przepływu został powiązany z nową konfiguracją. Dzięki temu pliki i wyniki będą odpowiednio uporządkowane.
- **Unit System (Układ jednostek miar)**
Określa układ jednostek miar, który będzie używany w symulacji. Można go zmienić po zakończeniu pracy w kreatorze, wybierając w menu programu **Flow Simulation** polecenie **Units (Jednostki)**. Ponadto można utworzyć dowolny niestandardowy system zawierający jednostki z różnych systemów uniwersalnych.
- **Analysis type (Typ analizy)**
Analiza może być wewnętrzna lub zewnętrzna. Dodatkowo można określić inne parametry analizy (np. oś odniesienia).
- **Default Fluid (Domyślny płyn)**
Domyślny płyn używany w analizie oraz rodzaj przepływu, jakiemu zostanie on poddany (tzn. laminarny, burzliwy lub oba).
- **Wall Conditions (Warunki ścian)**
Warunki brzegowe przepływu przy ścianach geometrii programu SOLIDWORKS.
- **Initial Conditions (Warunki początkowe)**
Warunki początkowe i warunki otoczenia dla brył oraz płynów w modelu.
- **Results (Wyniki) i Geometry Resolution (Rozwiązanie geometrii)**
Gęstość siatki można określić na podstawie cech geometrycznych modelu (grubości cienkich ścian i przerw) oraz dokładności ogólnego wyniku.

Gdzie to znaleźć

- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Wizard (Kreator)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Project (Projekt) > Wizard (Kreator)**
- Pasek narzędzi programu **Flow Simulation: Wizard (Kreator)** 

14 Utworzyć projekt za pomocą kreatora.

Z menu **Narzędzia > Flow Simulation** wybrać kolejno opcje: **Project (Projekt) > Wizard (Kreator)** .

15 Utworzyć nowy projekt.

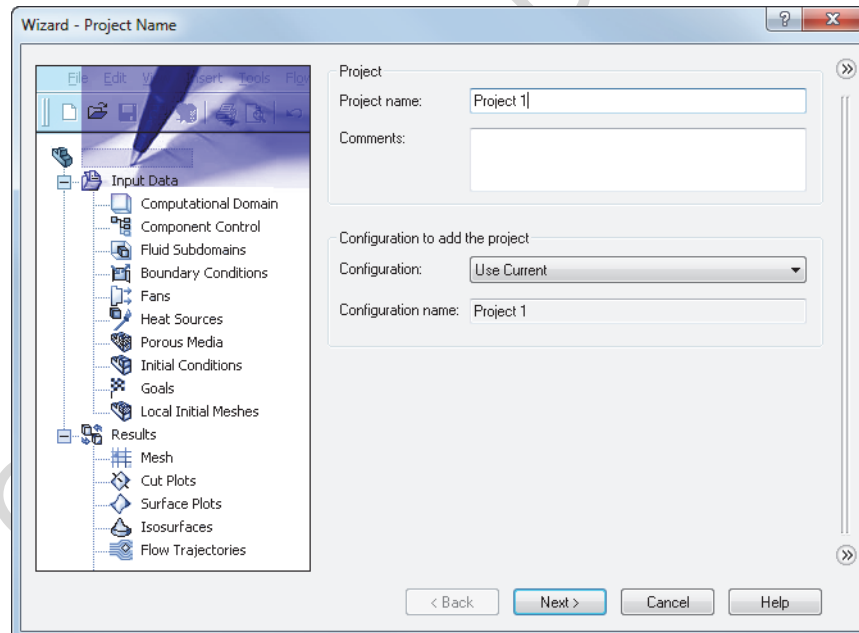
W obszarze **Configuration (Konfiguracja)** kliknąć opcję **Use Current (Użyj bieżącej)** (ustawienie domyślne).

Uwaga

Można również kliknąć opcję **Create New (Utwórz nową)** i utworzyć nową konfigurację albo opcję **Select (Wybierz)** i powiązać projekt z dowolną istniejącą konfiguracją programu SOLIDWORKS.

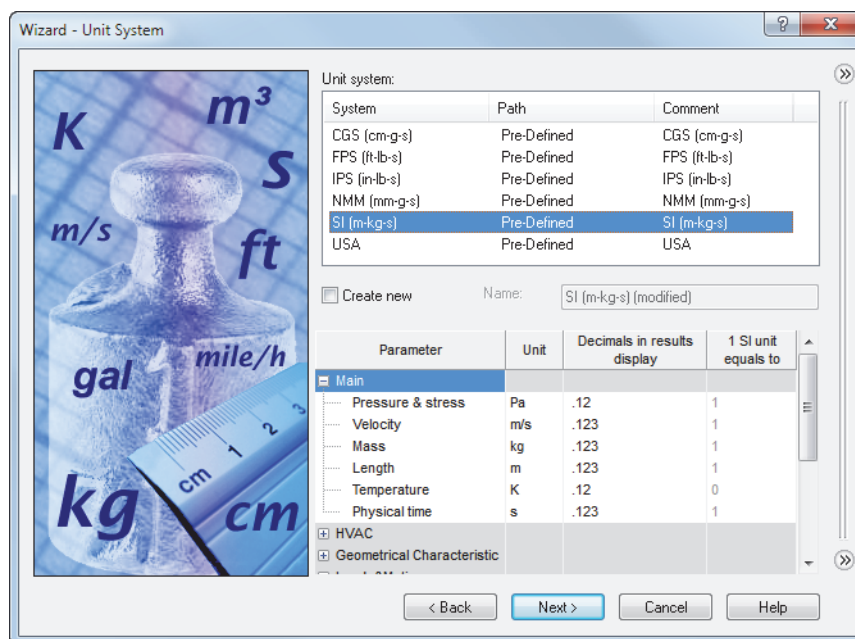
W polu **Configuration Name (Nazwa konfiguracji)** wpisać **Projekt 1**.

Program SOLIDWORKS Flow Simulation zapisze wszystkie dane w osobnym folderze o numerze kolejnym „1”, „2”, „3” itd., zależnie od liczby utworzonych projektów. Folder znajduje się w tym samym katalogu co plik złożenia.



Kliknąć **Next (Dalej)**.

16 Wybrać jednostki.



Dla tego projektu w ustawieniu **Unit System (Układ jednostek miar)** zaznaczyć pozycję **SI (m-k-g-s)**.

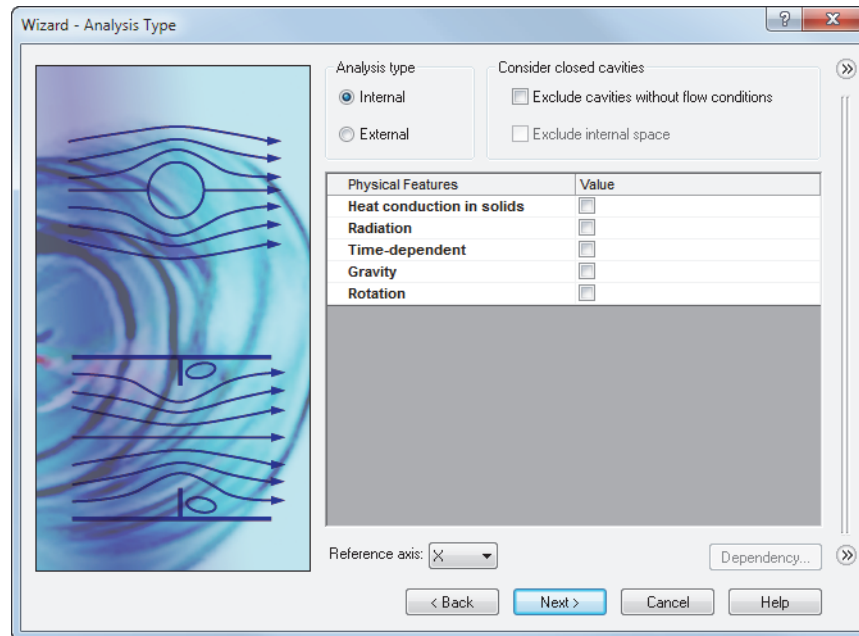
Układ ten będzie można zmienić w dowolnej chwili, wybierając kolejno opcje **Narzędzia > Flow Simulation > Units (Jednostki)**.

Kliknąć **Next (Dalej)**.

Uwaga

Można także utworzyć własny system jednostek miar, umieszczając w nim jednostki z systemów standardowych. W tym celu należy zaznaczyć pole wyboru **Create New (Utwórz nowy)** i nadać nazwę nowemu niestandardowemu układowi jednostek miar.

17 Wybrać typ analizy.



W obszarze **Analysis Type (Typ analizy)** zaznaczyć opcję **Internal (Wewnętrzna)**.

W obszarze **Consider closed cavities (Uwzględnij zamknięte gniazda)** wyczyścić pole wyboru **Exclude cavities without flow conditions (Wyklucz gniazda bez warunków przepływu)**.

W tej analizie nie trzeba definiować parametru **Reference axis (Oś odniesienia)**.

Zaakceptować wszystkie pozostałe ustawienia domyślne.

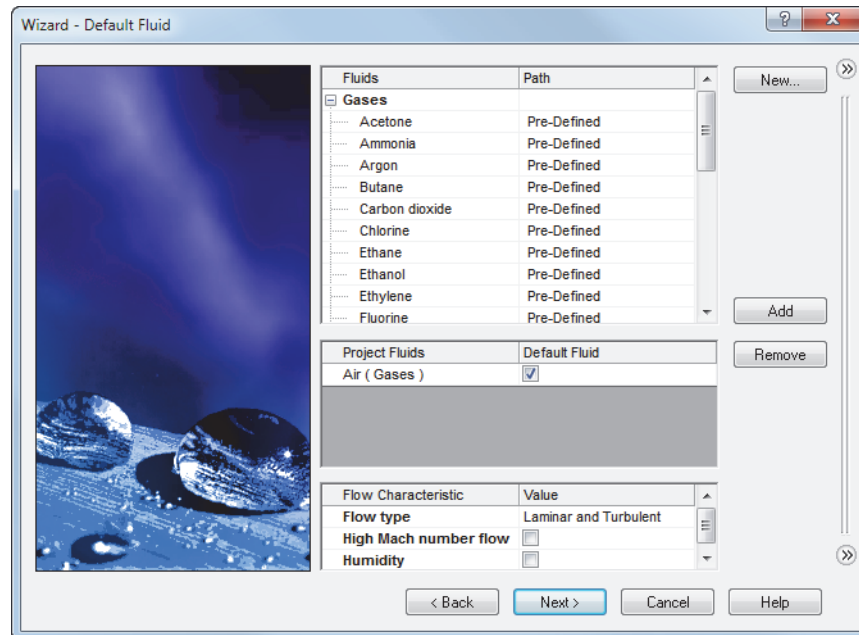
Kliknąć **Next (Dalej)**.

Reference Axis (Oś odniesienia)

Parametr **Reference Axis (Oś odniesienia)** definiuje się za pośrednictwem **kreatora**. Od niego zależy wartość ustawienia **Dependency (Zależność)** dotyczącego konkretnej wielkości (np. promieniowania lub obrotu).

Exclude Cavities Without Flow Conditions (Wyklucz gniazda bez warunków przepływu)

Status opcji **Exclude cavities without flow conditions (Wyklucz gniazda bez warunków przepływu)** jest nieistotny w tej analizie, ponieważ model zawiera tylko jedną przestrzeń wewnętrzną. Gdyby istniało wiele niepołączonych ze sobą przestrzeni wewnętrznych, zaznaczenie tego pola wyboru uniemożliwiłoby programowi SOLIDWORKS Flow Simulation wygenerowanie siatek i znalezienie rozwiązań dla wszystkich takich przestrzeni bez warunków brzegowych.

18 Wybrać typ medium (gaz lub ciecz).

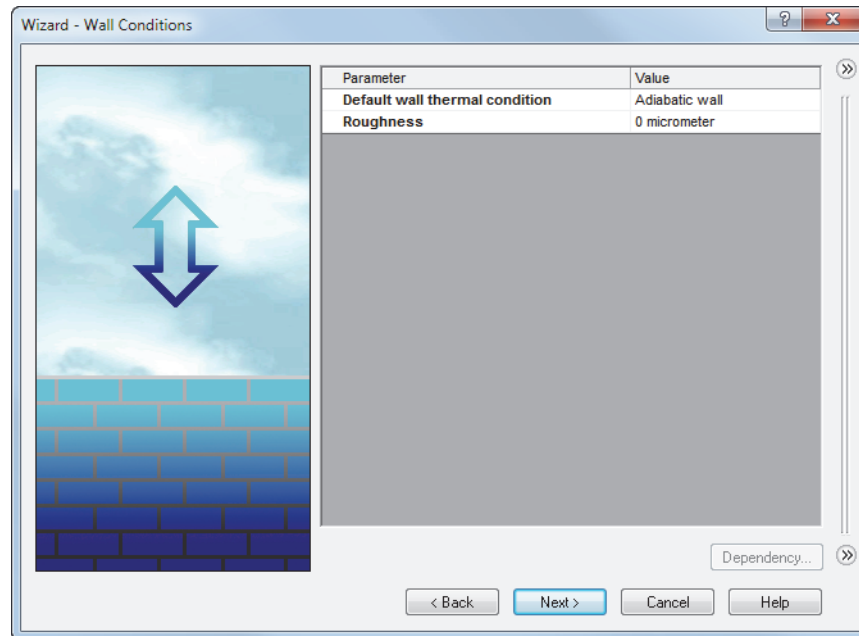
Rozwinąć drzewo **Gases (Gazy)**. W bazie danych płynów za pomocą pola przewijania przejść do pozycji **Air (Powietrze)** i ją zaznaczyć.

Kliknąć **Add (Dodaj)**. Pozycja **Air (Powietrze)** zostanie przeniesiona na listę **Project Fluids (Płyny projektu)**.

Zaakceptować wszystkie pozostałe ustawienia domyślne.

Kliknąć **Next (Dalej)**.

19 Określić warunki dla ścian.



Na liście **Parameter (Parametr)** **Default wall thermal condition (Domyślny warunek termiczny ściany)** ma wartość **Adiabatic wall (Ściana adiabatyczna)**, a parametr **Roughness (Chropowatość)** ma wartość **0**. Kliknąć **Next (Dalej)**.

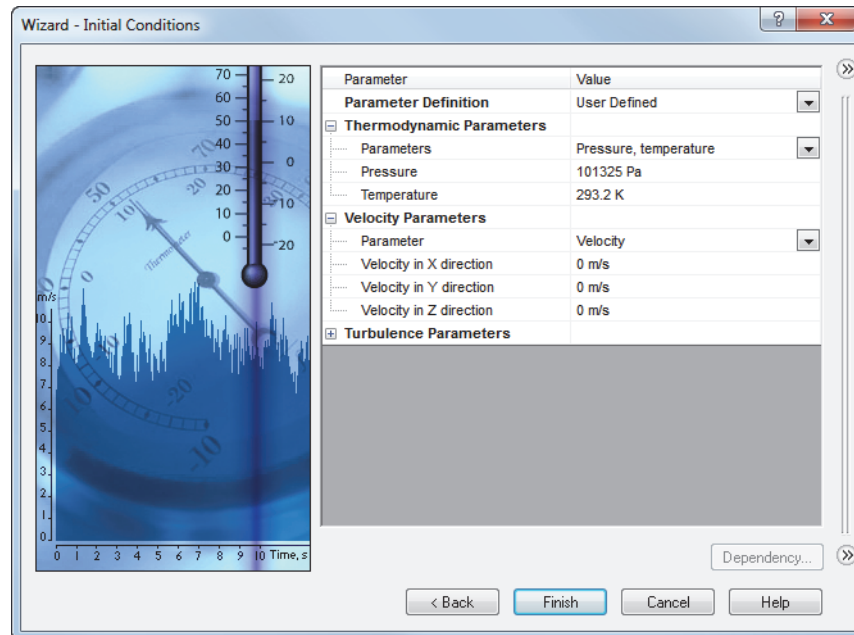
Adiabatic Wall (Ściana adiabatyczna)

Ponieważ w tym projekcie nie występuje przekazywanie ciepła, zaleca się pozostawienie domyślnej wartości **Adiabatic wall (Ściana adiabatyczna)**. Wartość **Adiabatic wall (Ściana adiabatyczna)** oznacza, że z założenia ściany są izolowane doskonale.

Roughness (Chropowatość)

Ta wartość jest używana do obliczania profilu prędkości w warstwie granicznej. W przypadku użycia wartości domyślnej wynoszącej 0 (jest to zalecane przy nieznaney chropowatości) solver zakłada, że ściany są gładkie. Należy poszukać w pomocy programu Flow Simulation informacji o ustalaniu odpowiednich parametrów chropowatości.

20 Zaakceptować warunki początkowe i warunki otoczenia.




Kliknąć przycisk **Finish (Zakończ)**, aby zaakceptować domyślne standardowe warunki otoczenia jako warunki początkowe dla tej analizy.

Uwaga

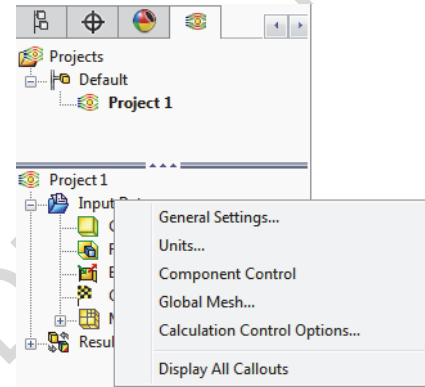
Im ustawione wartości początkowe będą bliższe finalnych wartości stwierdzonych dzięki analizie, tym szybciej przebiegnie analiza. Ponieważ nie mamy żadnej wiedzy o oczekiwanych wartościach końcowych, w tej lekcji nie będziemy modyfikować wartości początkowych.

21 Sprawdzić dane wejściowe w drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation.

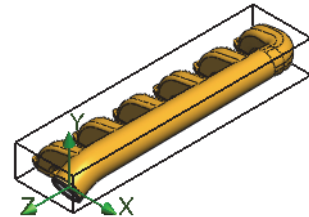
W programie SOLIDWORKS Flow Simulation zostanie utworzony nowy projekt skojarzony z konfiguracją programu SOLIDWORKS o nazwie Default (Domyślna), a także nowe drzewo analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation.

Karta **Flow Simulation analysis tree (Drzewo analizy programu Flow Simulation)**  powinna zostać automatycznie utworzona i zaznaczona w drzewie operacji FeatureManager.

Jeśli później wystąpi konieczność zmiany danych wejściowych projektu, użytkownik będzie mógł w drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy opcję Input Data (Dane wejściowe) i wybrać rodzaj informacji do zaktualizowania.



W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation rozwinąć węzeł opcji Input Data (Dane wejściowe). Drzewo analizy służy do konfigurowania dodatkowych ustawień analizy w projekcie.



Domena obliczeniowa, widoczna jako szkieleł otaczający model, wizualizuje analizowaną objętość.

Domena obliczeniowa



Domena obliczeniowa to objętość o stałym położeniu w układzie współrzędnych w polu przepływu płynu. Płyn przemieszcza się do i z domeny obliczeniowej, ale sama domena pozostaje zaczepiona w jednym miejscu.

Program SOLIDWORKS Flow Simulation analizuje geometrię modelu i automatycznie generuje domenę obliczeniową o kształcie prostokątnego pryzmatu otaczającego model. Ściany graniczne domeny obliczeniowej są prostopadłe do osi globalnego układu współrzędnych modelu. W przepływach zewnętrznych ściany graniczne domeny obliczeniowej są automatycznie odsuwane od modelu na tyle, aby objęły przestrzeń z płynem wokół niego. Z kolei w przepływach wewnętrznych ściany graniczne domeny obliczeniowej obejmują automatycznie tylko ściany modelu.

Wprowadzenie: Boundary Conditions (Warunki brzegowe)

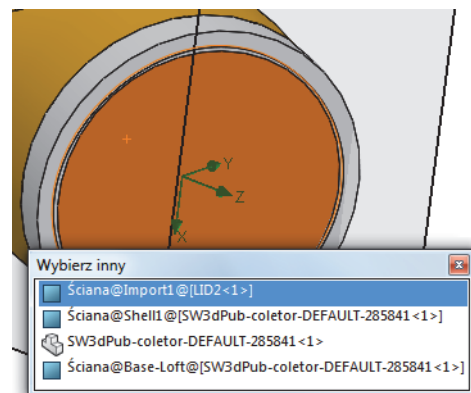
Warunek brzegowy jest konieczny do opisanie miejsca wejścia płynu do modelu lub wyjścia z modelu (domeny obliczeniowej). Rolę tego warunku może pełnić ciśnienie, przepływ masowy, przepływ objętościowy lub prędkość. Warunki brzegowe mogą również określać parametry ściany, np. jako idealną, stacjonarną lub obrotową.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Boundary Conditions (Warunki brzegowe)** i wybrać polecenie **Insert Boundary Condition (Wstaw warunek brzegowy)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Boundary Conditions (Warunki brzegowe)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Insert (Wstaw) > Boundary Condition (Warunek brzegowy)** 

22 Wstawić warunek brzegowy.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Input Data (Dane wejściowe), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Boundary Conditions (Warunki brzegowe) i wybrać polecenie **Insert Boundary Condition (Wstaw warunek brzegowy)**.



Zaznaczyć wewnętrzną powierzchnię operacji programu SOLIDWORKS reprezentującej wlot, jak pokazano na ilustracji.

Uwaga

Aby uzyskać dostęp do wewnętrznej ściany, kliknąć prawym przyciskiem myszy zewnętrzną ścianę pokrywy i wybrać polecenie **Select Other (Wybierz inny)**. W oknie **Select Other (Wybierz inny)** przesuwając wskaźnik myszy i zaznaczać kolejne ściany, a będą one dynamicznie podświetlane w geometrii bryły.

23 Skonfigurować warunek brzegowy.

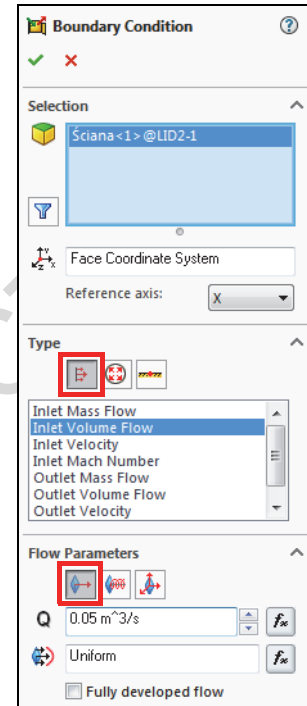
W menedżerze właściwości PropertyManager **Boundary Conditions (Warunki brzegowe)**, w obszarze **Type (Typ)**, kliknąć przycisk **Flow openings (Otwory na przepływ)**.

Również w obszarze **Type (Typ)** zaznaczyć pozycję **Inlet Volume Flow (Objętościowy przepływ na wlocie)**.

W obszarze **Flow Parameters (Parametry przepływu)** kliknąć przycisk **Normal to face (Normalna do ściany)** i wpisać wartość **0,05 m³/s**.

Kliknąć **OK**.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Boundary Conditions (Warunki brzegowe), pojawi się nowa pozycja Inlet Volume Flow1 (Objętościowy przepływ na wlocie1). W programie SOLIDWORKS Flow Simulation do obszaru wlotu, prostopadłe do wybranej ściany, będzie doprowadzane powietrze w ilości 0,05 m³ na sekundę.



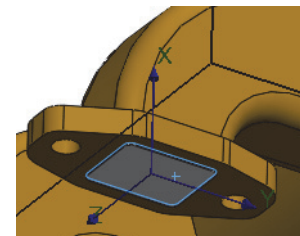
Uwaga

Ponieważ objętościowe natężenie przepływu jest wymagane jako parametr wyjściowy na każdym wylocie, dla każdego wylotu należy określić warunek w postaci ciśnienia. W razie nieznanego ciśnienia na wylotach niektórych otworów można w tej analizie dla każdej ściany wylotu użyć warunku w postaci statycznego ciśnienia otoczenia.


24 Wstawić warunek brzegowy.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Input Data (Dane wejściowe), kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Boundary Conditions (Warunki brzegowe) i wybrać polecenie **Insert Boundary Condition (Wstaw warunek brzegowy)**.

Zaznaczyć wewnętrzną ścianę jednego z otworów wylotowych.



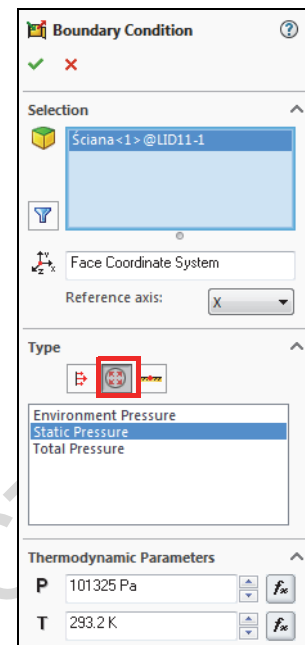
25 Skonfigurować warunek brzegowy.

W oknie **Boundary Conditions (Warunki brzegowe)** w obszarze **Type (Typ)** kliknąć przycisk **Pressure openings (Otwory na ciśnienie)** .

Również w obszarze **Type (Typ)** zaznaczyć pozycję **Static Pressure (Ciśnienie statyczne)**.

Kliknąć przycisk **OK**, aby zaakceptować domyślne wartości otoczenia.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation pojawi się nowy element **Static Pressure1 (Ciśnienie statyczne1)**.

**26 Utworzyć dodatkowe warunki brzegowe dla wylotów.**

Każdy otwór wylotowy powinien mieć przypisany warunek brzegowy ciśnienia statycznego do wewnętrznej powierzchni pokrywy wylotu.

Utworzyć pięć dodatkowych warunków brzegowych ciśnienia statycznego dla pozostałych pięciu wylotów.

**Wprowadzenie:
Cele inżynierskie**

Program SOLIDWORKS Flow Simulation zawiera wbudowane kryteria umożliwiające zatrzymanie procesu generowania rozwiązania. Najlepiej jednak użyć własnych kryteriów za pomocą mechanizmu nazywanego w programie SOLIDWORKS Flow Simulation celami. Cele to fizyczne parametry umieszczane w wybranych miejscach projektu, a z inżynierskiego punktu widzenia ich zbieżność można uznać za uzyskanie rozwiązania o stanie ustalonym.

Cele inżynierskie to określone przez użytkownika parametry, które można wyświetlać w trakcie działania solvera i o których można uzyskiwać informacje po osiągnięciu zbieżności. Cele można ustawiać w całej domenie (**cel globalny**), w wybranym obszarze (**cel powierzchniowy**, **cel punktowy**) lub w wybranej objętości (**cel objętościowy**). Ponadto podczas badania celów program SOLIDWORKS Flow Simulation może brać pod uwagę wartości średnie, minimalne lub maksymalne.

Dodatkowo można zdefiniować **cel równaniowy**, czyli cel definiowany przez wyrażenie (podstawowe funkcje matematyczne) wykorzystujący istniejące cele jako zmienne. Pozwala on obliczyć wybrany parametr (np. spadek ciśnienia) i zachować tę informację w projekcie do późniejszego wykorzystania.

W programie SOLIDWORKS Flow Simulation można definiować pięć różnych rodzajów celów:

- Cel globalny
- Cel powierzchniowy
- Cel równaniowy
- Cel punktowy
- Cel objętościowy

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Goals (Cele)** i wybrać polecenie **Insert Goals (Wstaw cele)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Flow Simulation Features (Operacje programu Flow Simulation) > Goals (Cele)**
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Insert (Wstaw) > Goals (Cele)**

Użycie w instrukcjach

Zaznaczyć typ celu do zdefiniowania.

27 Wstawić cel powierzchniowy.

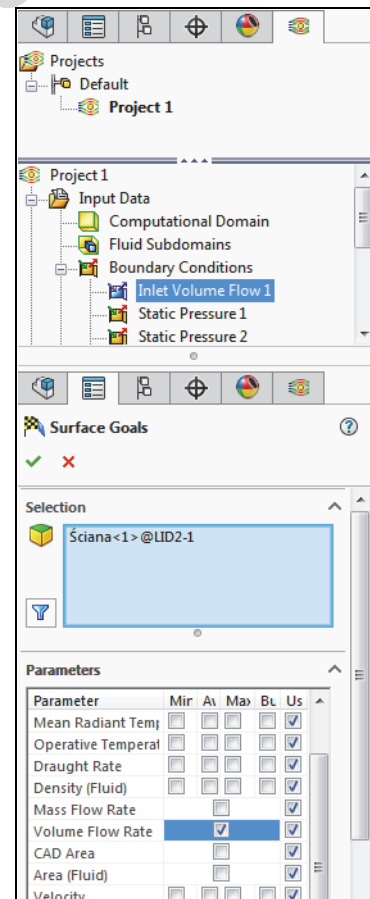
W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Goals (Cele) i wybrać polecenie **Insert Surface Goals (Wstaw cele powierzchniowe)**.

Aby wybrać powierzchnię wlotu dla celu powierzchniowego, podzielić okienko zadań, w górnej części kliknąć warunek brzegowy Inlet Volume Flow1 (Objętościowy przepływ na wlociel) widoczny w drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation i wstawić ścianę w miejscu, gdzie ma zostać zastosowany cel powierzchniowy.

Na liście **Parameter (Parametr)** odszukać pozycję **Volume Flow Rate (Objętościowe natężenie przepływu)** i zaznaczyć obok niej pole wyboru.

Kliknąć **OK**.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Goals (Cele), pojawi się nowa pozycja SG Volume Flow Rate1 (Objętościowe natężenie przepływu1 SG).



28 Zmienić nazwę celu powierzchniowego.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation zmienić nazwę pozycji SG Volume Flow Rate1 (Objętościowe natężenie przepływu1 SG) na Inlet SG Volume Flow Rate (Objętościowe natężenie przepływu SG na wlocie).

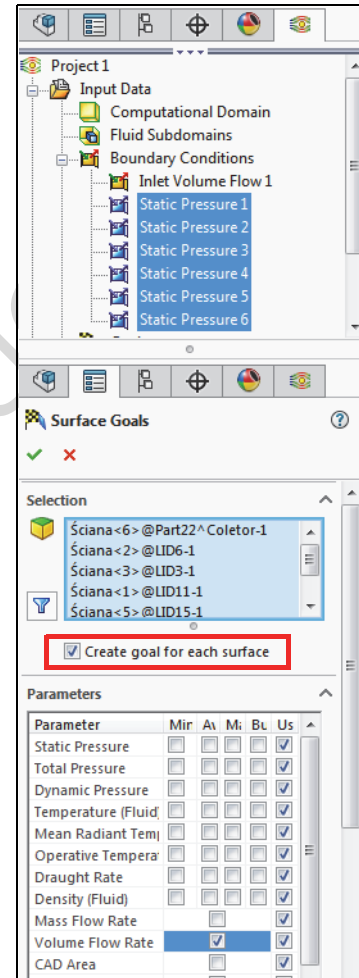
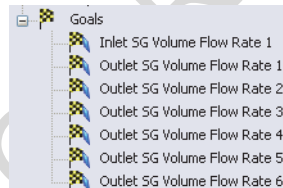
29 Wstawić cel powierzchniowy.

Powtarzając wcześniejsze kroki 27 i 28, zastosować cel powierzchniowy do objętościowego natężenia przepływu przez otwory wylotowe.

Podczas wybierania warunków brzegowych Static Pressure (Ciśnienie statyczne) trzymać wciśnięty klawisz CTRL i klikać wszystkie warunki brzegowe wylotu.

Zaznaczyć pole wyboru **Create goal for each surface (Utwórz cel dla każdej powierzchni)**. Spowoduje to utworzenie 6 celów powierzchniowych, po jednym dla każdego wylotu.

Zmienić nazwy wszystkich celów powierzchniowych tak, aby jasno wskazywały otwór wylotowy.

**30 Wstawić cel równaniowy.**

W tej lekcji **cel równaniowy** służy do zsumowania objętościowych natężeń przepływu przez wszystkie wyloty. **Cel równaniowy** będzie decydował o łącznym **objętościowym natężeniu przepływu** opuszczającym kolektor.

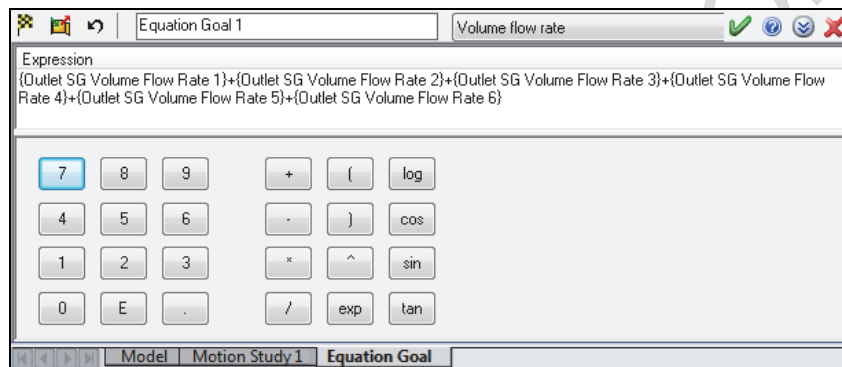
W drzewie analizy programu Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Goals (Cele) i wybrać polecenie **Insert Equation Goal (Wstaw cel równaniowy)**.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation zaznaczyć cel powierzchniowy Outlet SG Volume Flow Rate1 (Objętościowe natężenie przepływu1 SG na wylocie), aby dodać go do pola **Expression (Wyrażenie)**.

W oknie **Equation Goal (Cel równaniowy)** kliknąć przycisk **+**.

Powtórzyć 2 ostatnie kroki, aby dodać pozostałe 5 natężeń przepływu na wylotach i skompletować równanie.

Na liście **Dimensionality (Stopień)** zaznaczyć pozycję **Volume Flow Rate (Objętościowe natężenie przepływu)**.



Kliknąć **OK**.

31 Zmienić nazwę celu równaniowego.

Zmienić nazwę celu równaniowego na Sum of outlet flow rates (Suma natężeń przepływu na wylotach).

Po osiągnięciu zbieżności rozwiązania suma objętościowych natężeń przepływu na wszystkich wylotach powinna być w przybliżeniu równa warunkowi brzegowemu objętości na wlocie.

Siatka

Gęstość i jakość siatki wpływa na rozdzielczość wyniku, czyli innymi słowy poziom dokładności wyników. Zasadniczo do uzyskania wyższego poziomu dokładności wyniku jest potrzebna drobniejsza siatka, co oznacza większą łączną liczbę komórek i większe zapotrzebowanie na pamięć RAM.

Im gęstsza siatka, tym większe obciążenie procesora przy obliczaniu. Dlatego optymalna gęstość siatki wymaga znalezienia kompromisu między dokładnością wyników a czasem obliczania.

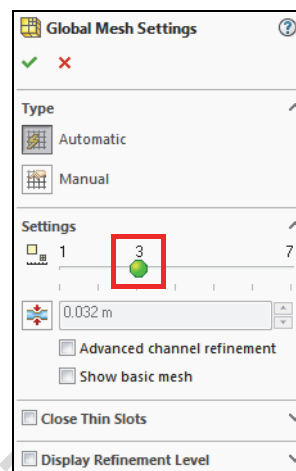
32 Skonfigurować początkowe parametry siatki globalnej.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Input Data (Dane wejściowe), rozwinąć folder Mesh (Siatka), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Global Mesh (Siatka globalna) i wybrać polecenie **Edit Definition (Edytuj definicję)**.

W obszarze **Type (Typ)** pozostawić opcję **Automatic (Automatycznie)**.

W obszarze **Settings (Ustawienia)** na suwaku **Level of initial mesh (Poziom siatki początkowej)** zaakceptować wartość domyślną **3**.

Kliknąć **OK**.

**Uwaga**

W niektórych sytuacjach ważne jest podanie wartości **Minimum gap size (Minimalna wielkość przerwy)**, ponieważ gwarantuje ona, że podczas generowania siatki nie będą ignorowane małe przerwy. Ponieważ ten model ma w miarę jednolitą średnicę, nie trzeba określać minimalnej przerwy.

33 Zapisać plik.

Kliknąć kolejno opcje **File (Plik) > Save (Zapisz)**, aby zapisać plik złożenia.

Wprowadzenie: Run (Uruchom)

Polecenie **Run (Uruchom)** powoduje wykonanie obliczeń symulacji i wygenerowanie rozwiązania.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy folder projektu (Project 1) i wybrać polecenie **Run (Uruchom)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Run (Uruchom)**
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Solve (Rozwiąż) > Run (Uruchom)**

Opcja ładowania wyników

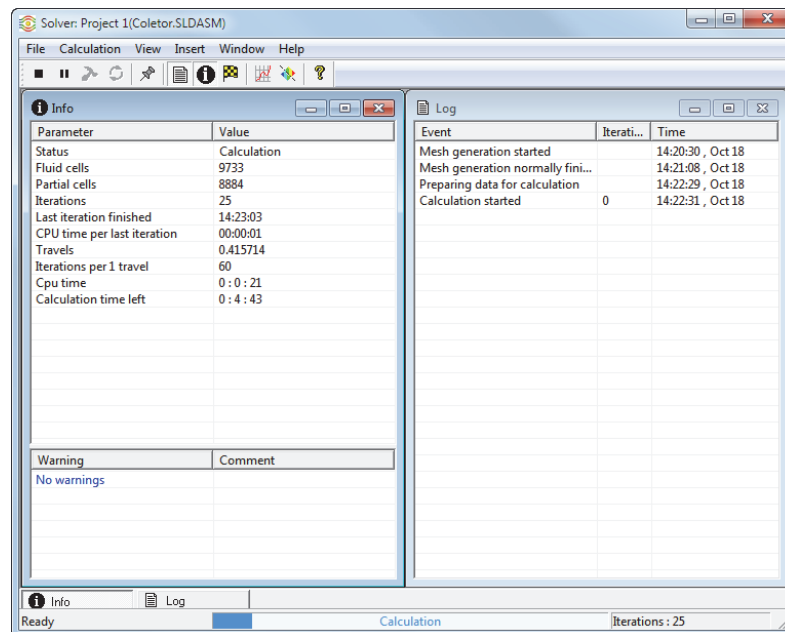
Ponieważ wyniki z programu SOLIDWORKS Flow Simulation mogą się bardzo rozrosnąć, trzeba je wczytać do przetwarzania końcowego. Ta opcja powoduje automatyczne załadowanie wyników po zakończeniu pracy solvera.

Uwaga

Jeśli wyniki zawierają kilka konfiguracji/rozwiązań, trzeba je wczytywać po kolei. Przed załadowaniem nowego zbioru wyników aktualnie załadowany zbiór trzeba usunąć z pamięci.

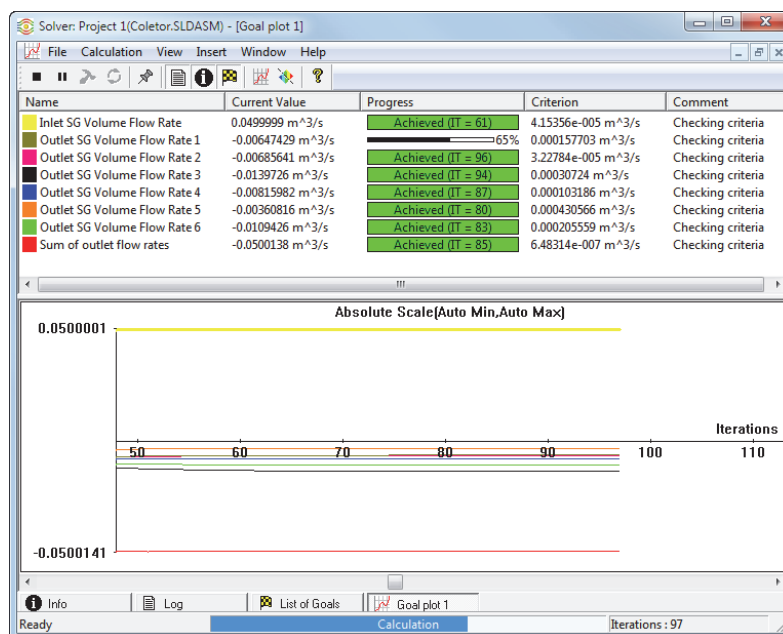
Monitorowanie solvera

Po uruchomieniu solvera pojawia się okno monitorowania rozwiązania. Z lewej strony okna **Solver** znajduje się wykaz wszystkich kroków wykonanych w procesie generowania rozwiązania. Prawa strona zawiera okno dialogowe z informacjami o siatce i wszelkimi ostrzeżeniami dotyczącymi analizy.



**Okno Goal Plot
(Wykres celu)**

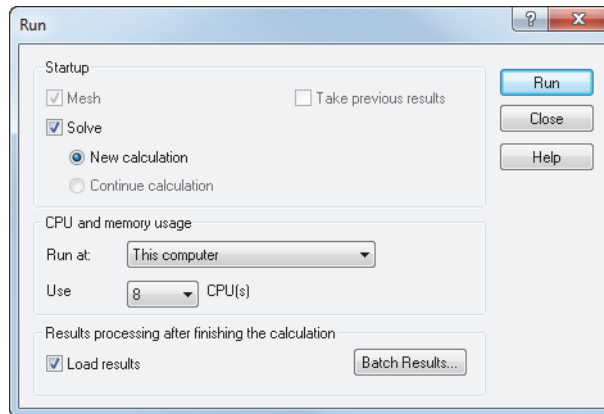
W oknie **Goal Plot (Wykres celu)** są pokazywane wszystkie cele zaznaczone w oknie **Add/Remove Goals (Dodaj/usuń cele)**. Widać tutaj aktualną wartość i wykres każdego celu, a także wyrażony procentowo aktualny postęp realizacji. Wartość zaawansowania jest jedynie szacunkowa, a tempo zbliżania się do celu zazwyczaj rośnie wraz z upływem czasu.

**Komunikaty
ostrzegawcze**

W oknie **Solver** w obszarze **Info (Informacje)** są również wyświetlane komunikaty ostrzegawcze. W tej analizie można zobaczyć komunikat ostrzegawczy o treści „A vortex crosses the pressure opening” (Wierzchołek przecina otwór na ciśnienie). Wskazuje on, że istnieje różnica ciśnienia w różnych punktach jednego wylotu, co czasami jest objawem występowania cyrkulacji na wylocie. Po wykonaniu analizy użytkownik może na wykresach wyników sprawdzić, czy przepływ wchodzi przez wyloty. Komunikat pełni jedynie rolę ostrzegawczą i można go zignorować w kontekście tej analizy, jednak jeśli do wylotu wchodziłby przepływ, należałoby wydłużyć wylot, aby wszystkie wektory przepływu z niego tylko wychodziły.

34 Wygenerować rozwiązanie dla projektu programu SOLIDWORKS Flow Simulation.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Project 1** i wybrać polecenie **Run (Uruchom)**.



Upewnić się, że są zaznaczone pola wyboru obok pozycji **Load Results (Załaduj wyniki)**.


Kliknąć przycisk **Run (Uruchom)**, pozostawiając domyślne ustawienia.

Solver powinien pracować przez ok. 5 minut.

Uwaga

Solver w programie Flow Simulation potrafi wykonywać obliczenia równoległe. Dzięki temu można wybrać liczbę procesorów wykorzystywanych do obliczeń.

35 Wstawić wykres celu.

Przy uruchomionym solverze na pasku narzędzi Solver kliknąć przycisk **Insert Goal Plot (Wstaw wykres celu)** , aby otworzyć okno **Add/Remove Goals (Dodaj/usuń cele)**.

Kliknąć **Add All (Dodaj wszystkie)** i dodać wszystkie cele, w przypadku których ma zostać utworzony wykres.

Kliknąć **OK**.

36 Wstawić podgląd.

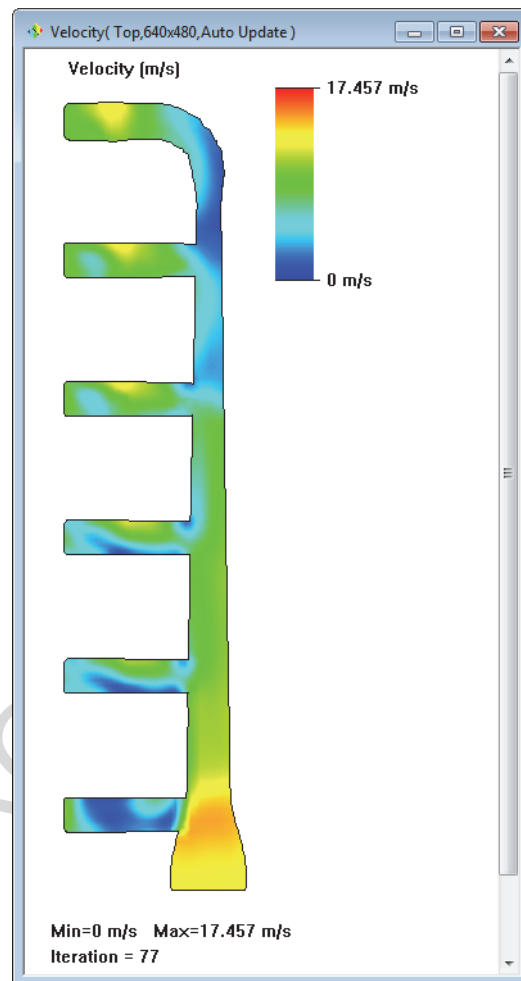
Przy uruchomionym solverze po kilku iteracjach na pasku narzędzi **Solver** kliknąć przycisk **Insert Preview (Wstaw podgląd)**.

W oknie **Preview Settings (Ustawienia podglądu)** zaznaczenie którejkolwiek płaszczyzny programu SOLIDWORKS w drzewie menedżera operacji FeatureManager i kliknięcie przycisku **OK** spowoduje utworzenie wykresu podglądu rozwiązania na tej płaszczyźnie. W naszym modelu dobrym wyborem na płaszczyznę podglądu będzie płaszczyzna górna. Płaszczyznę poglądu można wybrać w każdej chwili w menedżerze operacji FeatureManager.

Kliknąć kartę **Settings (Ustawienia)**.

Na liście **Parameter (Parametr)** kliknąć pozycję **Velocity (Prędkość)**.

Kliknąć **OK**.

**Uwaga**

Podgląd umożliwia szybkie obejrzenie całości wyników jeszcze w trakcie wykonywania obliczeń. Łatwiej wtedy sprawdzić, czy wszystkie warunki brzegowe są prawidłowo zdefiniowane, i zorientować się, jak rozwiązanie będzie wyglądało już na początkowych etapach. Trzeba pamiętać, że tuż po rozpoczęciu wykonywania wyniki mogą wyglądać na nieprawidłowe albo gwałtownie się zmieniać. Jednak z czasem wahania złagodnieją i wyniki będą dążyły w stronę zbieżnego (optymalnego) rozwiązania. Wyniki można wyświetlić w formie konturów, izol linii lub wektorów.

37 Zamknąć okno Solver.

Kliknąć kolejno opcje **Plik > Zamknij**. Spowoduje to zamknięcie okna **Solver**.

Przetwarzanie końcowe

Pierwszym krokiem wyświetlania wyników jest utworzenie przezroczystego widoku geometrii, swobodnego widoku „szklanego obiektu”. Łatwo wtedy zobaczyć umiejscowienie płaszczyzn cięcia itd. względem geometrii.

Wprowadzenie: Wykresy cięcia

Wykres cięcia pokazuje wszystkie wyniki na dowolnej płaszczyźnie programu SOLIDWORKS. Reprezentacja może być w postaci wykresu konturowego, izolinii lub wektorów, a także ich dowolnej kombinacji (np. konturu z nałożonymi wektorami).

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle **Results** (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Cut Plots (Wykresy cięcia)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Cut Plot (Wykres cięcia)**
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Insert (Wstaw) > Cut Plot (Wykres cięcia)**

38 Ustawić przezroczystość modelu.

W menu **Narzędzia > Flow Simulation** wybrać kolejno opcje **Results (Wyniki) > Display (Wyświetlanie) > Transparency (Przezroczystość)**.

Przesunąć suwak w prawo, aby zwiększyć wartość parametru **Value to set (Wartość do ustawienia)**. Ustawić przezroczystość modelu na poziomie **0,75**.

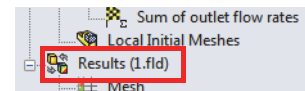
Kliknąć **OK**.

Porada

Można również kliknąć prawym przyciskiem myszy każdą część w drzewie menedżera operacji FeatureManager programu SOLIDWORKS i wybrać opcję **Change Transparency (Zmień przezroczystość)**.

Uwaga

Wyniki zostaną automatycznie wczytane, zgodnie z wyborem dokonany przy inicjowaniu rozwiązania. Odnosny plik wyników jest podany w nawiasie obok folderu **Results** (Wyniki).

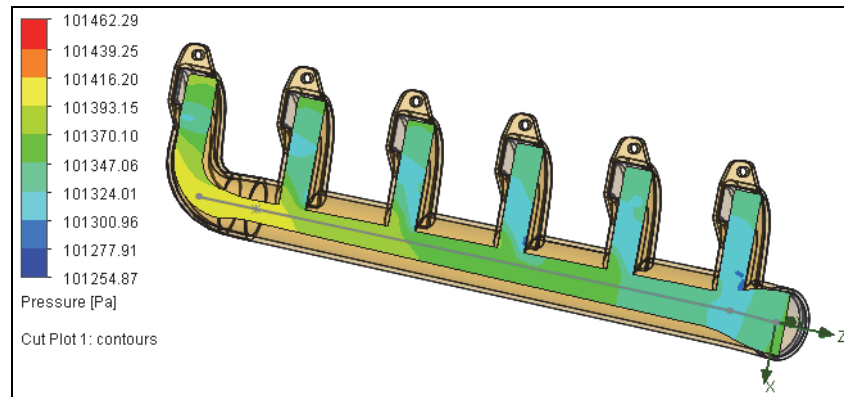


39 Utworzyć wykresy cięcia.

W drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle **Results** (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Cut Plots (Wykresy cięcia)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

W polu **Section Plane or Planar Face (Płaszczyzna przekroju lub ściana planarna)** wybrać widok Top plane (Płaszczyzna górna).

Kliknąć **OK**.



Można zaobserwować, że całkowite ciśnienie waha się w przedziale od 101 254 Pa do 101 462 Pa.

W drzewie analizy programu Flow Simulation pod ikoną Cut Plots (Wykresy cięcia) pojawi się ikona Cut Plot 1 (Wykres cięcia 1).

40 Ukryć wykres cięcia.

Kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Cut Plot 1 (Wykres cięcia 1) i wybrać polecenie **Hide (Ukryj)**.

41 Dodać wykres cięcia.

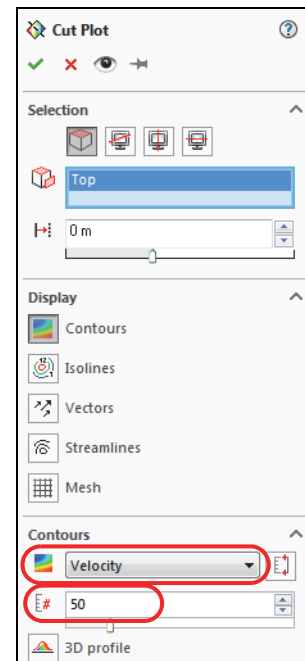
W węzle Results (Wyniki) kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Cut Plots (Wykresy cięcia) i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

Jako płaszczyznę cięcia wybrać płaszczyznę górną.

Upewnić się, że przycisk **Contours (Kontury)** jest aktywny.

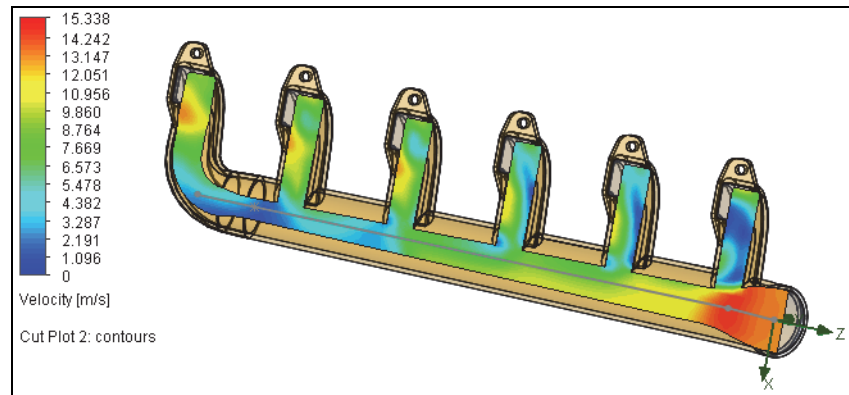
W obszarze **Contours (Kontury)** zaznaczyć pozycję **Velocity (Prędkość)** i przesunąć suwak **Number of Levels (Liczba poziomów)** na wartość **50**.

Kliknąć **OK**.



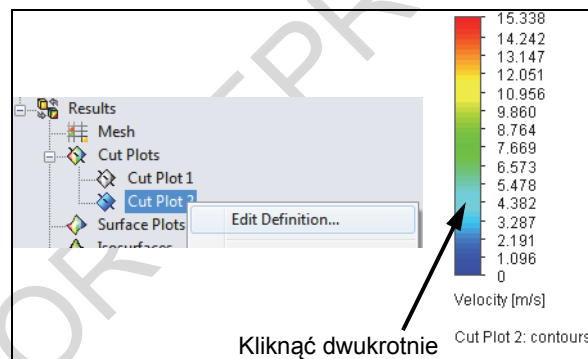
Uwaga

Limity wartości w legendzie domyślnie pochodzą z globalnych wartości maksymalnej i minimalnej. Można je zmienić, klikając w oknie dialogowym **Contours (Kontury)** przycisk **Adjust Maximum and Minimum (Dostosuj maksimum i minimum)**.



Maksymalna prędkość ok. 15,3 m/s jest osiągana w pobliżu wlotu, w miejscu, gdzie kończy się gwałtowne zwężenie profilu.

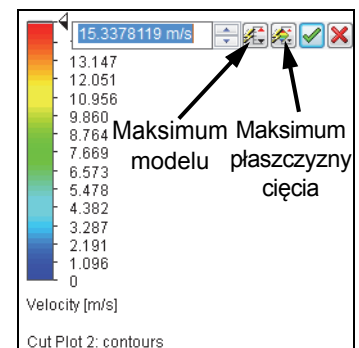
Aby zmodyfikować opcje tego i innych wykresów, kliknąć dwukrotnie skalę kolorów lub kliknąć prawym przyciskiem myszy nazwę wykresu i wybrać polecenie **Edit Definition (Edytuj definicję)**.



Skalowanie wartości granicznych legendy

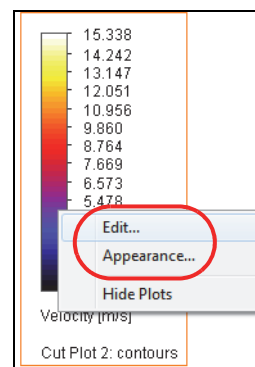
Kliknąć bezpośrednio dolną lub górną wartość graniczną w legendzie. Następnie żadaną wartość graniczną będzie można wpisać w polu tekstowym.

Na prawo od pola tekstowego znajdują się dwa przyciski automatycznego skalowania. Pierwszy przycisk (z lewej strony) automatycznie ustawia maksymalną wartość w legendzie na taką samą jak maksymalna wartość w modelu. Drugi przycisk sprawia, że jako maksymalna wartość w legendzie jest podstawiana wartość maksymalna z płaszczyzny cięcia. Tymi przyciskami można również wyregulować minimalne wartości legendy.



Zmiana ustawień legendy

Aby zmodyfikować różne ustawienia legendy, takie jak paleta kolorów, kolory poza zakresem, krój i rozmiar czcionki itd., należy kliknąć legendę prawym przyciskiem myszy i wybrać polecenia **Edit (Edytuj)** oraz **Appearance (Wygląd)**.

**42 Wykonać animację wykresu cięcia w granicach modelu.**

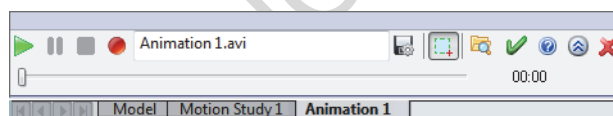
Za pomocą funkcji animacji można sprawdzić, jak wielkość nakreślona na wykresie cięcia (w naszym przykładzie ciśnienie całkowite) zmienia się w całym modelu.

W folderze Cut

Plots

(Wykresy cięcia) kliknąć

prawym przyciskiem myszy pozycję Cut Plot 2 (Wykres cięcia 2) i wybrać polecenie **Animation (Animacja)**.



Na pasku animacji u dołu okna programu SOLIDWORKS będą dostępne przyciski **Play (Odtwórz)**, **Loop (Pętla)** i **Record (Rejestruj)**.

Po kliknięciu przycisku **Play (Odtwórz)** ► płaszczyzna cięcia (w naszym przykładzie płaszczyzna górna) automatycznie przejdzie przez cały model i pokaże, jak zmienia się wykreślona wielkość.

Zamknąć pasek narzędzi animacji.

Uwaga

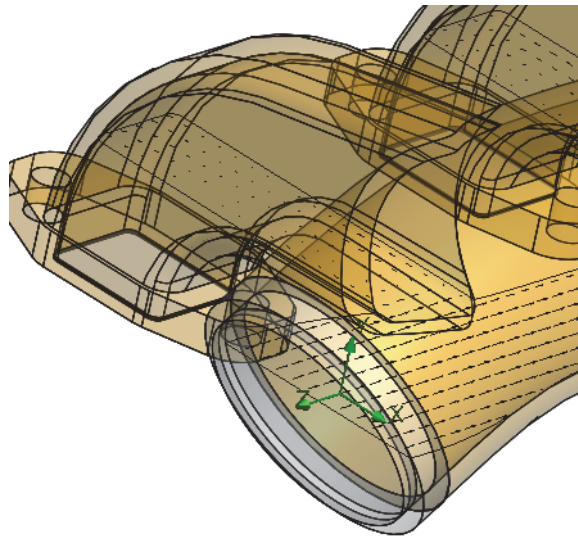
Animację można zapisać w pliku AVI, klikając przycisk **Save (Zapisz)** na pasku narzędzi animacji.

43 Utworzyć wektorowy wykres cięcia.

W węźle Cut Plots (Wykresy cięcia) kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Cut Plot 2 (Wykres cięcia 2) i wybrać opcję **Edit Definition (Edytuj definicję)**.

W obszarze **Display (Wyświetlanie)** wyłączyć opcję **Contours (Kontury)** i włączyć opcję **Vectors (Wektory)**.

Kliknąć **OK**.



Uwaga

W oknie dialogowym **Vectors (Wektory)** otwieranym z okna **Cut Plot (Wykres cięcia)** można dostosować **odstęp**, **rozmiar** i inne parametry wektorów. Warto zwrócić uwagę na zachowanie przepływu wokół ostrych narożników kuli.



44 Ukryć wykres Cut Plot 2 (Wykres cięcia 2).

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle **Results (Wyniki) > Cut Plots (Wykresy cięcia)**, kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę **Cut Plot 2 (Wykres cięcia 2)** i wybrać polecenie **Hide (Ukryj)**.

Wprowadzenie: Surface Plot (Wykres powierzchni)

Wykres powierzchni pokazuje wszystkie wyniki na dowolnej powierzchni programu SOLIDWORKS. Reprezentacja może być w postaci wykresu konturowego, izolinii lub wektorów, a także ich dowolnej kombinacji (np. konturu z nałożonymi wektorami).

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle **Results (Wyniki)**, kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Surface Plots (Wykresy powierzchni)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Surface Plot (Wykres powierzchni)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Insert (Wstaw) > Surface Plot (Wykres powierzchni)** 

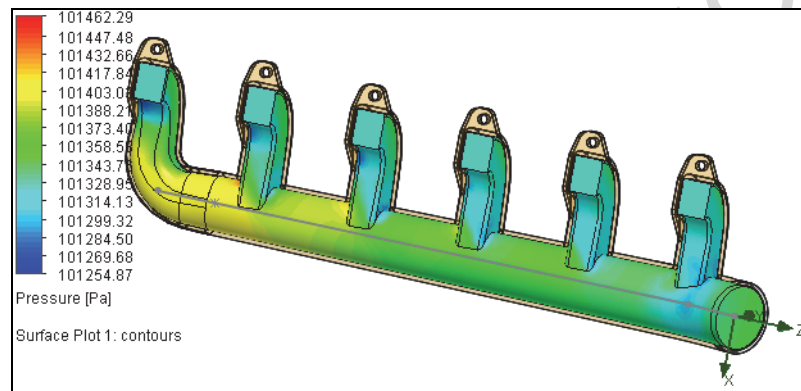
45 Utworzyć wykres powierzchni.

W drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle Results (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę Surface Plots (Wykresy powierzchni) i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

Zaznaczyć opcję **Use all faces (Użyj wszystkich ścian)**.

Upewnić się, że jest włączona opcja **Contours (Kontury)**, a jako wielkość do wykreślenia wskazać parametr **Pressure (Ciśnienie)**.

Kliknąć **OK**.

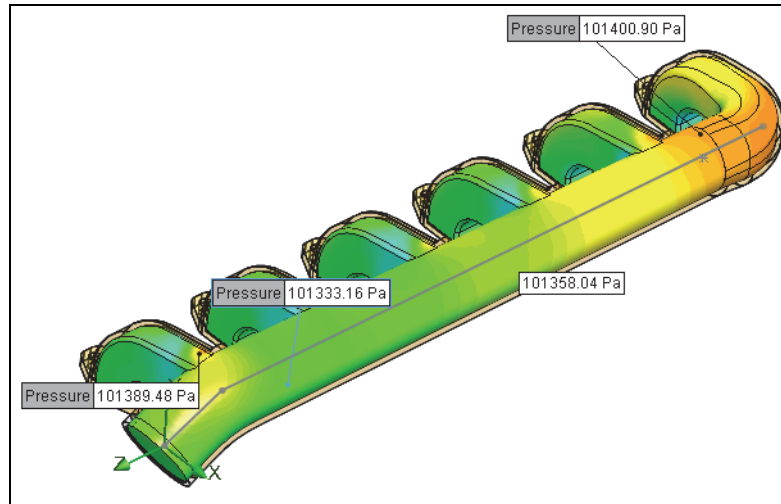


W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Surface Plots (Wykresy powierzchni), zostanie dodana ikona Surface Plot 1 (Wykres powierzchni 1). Dla wykresów powierzchni są dostępne takie same opcje podstawowe jak dla wykresów cięcia. Można samodzielnie wypróbować różne kombinacje wartości.

46 Wykonać sondowanie.

W drzewie analizy programu Flow Simulation kliknąć prawym przyciskiem myszy węzeł Results (Wyniki) i wybrać polecenie **Probe (Sonda)**. W oknie graficznym zaznaczyć żądane punkty.

Zostanie wyświetlone ciśnienie panujące w tych miejscach.



Aby wyłączyć narzędzie **Probe (Sonda)**, kliknąć prawym przyciskiem myszy węzeł Results (Wyniki) i ponownie wybrać polecenie **Probe (Sonda)**.

W celu wyłączenia wyświetlania informacji z sondy kliknąć prawym przyciskiem myszy węzeł Results (Wyniki) i wybrać polecenie **Display Probes (Wyświetl sondy)**.


47 Ukryć wykres Surface Plot 1 (Wykres powierzchni 1).

Kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Surface Plot 1 (Wykres powierzchni 1) i wybrać polecenie **Hide (Ukryj)**.

Wprowadzenie: Flow Trajectories (Trajektorie przepływu)

Za pomocą funkcji **Flow Trajectories (Trajektorie przepływu)** można pokazać optymalizacje przepływów oraz ścieżki cząstek (wraz z ich masą i temperaturą) wprowadzonych do płynu. Trajektorie przepływów bardzo dobrze obrazują trójwymiarowo przepływ płynu. Można również wyeksportować dane do programu Microsoft Excel i tam obejrzeć zmiany parametrów na poszczególnych trajektoriach. Dodatkowo trajektorie można zapisywać jako krzywe odniesienia programu SOLIDWORKS. Trajektorie mogą być również kolorowane na podstawie wartości zmiennej wybranej w oknie **Ustawienia wyświetlania**.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle Results (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Flow Trajectories (Trajektorie przepływu)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Flow Trajectories (Trajektorie przepływu)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Insert (Wstaw) > Flow Trajectories (Trajektorie przepływu)**

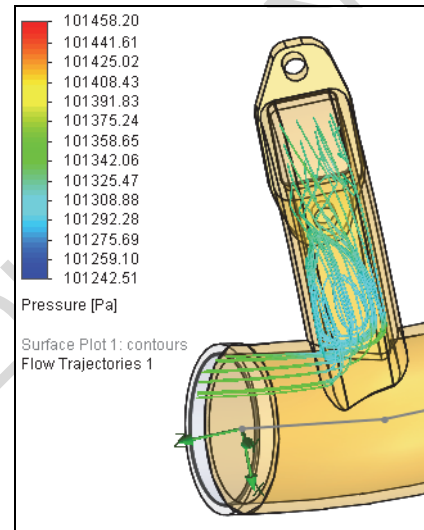
48 Utworzyć trajektorię przepływu.

W menedżerze operacji FeatureManager programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Results (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Flow Trajectories (Trajektorie przepływu) i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

Kliknąć kartę drzewa analizy programu Flow Simulation.

W węźle Boundary conditions (Warunki brzegowe) kliknąć pozycję Static Pressure1 (Ciśnienie statyczne1). Spowoduje to wybranie wewnętrznej ściany części Lid 2 (Pokrywa 2) wylotu jako początku układu współrzędnych trajektorii.

W polu **Number of points (Liczba punktów)** wpisać wartość **16**.
Kliknąć **OK**.

**Omówienie**


Spójrzmy na trajektorie wchodzące i wychodzące przez pokrywę wyjściową. Jest to powód wyświetlania ostrzeżenia (A vortex crosses the pressure opening (Wierzchołek przecina otwór na ciśnienie)) w trakcie procesu generowania rozwiązania. Kiedy przepływ wchodzi i wychodzi przez ten sam otwór, ma to wpływ na dokładność wyniku. W takich przypadkach zazwyczaj dodaje się następny komponent do modelu (np. rurę przedłużającą domenę obliczeniową), tak aby w otworze nie występował wir.

Inne podejście do tego komunikatu ostrzegawczego to zmiana warunku brzegowego przy otworze na ciśnienie. Do każdej ściany wylotu zastosowaliśmy warunek brzegowy w postaci ciśnienia statycznego. Spowodowało to zastosowanie ciśnienia statycznego do obu stron pokrywy. W rzeczywistości wiemy, iż w przypadku wydłużenia pokrywy w przepływie wystąpiłyby różnice ciśnień. Aby to skompensować, moglibyśmy użyć warunku brzegowego w postaci ciśnienia środowiska. Warunek brzegowy ciśnienia środowiska powoduje zastosowanie całkowitego ciśnienia do ściany pokrywy w miejscu, gdzie przepływ wchodzi do modelu, a ciśnienia statycznego do ściany pokrywy w miejscu, gdzie przepływ opuszcza model. Taki rodzaj warunku brzegowego zapewni bardziej wiarygodne wyniki niż warunek ciśnienia statycznego.

Wprowadzenie: XY Plots (Wykresy XY)

Wykres XY pozwala zobaczyć, jak parametr zmienia się w określonym kierunku. Do określenia kierunku można użyć krzywych i szkiców (2D oraz 3D). Dane są eksportowane do skoroszytu programu Excel, gdzie zostaną wyświetlone wykresy parametrów i wartości. Każdy wykres otrzymuje osobny arkusz, a wszystkie dane są zgrupowane na arkuszu **Plot Data (Dane wykresu)**.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle **Results (Wyniki)**, kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **XY Plots (Wykresy XY)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > XY Plots (Wykresy XY)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Insert (Wstaw) > XY Plots (Wykresy XY)**

49 Ukryć trajektorie **Flow Trajectories 1**.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle **Results (Wyniki) > Flow Trajectories (Trajektorie przepływu)**, kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Flow Trajectories 1 (Trajektorie przepływu 1)** i wybrać polecenie **Hide (Ukryj)**.

50 Utworzyć wykres XY.

Utworzyliśmy już szkic programu SOLIDWORKS zawierający linię prowadzącą przez kolektor. Ten szkic można też utworzyć po zakończeniu analizy. Spójrzmy na wykres Sketch-XY Plot (Szkic-wykres XY) w drzewie operacji FeatureManager programu SOLIDWORKS.

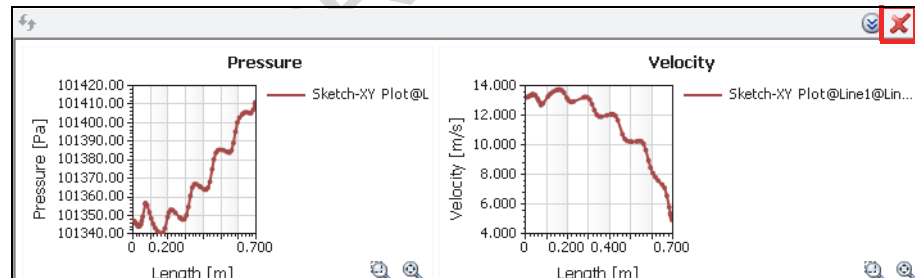
W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Results (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę XY Plots (Wykresy XY) i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

W obszarze **Parameters (Parametry)** wybrać opcje **Pressure (Ciśnienie)** i **Velocity (Prędkość)**.

W obszarze **Selection (Wybór)** w drzewie operacji FeatureManager programu SOLIDWORKS zaznaczyć pozycję Sketch-XY Plot (Szkic-wykres XY).

Pozostawić domyślne wartości wszystkich pozostałych opcji i kliknąć przycisk **Show (Pokaż)**.

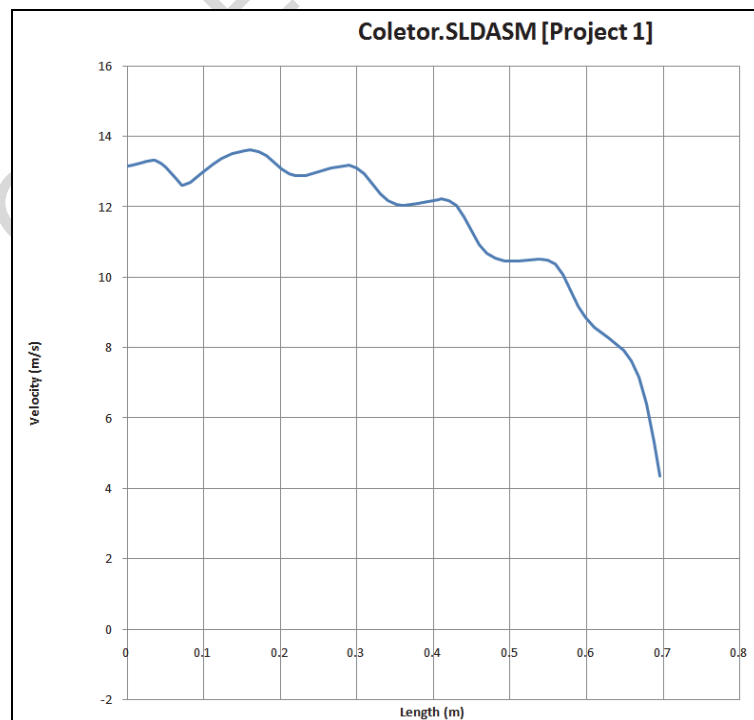
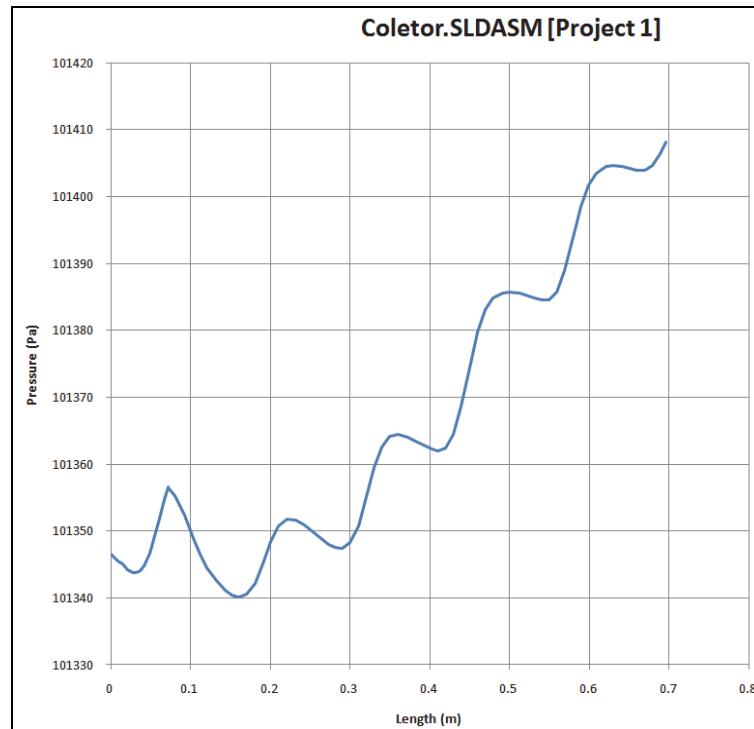
U dołu ekranu zostanie otwarte okno z wykresami dla wybranych wyników.



Zamknąć okno wykresu, klikając przycisk zamykania (patrz ilustracja powyżej).

Pozostając w oknie menedżera właściwości XY Plot (Wykres XY), kliknąć przycisk **Export to Excel (Eksportuj do programu Excel)**.


Zostanie otwarty program Microsoft Excel z dwiema listami punktów danych oraz dwoma wykresami — jednym dla parametru **Velocity (Prędkość)** i jednym dla parametru **Pressure (Ciśnienie)**. Aby obejrzeć poszczególne wykresy, trzeba się przełączać między arkuszami.



**Wprowadzenie:
Surface Parameters
(Parametry
powierzchni)**

Parametry powierzchni mogą służyć do wyznaczania ciśnień, sił, strumienia cieplnego i wielu innych zmiennych na dowolnej ścianie modelu mającej kontakt z płynem. W tego typu analizie prawdopodobnie warto byłoby na przykład obliczyć średni spadek ciśnienia statycznego między wlotem a wylotem zaworu.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle **Results** (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Surface Parameters (Parametry powierzchni)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Flow Simulation Results Features (Operacje na wynikach Flow Simulation) > Surface Parameters (Parametry powierzchni)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Insert (Wstaw) > Surface Parameters (Parametry powierzchni)**

51 Utworzyć parametry powierzchni.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle **Results** (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy ikonę **Surface Parameters (Parametry powierzchni)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle **Boundary Conditions** (Warunki brzegowe), kliknąć pozycję **Inlet Volume Flow 1** (Objętościowy przepływ na wlocie 1). Spowoduje to zaznaczenie i dodanie wewnętrznej ściany części **Lid 1** (Pokrywa 1) wlotu do listy **Faces (Ściany)**.

Na liście **Parameters (Parametry)** zaznaczyć pozycję **All (Wszystkie)**.

Kliknąć **Show (Pokaż)**. U dołu ekranu pojawią się dwie tabele. Tabela z lewej strony zawiera parametry lokalne, a tabela z prawej parametry całkowania.

W tabeli **Local (Lokalne)** znajdują się wartości **Minimum**, **Maximum (Maksimum)**, **Average (Średnia)** i **Bulk Average (Średnia zbiorcza)** różnych parametrów (w tym **Pressure (Ciśnienie)**, **Temperature (Temperatura)**, **Density (Density)** itd.) ściany wlotu. Te same informacje można uzyskać po zaznaczeniu ściany pokrywy wylotu.

Obie tabele można zamknąć, klikając symbol **Close Table (Zamknij tabelę)** po prawej stronie ekranu.

Kliknąć **Export to Excel (Eksportuj do programu Excel)**.

Zostanie automatycznie utworzony arkusz kalkulacyjny programu Excel zawierający parametry pochodzące z okna **Surface Parameter (Parametr powierzchni)**.

Uwaga

Tabela **Integral (Całkowanie)** zawiera wartości z całkowania po ścianie wybranej powierzchni. Jak widać, objętościowe natężenie przepływu na tej ścianie wlotu jest równe ustawionemu warunkowi brzegowemu objętościowego natężenia przepływu wynoszącemu 0,05 m³/s.

Wprowadzenie: Goal Plot (Wykres celu)

Wykres celu pozwala zobaczyć zmiany celu w całej symulacji przepływu oraz finalną wartość celu na końcu obliczeń.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: w drzewie analizy programu Flow Simulation, w węźle **Results (Wyniki)**, kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję **Goal Plots (Wykresy celów)** i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Goal Plot (Wykres celu)**
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Goal Plot (Wykres celu)**

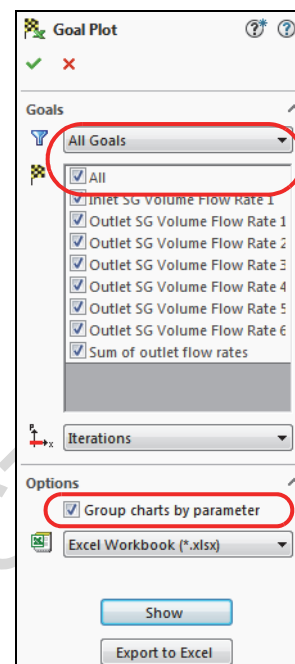
52 Utworzyć wykres celu.

W drzewie analizy programu SOLIDWORKS Flow Simulation, w węźle Results (Wyniki), kliknąć prawym przyciskiem myszy pozycję Goal Plots (Wykresy celów) i wybrać polecenie **Insert (Wstaw)**.

Na liście **Goal Filter (Filtr celów)** zaznaczyć pozycję **All Goals (Wszystkie cele)**, a na liście **Goals to Plot (Cele do pokazania na wykresie)** zaznaczyć pozycję **All (Wszystkie)**.

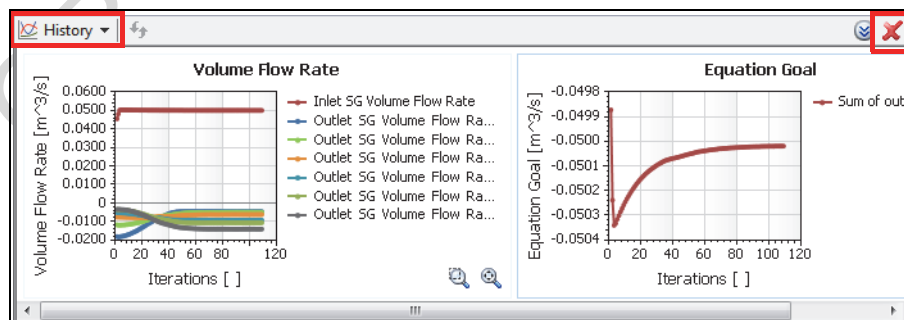
Kliknąć **Show (Pokaż)**.

U dołu ekranu zostanie otwarta tabela z wartościami celów.



Goal Name	Unit	Value	Averaged	Minimum	Maximum	Progress [%]	Use In Co	Delta	Criteria
Inlet SG Volume Flow Rate	[m ³ /s]	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	100	Yes	5.9958e-006	4.1536e-005
Outlet SG Volume Flow Rate 1	[m ³ /s]	-0.0047	-0.0047	-0.0047	-0.0047	100	Yes	4.8066e-005	0.0004
Outlet SG Volume Flow Rate 2	[m ³ /s]	-0.0050	-0.0050	-0.0051	-0.0050	100	Yes	0.0001	0.0002
Outlet SG Volume Flow Rate 3	[m ³ /s]	-0.0063	-0.0062	-0.0063	-0.0062	100	Yes	4.3822e-005	4.6039e-005
Outlet SG Volume Flow Rate 4	[m ³ /s]	-0.0093	-0.0093	-0.0093	-0.0093	100	Yes	1.4382e-005	0.0001
Outlet SG Volume Flow Rate 5	[m ³ /s]	-0.0107	-0.0107	-0.0107	-0.0106	100	Yes	4.0308e-005	0.0002
Outlet SG Volume Flow Rate 6	[m ³ /s]	-0.0141	-0.0141	-0.0141	-0.0141	100	Yes	3.8274e-005	0.0003
Sum of outlet flow rates	[m ³ /s]	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500	100	Yes	6.0592e-006	9.1051e-006

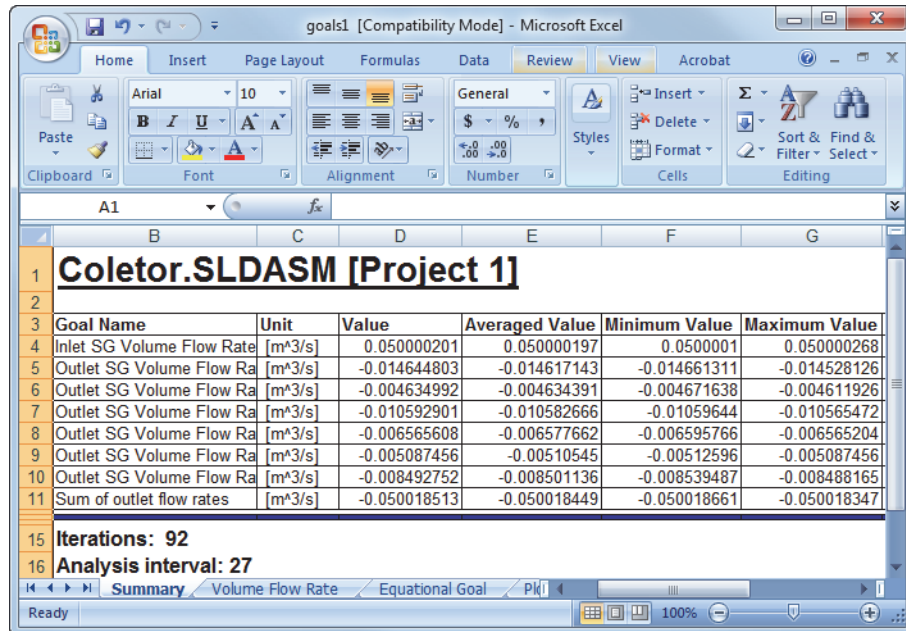
Zmienić widok z **Summary (Podsumowanie)** na **History (Historia)**.



Zamknąć okno wykresu celu, klikając przycisk zamykania (patrz ilustracja powyżej).

Pozostając w oknie menedżera właściwości **Goal plot (Wykres celu)**, kliknąć przycisk **Export to Excel (Eksportuj do programu Excel)**.

Zostanie automatycznie utworzony arkusz kalkulacyjny programu Excel zawierający informacje o celach.



Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
Inlet SG Volume Flow Rate	[m³/s]	0.050000201	0.050000197	0.0500001	0.050000268
Outlet SG Volume Flow Ra	[m³/s]	-0.014644803	-0.014617143	-0.014661311	-0.014528126
Outlet SG Volume Flow Ra	[m³/s]	-0.004634992	-0.004634391	-0.004671638	-0.004611926
Outlet SG Volume Flow Ra	[m³/s]	-0.010592901	-0.010582666	-0.01059644	-0.010565472
Outlet SG Volume Flow Ra	[m³/s]	-0.006565608	-0.006577662	-0.006595766	-0.006565204
Outlet SG Volume Flow Ra	[m³/s]	-0.005087456	-0.00510545	-0.00512596	-0.005087456
Outlet SG Volume Flow Ra	[m³/s]	-0.008492752	-0.008501136	-0.008539487	-0.008488165
Sum of outlet flow rates	[m³/s]	-0.050018513	-0.050018449	-0.050018661	-0.050018347

Iterations: 92
Analysis interval: 27

Zamknąć menedżera właściwości Goal Plot (Wykres celu).

Uwaga

Arkusz kalkulacyjny zawiera wartości końcową, minimalną, maksymalną i średnią celu wygenerowane w trakcie obliczania. Są w nim też wykresy pokazujące zmiany zachodzące w celu podczas wykonywania obliczeń.


Wartości ujemne odpowiadają wypływowi z domeny obliczeniowej.

Można tu również sprawdzić, czy podczas obliczania prawidłowo zastosowano warunek brzegowy w postaci objętościowego natężenia przepływu na wlocie. Ponadto widać, że całkowity wypływ jest równy całkowitemu wpływowi.

Wprowadzenie: Save Image (Zapisz obraz)

Obrazy z przetwarzania końcowego, takie jak wykresy cięcia i wykresy powierzchni, można wyeksportować w różnych formatach, w tym w formacie aplikacji eDrawings.

Gdzie to znaleźć

- Menu skrótów: kliknąć prawym przyciskiem myszy folder Results (Wyniki) i wybrać polecenie **Save Image (Zapisz obraz)**
- Menedżer poleceń CommandManager: **Flow Simulation > Save Image (Zapisz obraz)** 
- Menu: **Narzędzia > Flow Simulation > Results (Wyniki) > Screen Capture (Przechwytywanie ekranu) > Save Image (Zapisz obraz)**

53 Zapisać obraz w formacie eDrawings.

Wyświetlić wszystkie wykresy wyników.

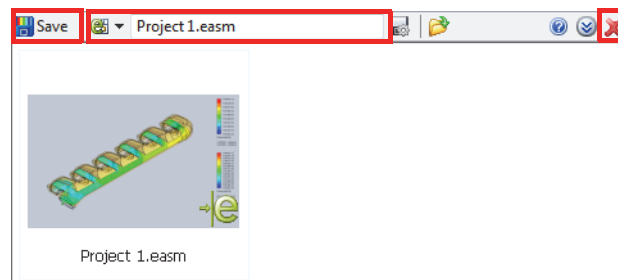
Kliknąć prawym przyciskiem myszy folder **Results** (Wyniki) i wybrać polecenie **Save Image (Zapisz obraz)**.

Jako format wybrać **eDrawings** i zachować domyślną nazwę **Project 1.easm**.

Kliknąć **Save (Zapisz)**.

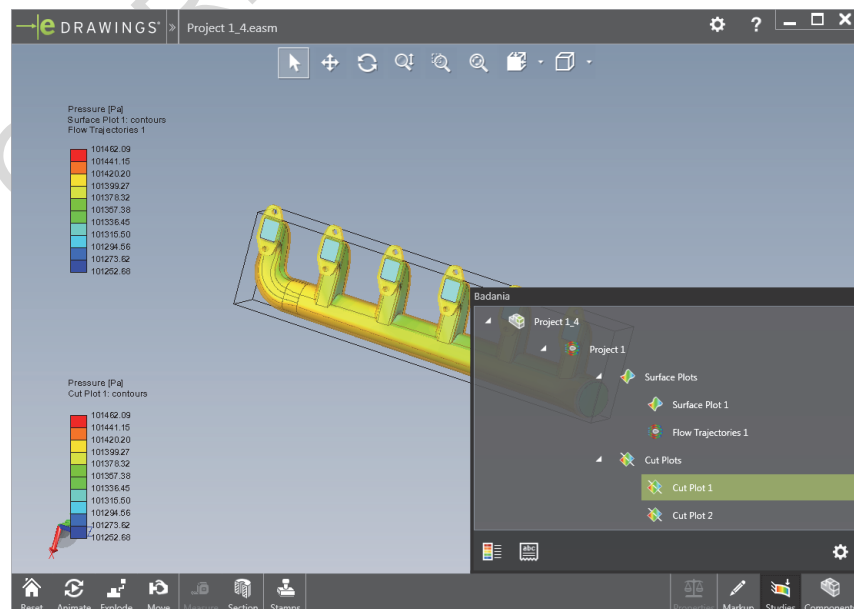
Plik zostanie zapisany w katalogu powiązanim z projektem.

Zamknąć menedżera właściwości.

**54 Otworzyć plik eDrawings.**

Przejsć do folderu wyników skojarzonego z tym projektem i kliknąć dwukrotnie obraz **Project 1.easm**, aby go otworzyć.

Model zostanie otwarty w aplikacji eDrawings razem ze wszystkimi zdefiniowanymi wykresami wyników.



Zostaną uwzględnione wszystkie wykresy widoczne w drzewie operacji programu Flow Simulation.

55 Zapisać i zamknąć.
Zapisać i zamknąć złożenie.

Omówienie

Ustawiliśmy objętościowe natężenie przepływu na wlocie wynoszące $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz za pomocą funkcji **Surface Parameters (Parametry powierzchni)** i **Goal Plots (Wykresy celów)** sprawdziliśmy, że ten warunek brzegowy został zastosowany poprawnie.

Z prawa zachowania masy wiemy, że całkowite objętościowe natężenie przepływu do kolektora powinno być równe całkowitemu objętościowemu natężeniu przepływu z kolektora. Prawdziwość tego twierdzenia można sprawdzić na **wykresie celu** i za pomocą celu równaniowego Sum of outlet flow rates (Suma natężeń przepływu na wylotach).

Chcielibyśmy także ustalić, czy konstrukcja kolektora zapewni sprawne działanie silnika. Na początku lekcji powiedzieliśmy, że w sytuacji idealnej przepływ przez wszystkie otwory wylotowe byłby zbliżony. Analizując cele, widzimy, że objętościowe natężenie przepływu może się bardzo różnić między wylotami. Inżynier musi zdecydować, czy wprowadzić zmiany konstrukcyjne zapewniające większą równomierność przepływu przez wszystkie otwory.

Podsumowanie

W tej lekcji nauczyliśmy się konfigurować projekt programu Flow Simulation. Do utworzenia wszystkich głównych ustawień analizy posłużył **kreator**. Zdefiniowano warunki brzegowe dla wlotu i wylotów oraz różne cele. Wyniki symulacji zostały poddane kompleksowemu przetwarzaniu końcowemu przy użyciu wielu opcji dostępnych w programie SOLIDWORKS Flow Simulation. Kroki symulacji przepływu opisane w tej lekcji będą stosowane w pozostałych częściach książki.