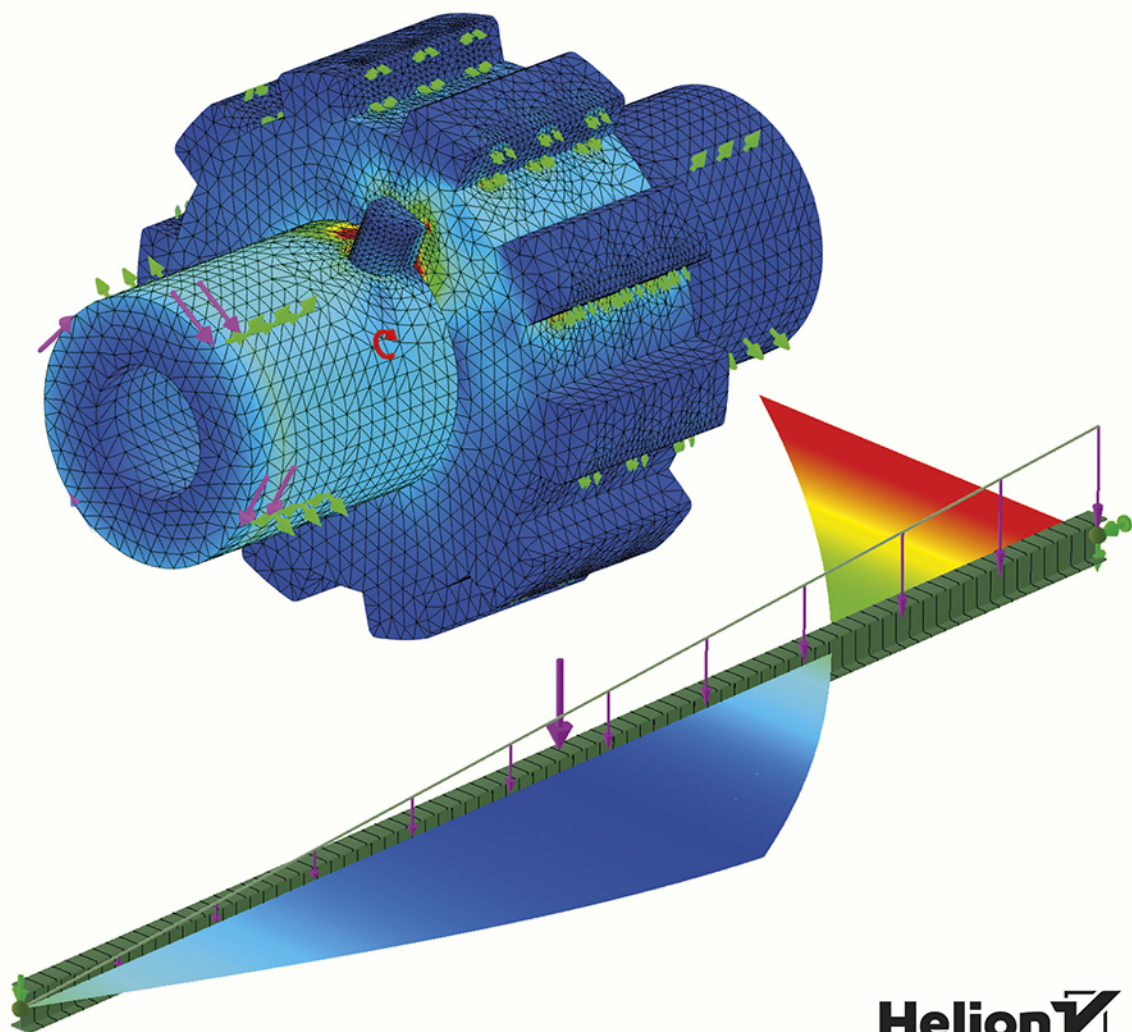


Jerzy Domański

SolidWorks Simulation 2020

Statyczna analiza wytrzymałościowa



Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Helion SA dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn
Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki
Grafika na okładce została wykorzystana za zgodą Shutterstock.com

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
<http://helion.pl/user/opinie/swsi20>
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Kody źródłowe wybranych przykładów dostępne są pod adresem:
<ftp://ftp.helion.pl/przyklady/swsi20.zip>

ISBN: 978-83-283-6847-7

Copyright © Helion 2020

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

Wprowadzenie	7
Rozdział 1. Informacje wprowadzające	9
1.1. Konwencja książki	9
1.2. Pliki przykładów	10
1.3. Operacje Linia podziałowa, Punkt, Układ współrzędnych	12
Rozdział 2. Wprowadzenie do obliczeń w SolidWorks Simulation	15
2.1. Metoda MES	15
2.2. Typy siatki	16
2.3. Generator siatki i jej jakość	18
2.4. Rodzaj solvera	21
2.5. Kontakt	22
Rozdział 3. Podstawy pracy w SolidWorks Simulation	27
3.1. Uruchamianie i konfigurowanie dodatku Simulation	27
3.2. Tworzenie badania, mocowanie, obciążenie, siatka	31
3.2.1. Model bryłowy	31
3.2.2. Model belkowy	44
3.2.3. Model skorupy (powłokowy)	49
3.3. Właściwości badania	51
3.4. Definiowanie kontaktu i sprawdzenie umocowania	53
3.5. Raport	56
3.6. Częste problemy	58
Rozdział 4. Obliczenia z zastosowaniem siatki belki	63
4.1. Obliczenia pojedynczej belki	63
4.2. Konstrukcje ramowe	73
4.3. Kratownice	79

Rozdział 5. Podstawy obliczeń z zastosowaniem siatki bryłowej	89
5.1. Podstawy obliczeń części	89
5.2. Wpływ gęstości siatki i uproszczeń geometrii na wartość wyników	99
5.3. Wpływ rodzaju zamocowania na wartość obliczonych naprężeń	108
Rozdział 6. Podstawy obliczeń części wieloobiektowych	115
6.1. Podstawowe rodzaje kontaktu — przykład 1.	115
6.2. Podstawowe rodzaje kontaktu — przykład 2.	120
6.3. Zastosowanie połączeń — spoina	122
6.4. Zastosowanie połączeń — śruba	128
Rozdział 7. Obliczenia konstrukcji symetrycznych	137
7.1. Symetria osiowa	137
7.2. Symetria względem płaszczyzny	140
Rozdział 8. Automatyczne dostosowanie siatki	145
8.1. Siatka adaptacyjna	145
8.2. Opcja Automatyczne przejście	149
8.3. Siatka oparta na krzywiźnie	153
Rozdział 9. Obliczenia złożeń	157
9.1. Podstawy	157
9.2. Kontakt powierzchnia do powierzchni	163
9.3. Siły zrównoważone	167
9.4. Połączenie Kołek	171
9.5. Obliczenia z zadaniem przemieszczeniem	174
9.6. Odległe obciążenie i połączenia łożysko i sprężyna	176
9.7. Pasowanie skurczowe	181
Rozdział 10. Obliczenia z zastosowaniem siatki skorupy	185
10.1. Model blaszany	185
10.2. Porównanie wyników obliczeń modelu bryłowego i skorupowego	191
10.2.1. Siatka bryłowa	192
10.2.2. Siatka skorupy	193
10.3. Model powierzchniowy	196
10.3.1. Podstawy	196
10.3.2. Porównanie obliczeń modelu powierzchniowego i modelu bryłowego	206
10.4. Porównanie wyników obliczeń siatki skorupy cienkiej i grubej	211

Rozdział 11. Obliczenia z zastosowaniem siatki mieszanej	215
11.1. Kontakt wiązany	216
11.2. Kontakt mieszany	222
Rozdział 12. Obliczenia zmęczeniowe	229
12.1. Podstawy obliczeń zmęczeniowych	229
12.2. Przykłady wzmocnienia konstrukcji	236
Rozdział 13. Obciążenie termiczne	243
Rozdział 14. Obliczenia wytrzymałościowe na podstawie analizy ruchu	249
14.1. Tworzenie złożenia	249
14.2. Analiza ruchu w SolidWorks Motion	254
14.3. Obliczenia wytrzymałościowe	259
Rozdział 15. Biblioteka, własny kontakt, odległa masa	265
15.1. Biblioteka	265
15.1.1. Istniejąca biblioteka Simulation	265
15.1.2. Tworzenie własnej biblioteki	268
15.2. Własny kontakt	269
15.3. Odległa masa	272
15.4. Badanie projektu	274
Przykład 1. Obliczenia belek	279
P1.1. Belka statycznie wyznaczalna obciążona dwoma siłami	279
P1.2. Belka statycznie niewyznaczalna obciążona jedną siłą	286
P1.2.1. Obliczenia modelu zapisanego pod inną nazwą	286
P1.2.2. Obliczenia z zastosowaniem konfiguracji	289
P1.3. Belka obciążona ciągłym obciążeniem	291
P1.4. Belka na trzech podporach	295
P1.4.1. Belka bez przegubu	296
P1.4.2. Belka z przegubem	299
Przykład 2. Uproszczenia w obliczaniu złożów	303
P2.1. Obliczenia złożenia z płytkami	304
P2.2. Obliczenia uproszczonego złożenia	307
P2.3. Obliczenia części	311
P2.4. Porównanie wyników obliczeń	313

Przykład 3. Naprężenia w belce suwnicy podwieszanej	317
P3.1. Naprężenia lokalne	317
P3.1.1. Obliczenia analityczne	317
P3.1.2. Obliczenia z zastosowaniem SolidWorks Simulation	319
P3.2. Obliczenia naprężeń sumarycznych	325
Skorowidz	330

Rozdział 5.

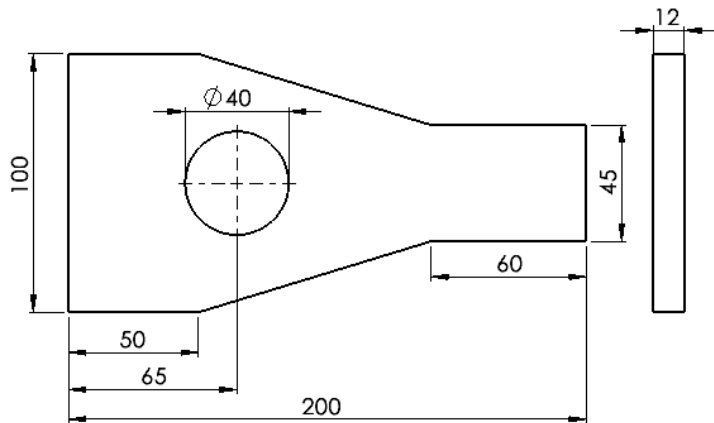
Podstawy obliczeń z zastosowaniem siatki bryłowej

5.1. Podstawy obliczeń części

Plik przykładowy: *Rozdział 05\1 Płytką*.

W tym podrozdziale zostaną zaprezentowane obliczenia na przykładzie części przedstawionej na rysunku 5.1. Materiał części o nazwie *Płytką* to stal S235JR.

RYСУNEK 5.1.
Rysunek części Płytką



Rozpoczynanie obliczeń (rysunek 5.2):

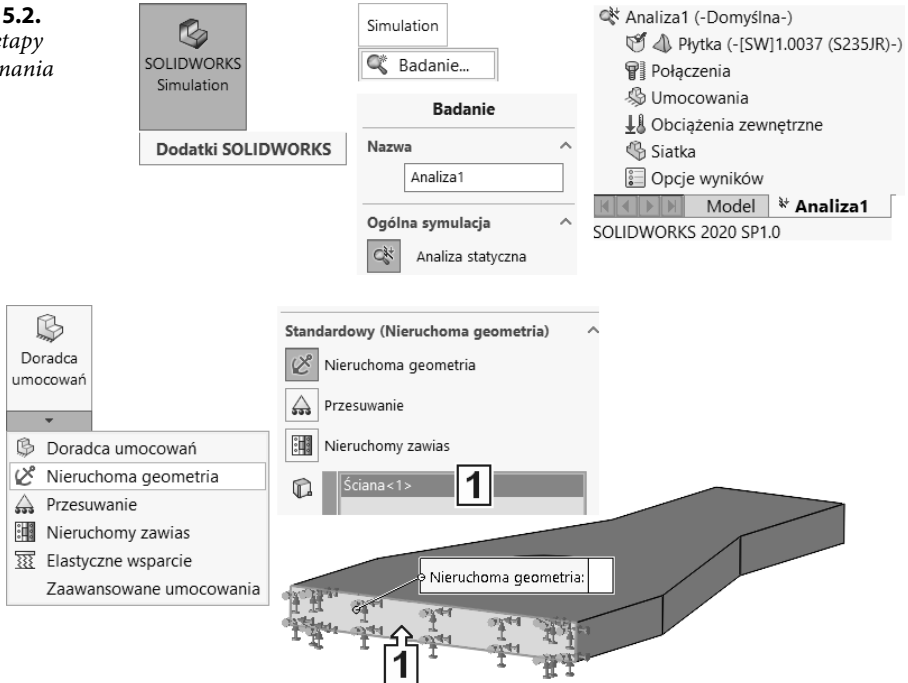
- Uruchom dodatek SolidWorks Simulation.
- Utwórz nowe badanie o nazwie *Analiza1*.

Na rysunku 5.2 pokazano stan drzewa Simulation po utworzeniu badania.

Definiowanie umocowania (rysunek 5.3):

- Na pasku *Simulation* rozwiń listę *Doradca umocowań* i wydaj polecenie *Nieruchoma geometria*.
- Zaznacz ścianę jak na rysunku 5.3.

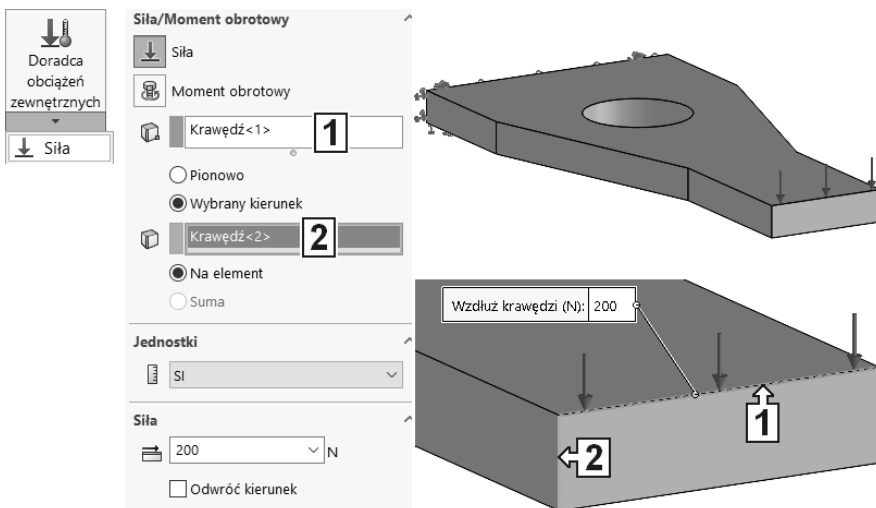
RYSUNEK 5.2.
Kolejne etapy
rozpoczynania
obliczeń



RYSUNEK 5.3. Definicja umocowania

Definiowanie obciążenia (rysunek 5.4):

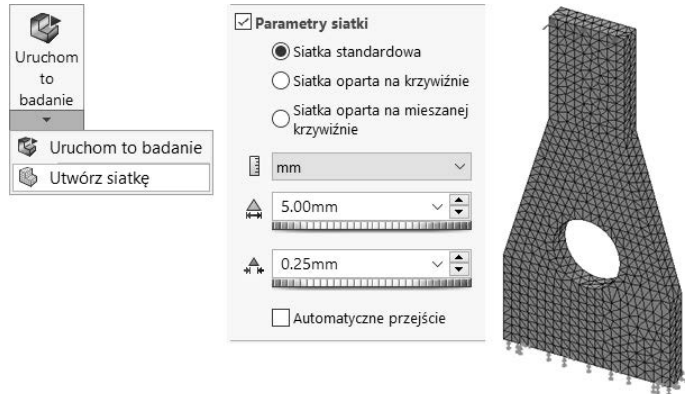
- Na pasku *Simulation* rozwin listę *Doradca obciążeń zewnętrznych* i wydaj polecenie *Siła*.
- Zdefiniuj wartość i położenie siły jak na rysunku 5.4.



RYSUNEK 5.4. Definicja siły

Tworzenie siatki (rysunek 5.5):

- Na pasku *Simulation* rozwiń listę *Uruchom to badanie* i wydaj polecenie *Utwórz siatkę*.
- Wprowadź parametry siatki jak na rysunku 5.5.

RYSUNEK 5.5.
Parametry siatki

Liczbę elementów skończonych można sprawdzić po kliknięciu ikony *Siatka* w drzewie *Simulation* i wybraniu polecenia *Szczegóły* (rysunek 5.6). W przykładzie całkowita liczba węzłów wynosi 15122. Ważną informacją jest procent elementów o współczynniku kształtu, korzystnie jest, gdy jak największy procent wartości współczynnika jest mniejszy od 3 oraz jak najmniejszy procent wartości jest większy niż 10.

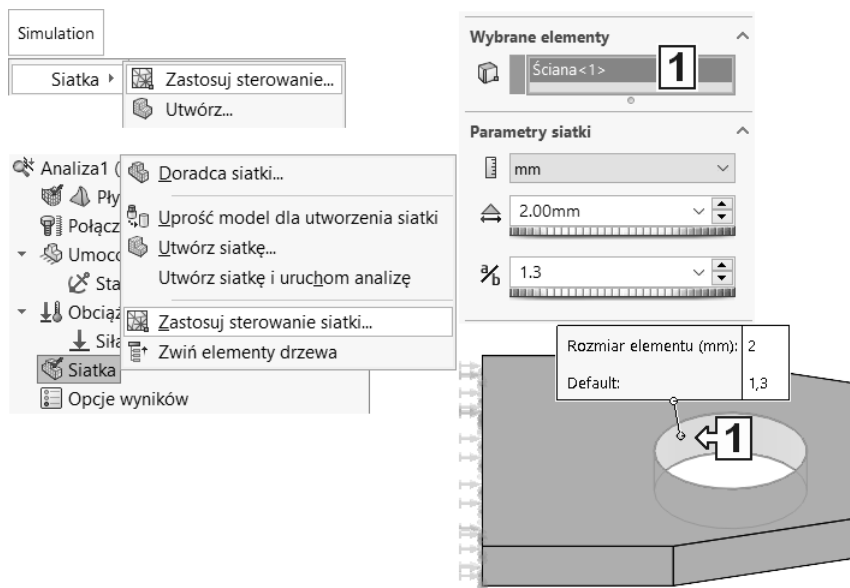
RYSUNEK 5.6.
Szczegóły siatki

Siatka Szczegóły	
Nazwa badania	Analiza1 (-Domyślna-)
Typ siatki	Siatka bryłowa
Użyty generator siatki	Siatka standardowa
Automatyczne przejście	Wyłączone
Uwzględnij automatyczne pętle siatki	Wyłączone
Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości	16 punktów
Rozmiar elementu	5 mm
Tolerancja	0,25 mm
Jakość siatki	Wysoka
Całkowita liczba węzłów	15122
Całkowita liczba elementów	9283
Maksymalny współczynnik kształtu	4,2523
Procent elementów o współczynniku kształtu <3	99,9
Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0
% zniekształconych elementów (jakobian)	0
Liczba zniekształconych elementów	0
Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:02
Nazwa komputera	CA

Lokalne zagęszczenie siatki (rysunek 5.7):

- Na pasku *Simulation* wydaj polecenie *Siatka/Zastosuj sterowanie* lub kliknij prawym przyciskiem myszy ikonę *Siatka* w drzewie *Simulation* i wybierz polecenie *Zastosuj sterowanie siatki*.

- Zaznacz ścianę i wprowadź parametry jak na rysunku 5.7.
- Utwórz ponownie siatkę, nie zmieniając jej globalnych parametrów.

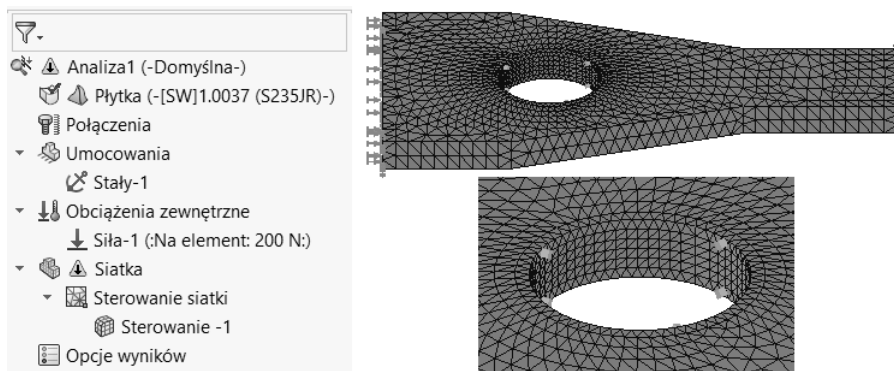


RYСУNEK 5.7. Lokalne zagęszczenie siatki



Wskazówka

Po wprowadzeniu sterowania siatki w drzewie Simulation wyświetlane są wykrzykniki (rysunek 5.8), które oznaczają, że istniejące wykresy (w tym przypadku siatka) nie są aktualne i wymagają przeliczenia — w tym przypadku ponownego utworzenia siatki. Po ponownym utworzeniu siatki całkowita liczba węzłów jest wyższa niż bez zagęszczenia (rysunek 5.9) — pod warunkiem, że globalne parametry siatki nie uległy zmianie.



RYСУNEK 5.8. Drzewo Simulation przed ponownym utworzeniem siatki oraz siatka po wykonaniu zagęszczenia

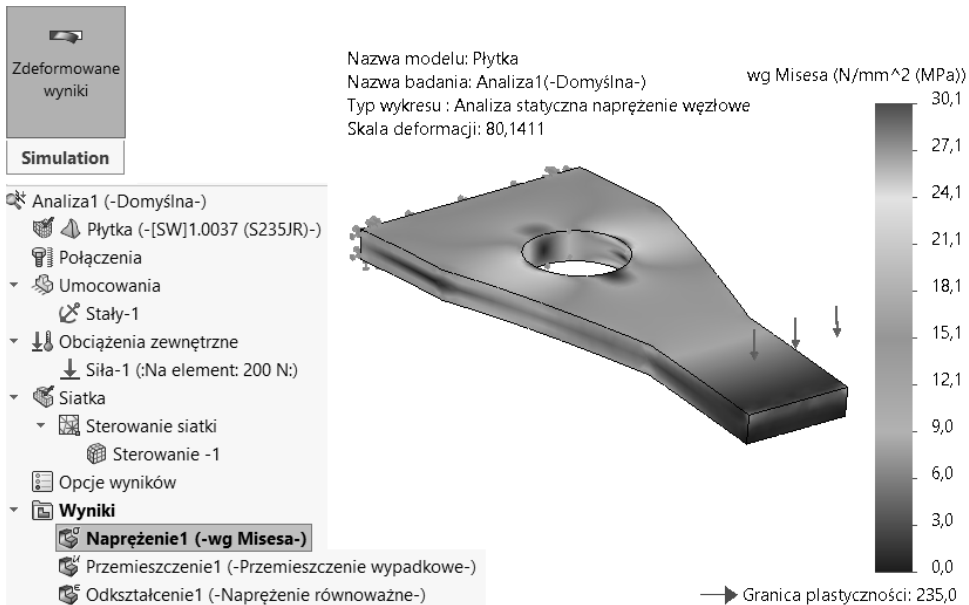
RYСУNEK 5.9.
Szczegóły siatki
z lokalnym
zageszczeniem

Siatka Szczegóły	
Nazwa badania	Analiza1 (-Domyślna-)
Typ siatki	Siatka bryłowa
Użyty generator siatki	Siatka standardowa
Automatyczne przejście	Wyłączone
Uwzględnij automatyczne pętle siatki	Wyłączone
Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości	16 punktów
Sterowanie siatki	Zdefiniowane
Rozmiar elementu	5 mm
Tolerancja	0,25 mm
Jakość siatki	Wysoka
Całkowita liczba węzłów	22300
Całkowita liczba elementów	13773
Maksymalny współczynnik kształtu	3,5988

Uruchamianie obliczeń:

- Na pasku Simulation kliknij polecenie *Uruchom to badanie*.

Na rysunku 5.10 pokazano wykres naprężenia zredukowanego według Misesa (hipoteza zbliżona do hipotezy Hubera). Skala deformacji i jednostki mogą być u użytkownika inne, jeżeli opcje domyślne mają inne ustawienia. Opcje domyślne SolidWorks Simulation zostały omówione w rozdziale 1. Ugięcie jest widoczne, jeżeli na pasku *Simulation* została włączona opcja *Zdeformowane wyniki*.

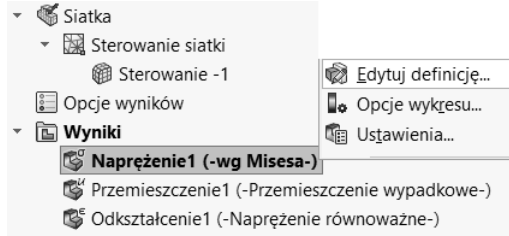


RYСУNEK 5.10. Wykres naprężenia

Zmiana ustawień wykresu:

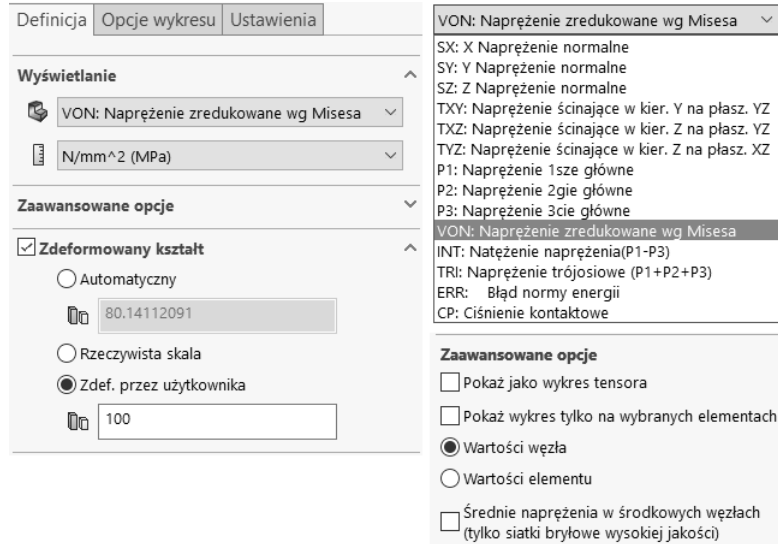
- W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy wykres *Naprężenie1* i wybierz *Edytuj definicję* (rysunek 5.11). Polecenia *Opcje wykresu* i *Ustawienia* otwierają to samo okno, ale aktywują inne zakładki.

RYSUNEK 5.11.
Polecenie *Edytuj*
definicję



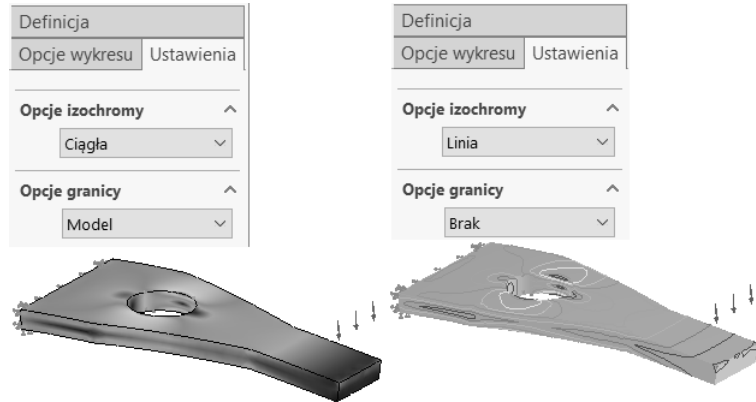
Rysunek 5.12 przedstawia możliwości zmiany ustawień wykresu dostępnych na karcie *Definicja*. W przykładzie zmieniono skalę zdeformowanego kształtu. Rysunek 5.13 pokazuje fragment karty *Opcje wykresu*, w której zaznaczona została opcja *Pokaż max adnotację*. Na rysunku 5.14 pokazano natomiast przykład dwóch ustawień wykresu.

RYSUNEK 5.12.
Opcje karty *Definicja*



RYSUNEK 5.13. Fragment karty *Opcje wykresu*

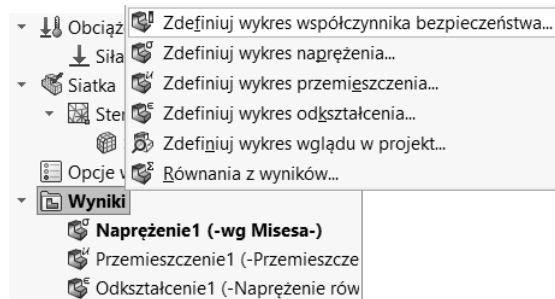
RYSUNEK 5.14.
Dwa przykłady
ustawień wykresu



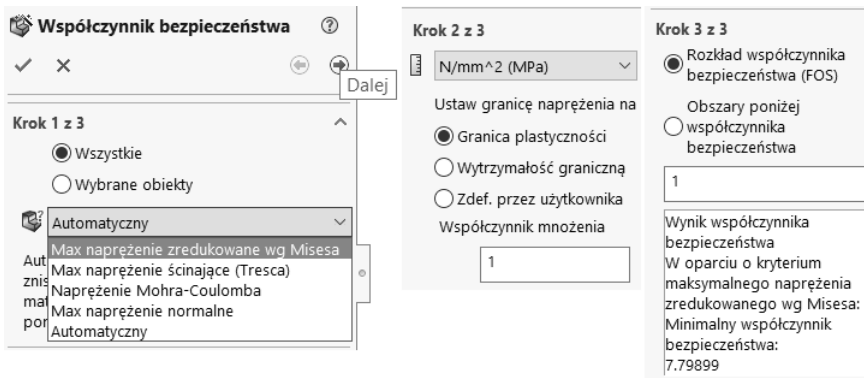
Definicja nowego wykresu:

- W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy *Wyniki* i wybierz *Zdefiniuj wykres współczynnika bezpieczeństwa* (rysunek 5.15).

RYSUNEK 5.15.
Definicja nowego
wykresu



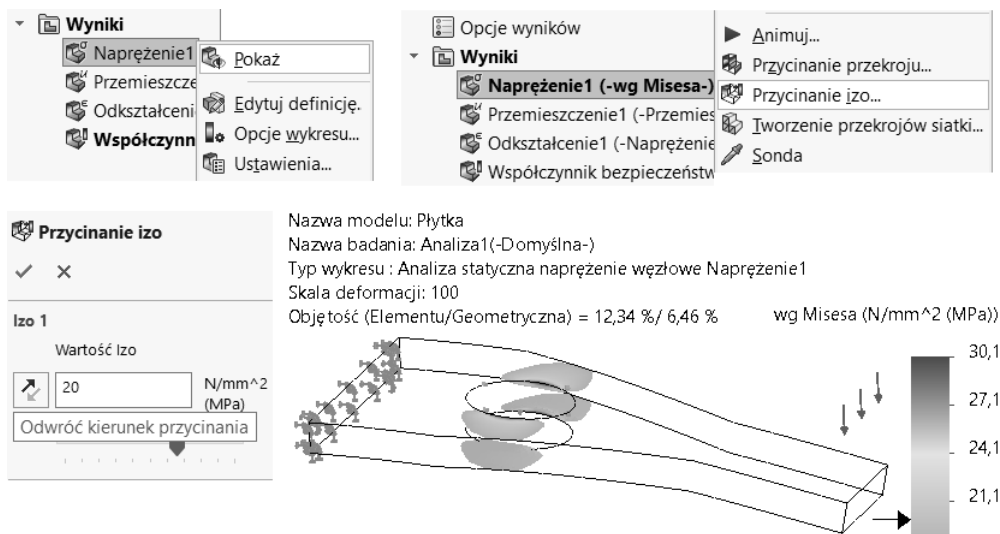
- W wyświetlonym oknie wybierz *Max naprężenie zredukowane wg Misesa* (rysunek 5.16), a następnie w kolejnych krokach ustaw wymagane parametry. W przykładzie minimalny współczynnik bezpieczeństwa wynosi 7,79899.



RYSUNEK 5.16. Kolejne kroki definicji wykresu współczynnika bezpieczeństwa

Przycinanie izo:

- Pokaż wykres *Napężenie* jak na rysunku 5.17 lub dwukrotnie kliknij wykres w drzewie Simulation.
- W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy *Napężenie1* i wybierz *Przycinanie izo*.
- Ustaw wartość przycinania na 20 MPa.



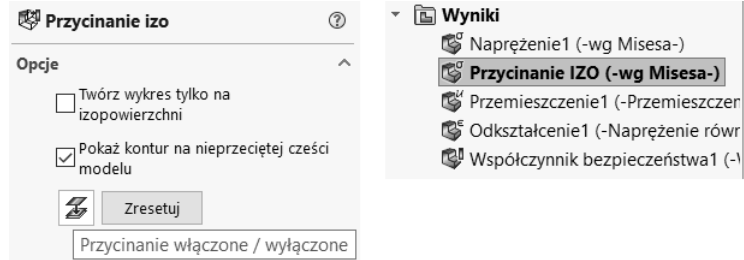
RYСУNEK 5.17. Definicja Przycinania izo

Wykres *Przycinanie izo* pokazuje obszary, gdzie napężenie jest większe bądź mniejsze od ustalonej wartości — przełączanie przyciskiem *Odwróć kierunek przycinania*. Po wyświetleniu wykresu (rysunek 5.17) można odczytać procent objętości modelu zajmowany przez napężenia spełniające kryterium. Pierwsza wartość, 12,34%, dotyczy procentu elementów skończonych, w których napężenia są wyświetlane, wartość 6,46% odnosi się do procentu objętości modelu. Wartości nie są równe ze względu na zagęszczenie siatki — proporcjonalnie więcej elementów skończonych jest w obszarach, w których występują wyższe napężenia.

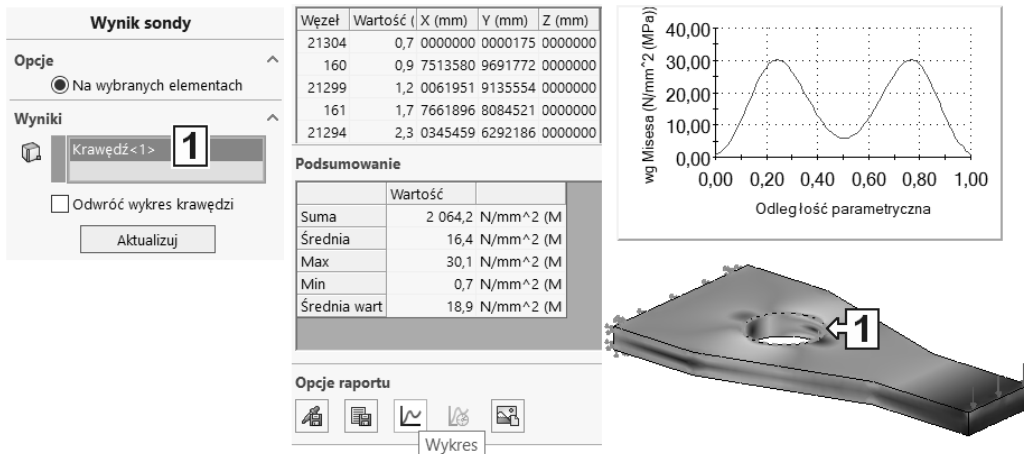
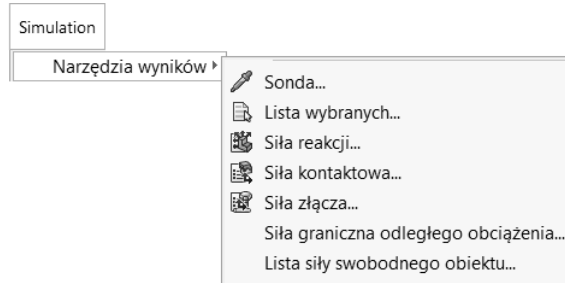
Po ponownym wywołaniu polecenia *Przycinanie izo* można wyłączyć przycinanie przyciskiem *Przycinanie włączone/wyłączone* (rysunek 5.18). Jeżeli chcemy pozostawić wykres nieprzycięty i przycięty można zdefiniować nowy wykres napężenia, wykonać przycięcie i zmienić nazwę wykresu (rysunek 5.18).

Uzyskany wynik można analizować bardziej szczegółowo za pomocą poleceń w menu *Simulation/Narzędzia wyników* (rysunek 5.19). Przykładem może być polecenie *Sonda*, którego działanie pokazano na rysunku 5.20 — w przykładzie po wybraniu opcji *Na wybranych elementach* zaznaczono krawędź, kliknięty został przycisk *Aktualizuj*, a następnie przycisk *Wykres*. W oknie *Wynik sondy* można posortować wartości napężenia i zaznaczyć wiersz w tabeli, wówczas zostanie wyświetlona lokalizacja węzła we współrzędnych X, Y, Z (rysunek 5.21).

RYSUNEK 5.18.
Wylączenie/włączenie
prycinania izo oraz
nowy wykres



RYSUNEK 5.19.
Narzędzia wyników

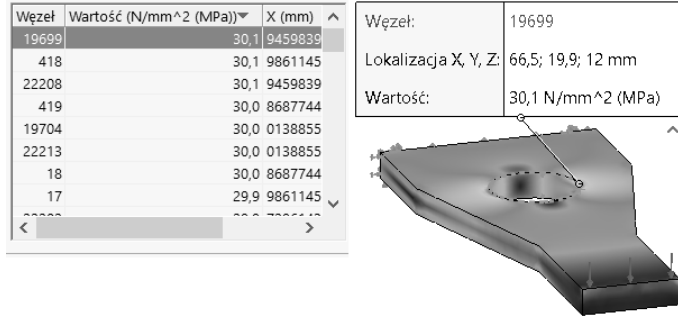


RYSUNEK 5.20. Wynik zastosowania polecenia *Sonda*

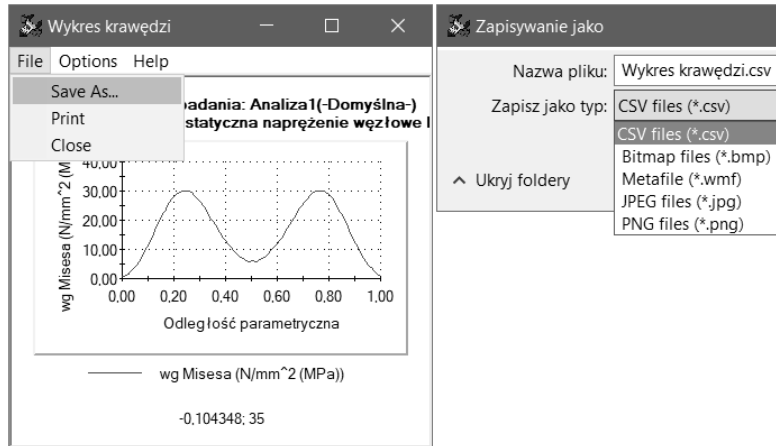


Wyświetlony w poleceniu *Sonda* wykres pokazywany jest w oddzielnym oknie Windows. Po kliknięciu poza oknem wykresu zostaje on ukryty. Ponowne zastosowanie przycisku *Wykres* spowoduje utworzenie kolejnego okna. W oknie wykresu (w przykładzie *Wykres krawędzi* — rysunek 5.22) można ustawić parametry wykresu oraz zapisać jako plik zewnętrzny. Po zapisaniu w formacie *.csv będzie można otworzyć plik w Excelu.

RYSUNEK 5.21.
Szczegółowa analiza
wyników poleceniem
Sonda

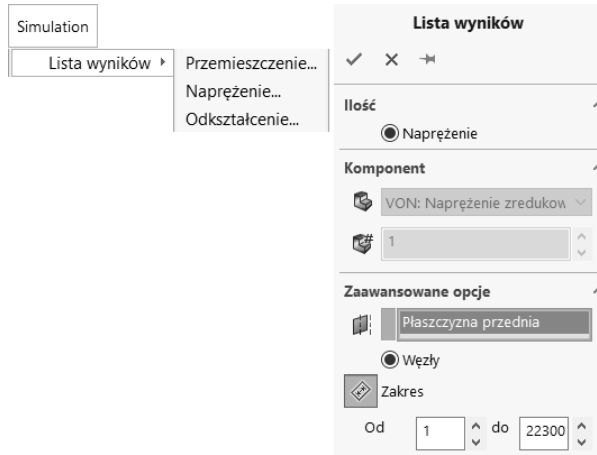


RYSUNEK 5.22.
Okno Wykres
krawędzi



Do analizy wyników służą również polecenia w menu *Simulation/Lista wyników* (rysunek 5.23). Po wydaniu polecenia *Simulation/Lista wyników/Naprężenie* i kliknięciu w wyświetlonym oknie opcji *Zakres* możliwe będzie wyświetlenie wartości naprężeń na wybranej lokalizacji — w przykładzie *Płaszczyzna przednia*. Po kliknięciu OK w oknie zostaje wyświetlone okno *Listy wyników* (rysunek 5.24), którego zawartość można zapisać w formacie *.csv.

RYSUNEK 5.23.
Lista wyników
w zakresie Naprężenie



Lista wyników

Nazwa badania: Analiza1

Jednostki: N/mm² (MPa) Numer kroku: 1

Wybrane odniesienie: Płaszczyzna przednia

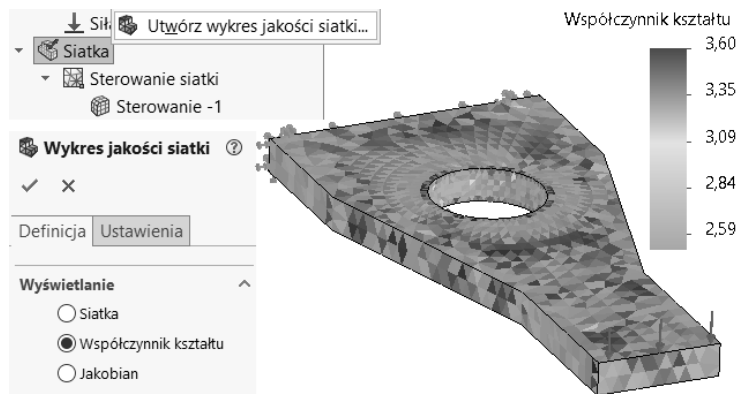
Węzeł	SX	SY	SZ	TXY	TXZ	TYZ
1	-1,57284e-01	5,84307e+00	-9,31157e-02	1,17535e-02	1,05061e-01	1,04932e-02
2	2,46834e-02	5,75450e+00	6,12494e-03	-8,28657e-01	2,67890e-02	2,07946e-01
3	3,95189e-01	5,91159e+00	-2,75481e-02	-1,75766e+00	-3,46344e-02	4,10945e-01
4	1,01537e+00	6,09430e+00	-5,58760e-02	-2,63959e+00	-1,11869e-01	7,14313e-01
5	1,93884e+00	6,42321e+00	-2,25377e-02	-3,74969e+00	-2,46115e-01	6,77701e-01
6	3,23364e+00	6,62655e+00	-6,37298e-02	-4,80583e+00	-4,02124e-01	9,22717e-01
7	4,79844e+00	6,79410e+00	-3,75321e-02	-5,90449e+00	-5,00702e-01	7,76911e-01
8	6,87498e+00	6,88732e+00	-4,89669e-02	-6,91200e+00	-6,21121e-01	8,13787e-01
9	9,56707e+00	6,40877e+00	6,16289e-02	-7,80023e+00	-8,75199e-01	8,71236e-01
10	1,26632e+01	5,55551e+00	2,98284e-02	8,45010e+00	1,08853e+00	8,98277e-01

Zamknij Zapisz Pomoc

RYSUNEK 5.24. Lista wyników

Istnieje możliwość przeanalizowania jakości siatki po wydaniu polecenia *Utwórz wykres jakości siatki* (rysunek 5.25). Analiza może zostać przeprowadzona w zakresie *Siatka* (tworzy wykres przedstawiający siatkę), *Współczynnik kształtu* oraz *Jakobian*.

RYSUNEK 5.25.
Wykres jakości siatki

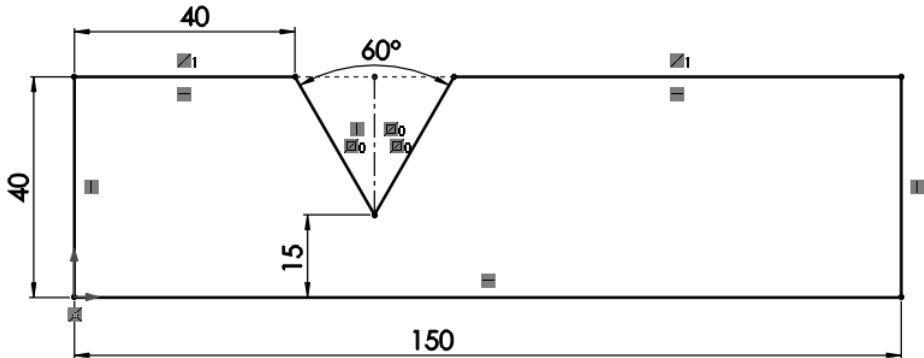


W podobny sposób można dokonać analizy wyników wykresu *Przemieszczenie1* i *Odształcenie1*.

5.2. Wpływ gęstości siatki i uproszczeń geometrii na wartość wyników

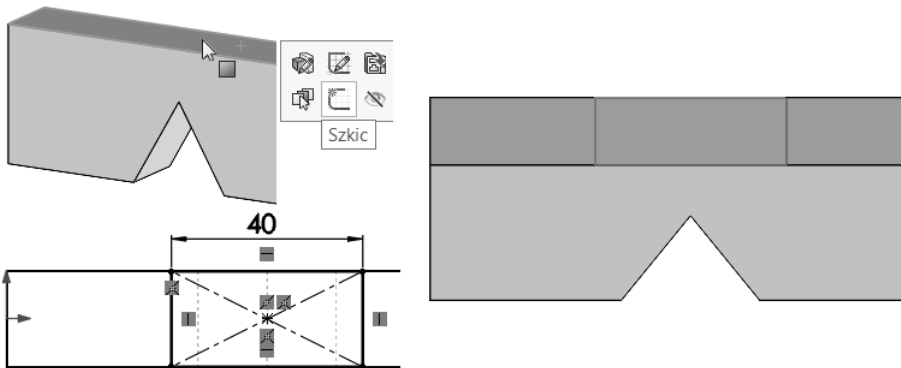
Plik przykładowy: *Rozdział 05\2 Karb*.

W tym podrozdziale obliczenia zostaną wykonane na modelu, którego szkic pokazano na rysunku 5.26. Grubość modelu wynosi 20 mm (wyciągnięcie symetryczne do płaszczyzny). Materiał to stal S235JR.



RYSUNEK 5.26. Szkic modelu

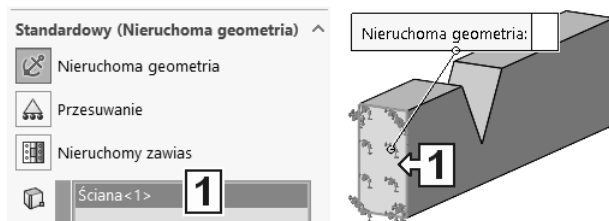
Po przeciwnej stronie względem wcięcia podzielono ścianę zgodnie z wymiarami na rysunku 5.27.



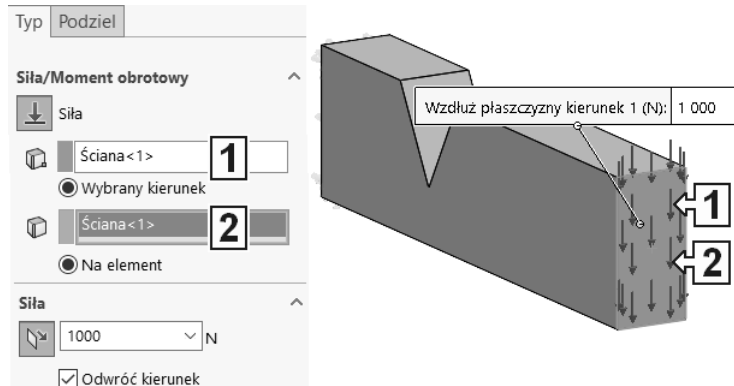
RYSUNEK 5.27. Podział ściany

Umocowanie modelu zostało przedstawione na rysunku 5.28 (nieruchoma geometria), a obciążenie — na rysunku 5.29 (siła działająca na ścianę). W definicji siły została wskazana dwa razy ta sama ściana.

RYSUNEK 5.28.
Definicja umocowania

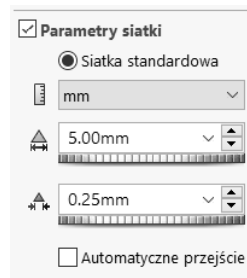


RYSUNEK 5.29.
Definicja siły

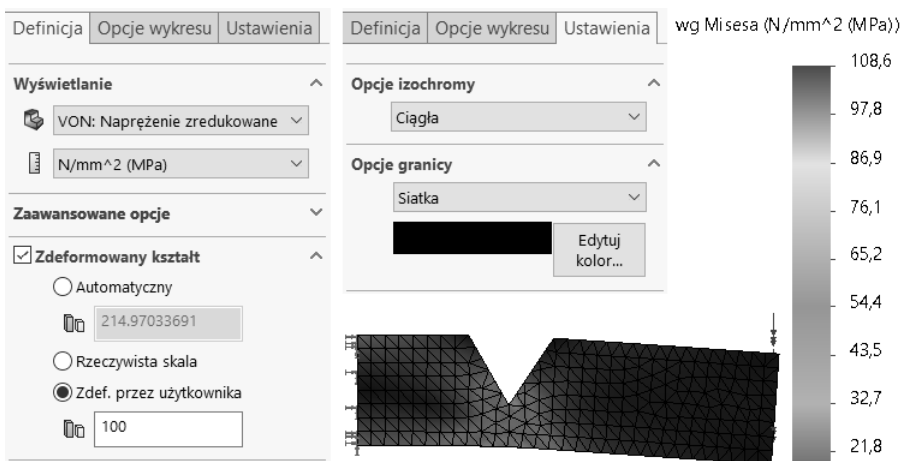


Na rysunku 5.30 przedstawiono parametry siatki, którą należy utworzyć.

RYSUNEK 5.30.
Parametry siatki



Na rysunku 5.31 pokazano wyniki obliczeń z wybranymi opcjami *Opcje izochromy: Ciągła*, *Opcje granicy: Siatka* (siatka będzie widoczna na wykresie naprężenia). Wartość naprężeń maksymalnych wyniosła 108,6 MPa.

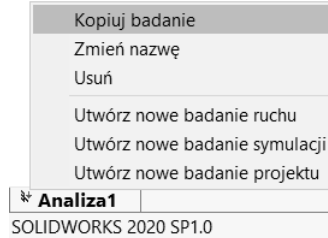


RYSUNEK 5.31. Wyniki obliczeń

Kolejne zmiany siatki będą wykonywane w kopiach badania, co pozwoli na porównanie wyników. W tym celu należy skopiować badanie *Analiza1*, sposób kopiowania badania pokazano na rysunku 5.32 — nowe badanie będzie miało nazwę *Analiza2*.

RYSUNEK 5.32.

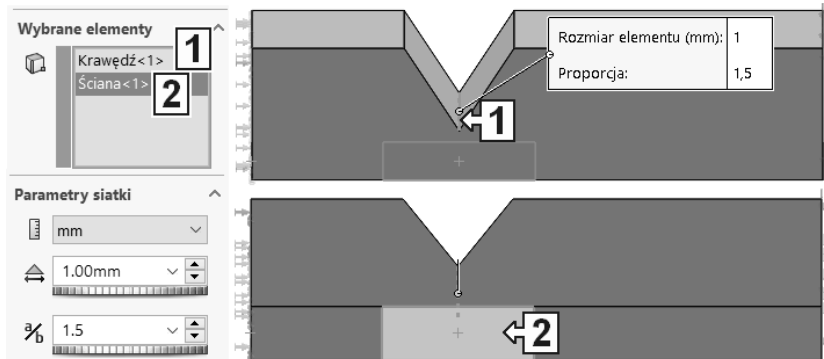
Kopiowanie badania



W badaniu *Analiza2* wprowadzono sterowanie siatki, której lokalizację i parametry pokazano na rysunku 5.33. Na rysunku 5.34 przedstawiono wyniki obliczeń po wprowadzeniu lokalnego zagęszczenia siatki.

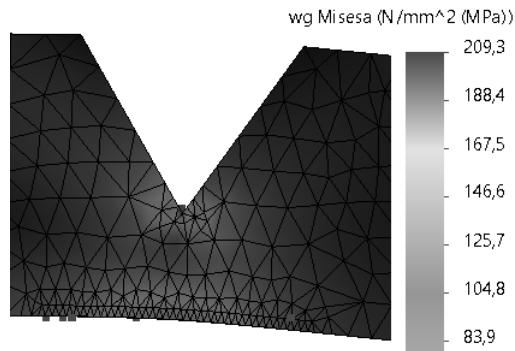
RYSUNEK 5.33.

Sterowanie siatki



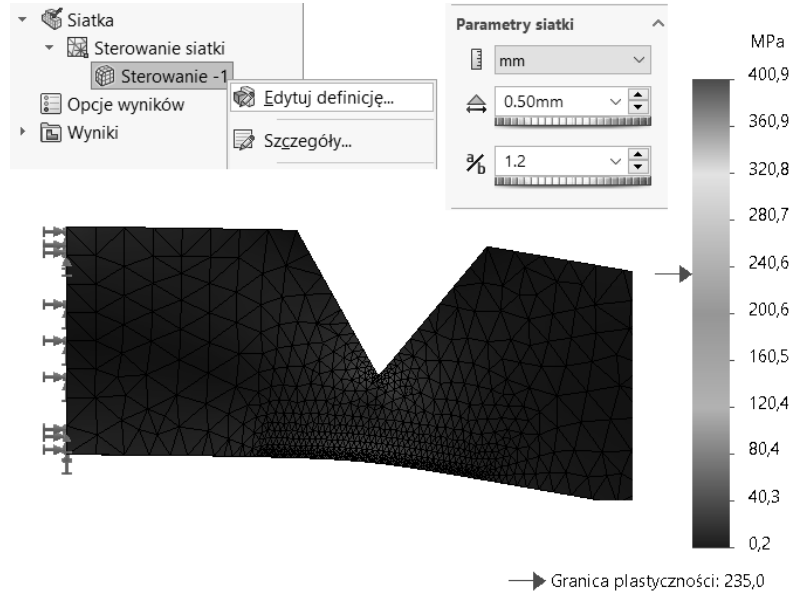
RYSUNEK 5.34.

Naprężenia maksymalne



Po skopiowaniu badania *Analiza2* pod nową nazwą *Analiza3* zostało zmienione sterowanie siatki (rysunek 5.35). Na rysunku 5.35 pokazano również wyniki obliczeń badania *Analiza3*.

RYSUNEK 5.35.
Sterowanie siatki
i wyniki obliczeń
w badaniu Analiza3



W przeprowadzonych badaniach wyniki bardzo się różnią w granicach naprężeń maksymalnych między $108,6 \text{ MPa}$ a $400,9 \text{ MPa}$. Przy granicy plastyczności wynoszącej 235 MPa wyniki mogą doprowadzić do skrajnie różnych wniosków dotyczących wytrzymałości konstrukcji (współczynnik bezpieczeństwa osiągnął, odpowiednio, wartości $2,2$; $1,1$; $0,59$). W celu uzyskania miarodajnych wniosków wyniki należy poddać ocenie.

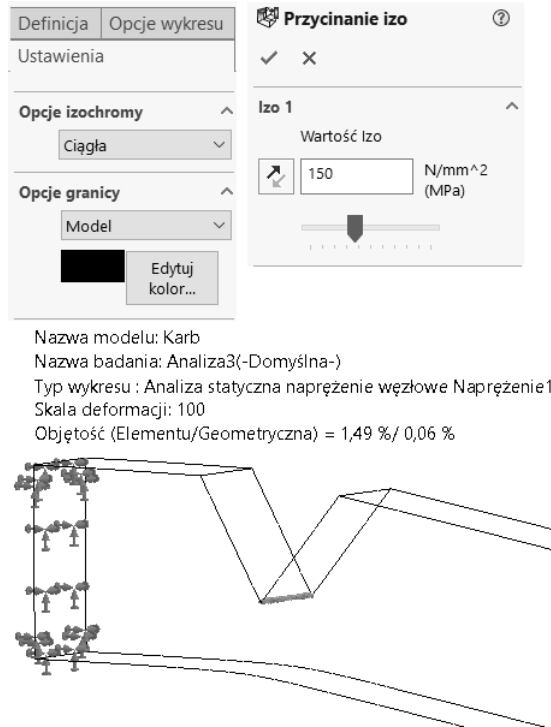
Na rysunku 5.36 przedstawiono *Przycinanie izo* wykresu naprężenia uzyskanego w badaniu *Analiza3*. Jak wynika z wykresu, naprężenia większe od 150 MPa występują na krawędzi karbu i zajmują $0,06\%$ objętości geometrycznej.

Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia:

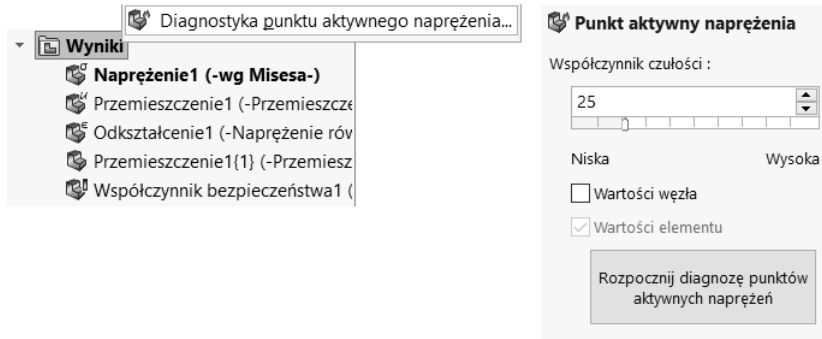
- W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy *Wyniki* i wybierz *Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia* (rysunek 5.37).
- Ustaw *Współczynnik czułości* (na początek nie ustawiaj wysokiego współczynnika w celu ograniczenia czasu obliczeń).
- Kliknij przycisk *Rozpocznij diagnozę punktów aktywnych naprężeń*.
- Po wyświetleniu informacji o wykryciu punktów aktywnego naprężenia (rysunek 5.38) kliknij OK.
- W oknie *Punkt aktywny naprężenia* (rysunek 5.39) kliknij przycisk *Rozpocznij diagnozę punktów osobliwych naprężeń*. W oknie tym można ustawić poziom zagęszczenia siatki.

Po wykryciu punktów osobliwych naprężeń pojawi się komunikat programu (rysunek 5.40). Po kliknięciu OK w oknie komunikatu można prześledzić występowanie punktów osobliwych, np. *Wyizoluj punkt osobliwy naprężeń* (rysunek 5.41).

RYSUNEK 5.36.
Przycinanie izo
w badaniu Analiza3



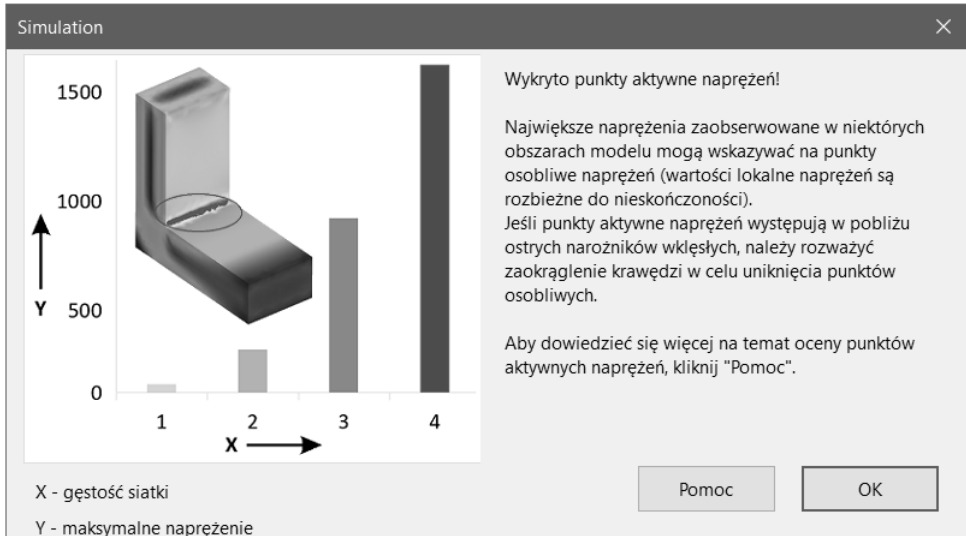
RYSUNEK 5.37.
Polecenie
Diagnostyka
punktu aktywnego
naprężenia



Aktywne punkty naprężeń są wykrywane w obszarach nieregularnych gradientów naprężeń, w tych obszarach mogą występować punkty osobliwe.

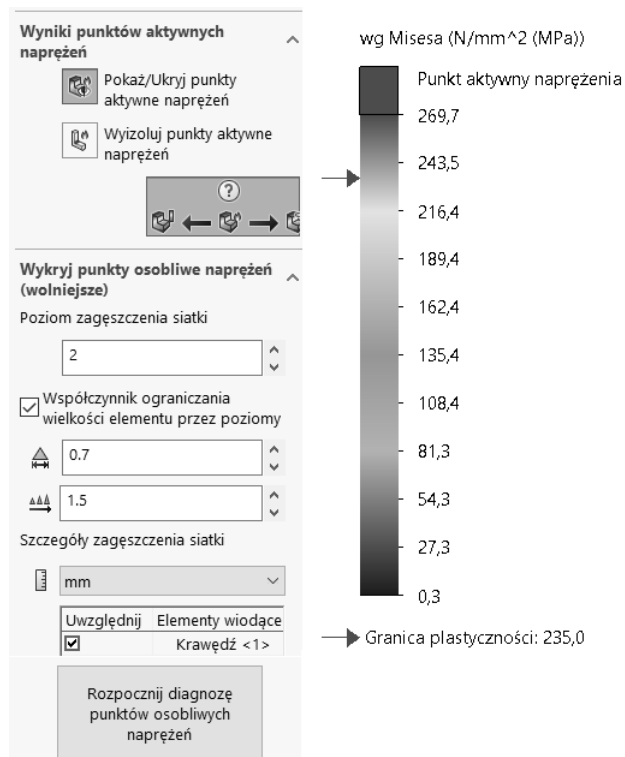
Nieregularne gradienty naprężeń mogą występować:

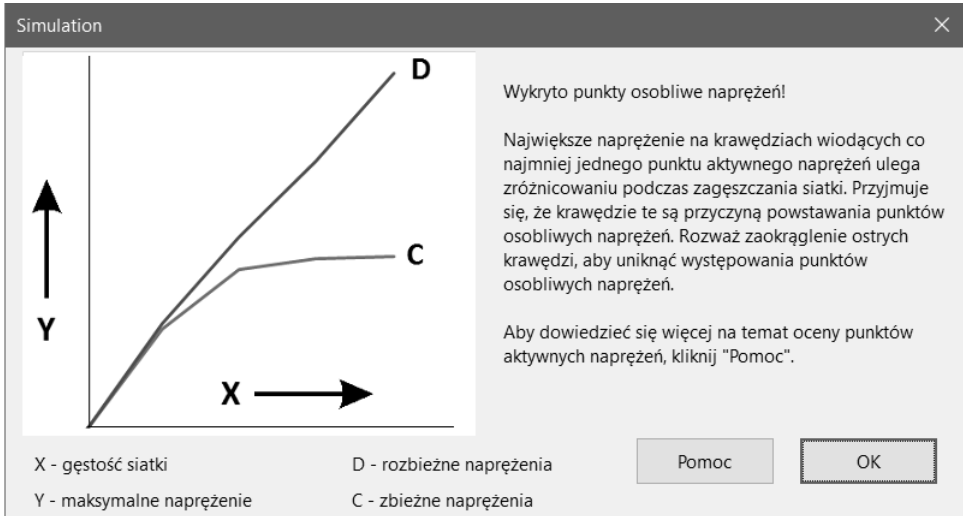
1. W pobliżu ostrych krawędzi geometrycznych oraz w narożnikach obiektów bryłowych i skorupowych.
2. W obszarach, gdzie zastosowano umocowania uniemożliwiające odkształcenie elementów.
3. W miejscach lokalizacji obciążeń na krawędziach lub wierzchołkach w modelu obliczanym z zastosowaniem siatki bryłowej.



RYSUNEK 5.38. Informacja o wykryciu punktów aktywnego naprężenia

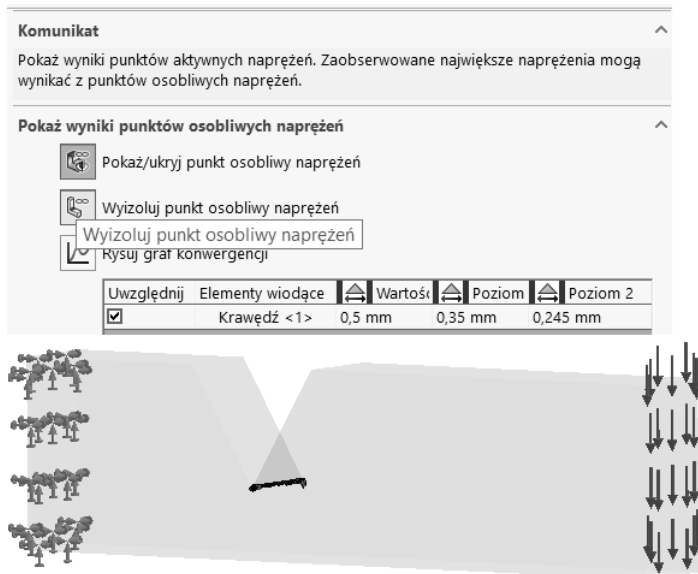
RYSUNEK 5.39.
Okno Punkt aktywny
naprężenia





RYSUNEK 5.40. Komunikat o wykryciu punktów osobiwych naprężeń

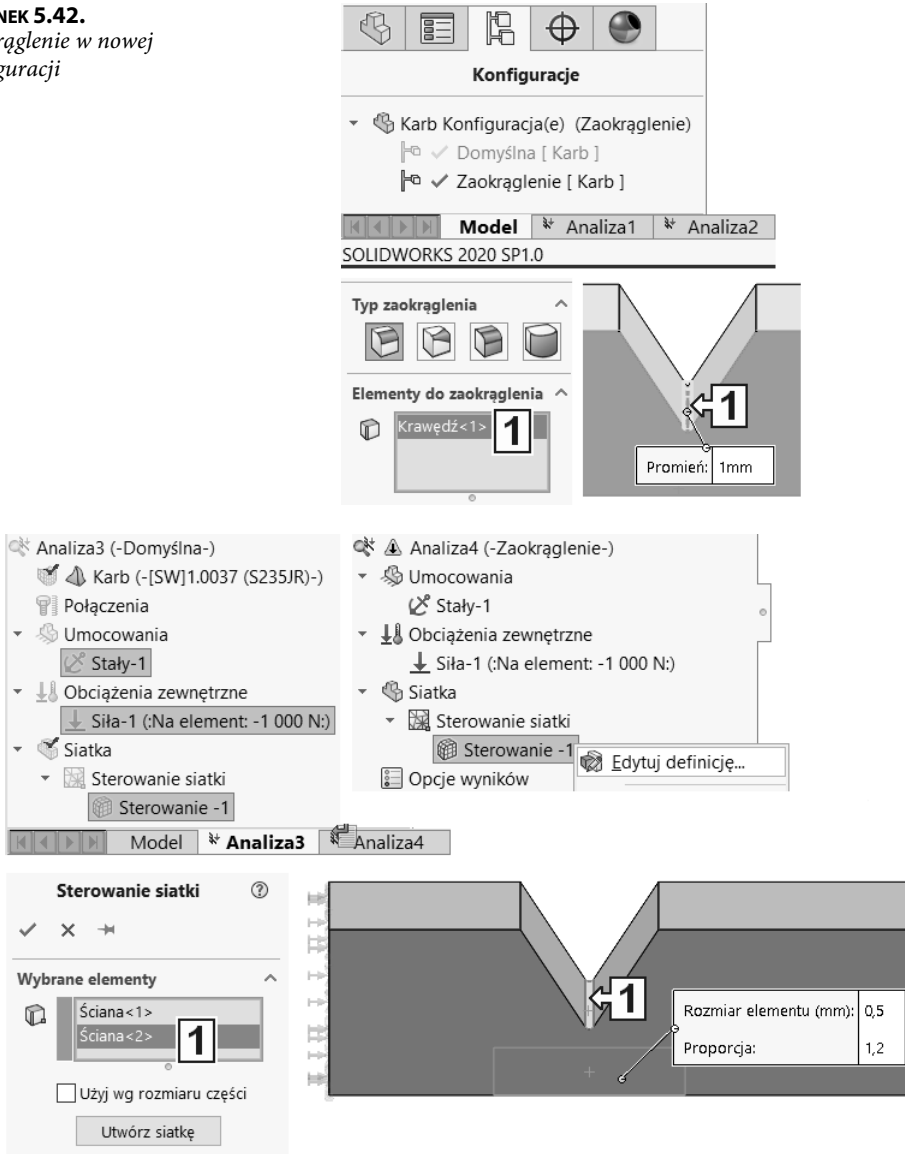
RYSUNEK 5.41.
Prezentacja punktów osobiwych naprężeń



Zaokrąglenie w nowej konfiguracji:

- Przejdź na kartę *Model* i utwórz nową konfigurację o nazwie *Zaokrąglenie* (rysunek 5.42).
- Zaokrąglij krawędź karbu promieniem 1 mm.
- Przy aktywnej konfiguracji *Zaokrąglenie* utwórz nowe badanie *Analiza4*.
- Z drzewa badania *Analiza3* przeciągnij na zakładkę *Analiza4: Umocowanie (Stały-1), Obciążenie (Siła-1), Sterowanie siatki (Sterowanie-1)* (rysunek 5.43).

RYSUNEK 5.42.
Zaokrąglenie w nowej konfiguracji

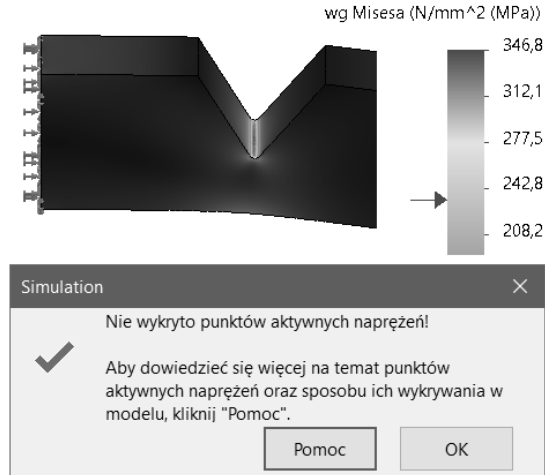


RYSUNEK 5.43. Kopiowanie ustawień i edycja sterowania siatką w badaniu Analiza4

- W badaniu *Analiza4* edytuj *Sterowanie-1* i dodaj do wyboru ścianę zaokrąglenia.
- Uruchom to badanie.

Na rysunku 5.44 pokazano wynik obliczeń badania *Analiza4* oraz efekt polecenia *Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia*. Dalsze zagęszczenie siatki nie zwiększa w istotnym zakresie wartości naprężeń maksymalnych. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że model nie wytrzyma obciążenia (choć z badania *Analiza1* wypływa odmienny wniosek).

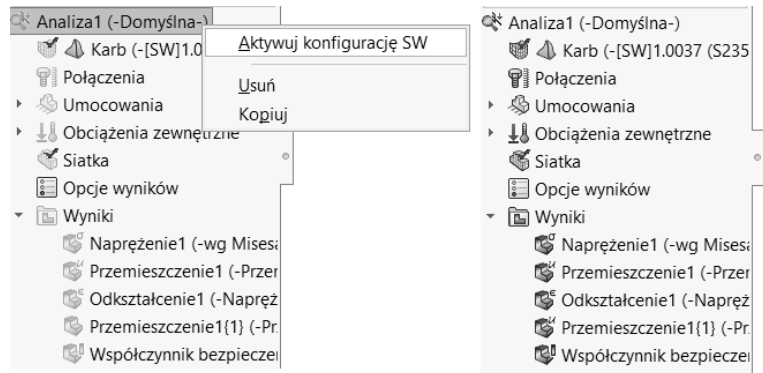
RYSUNEK 5.44.
Wyniki badania
Analiza4 oraz
sprawdzenie
aktywnych naprężeń



Występowanie w modelu ostrych krawędzi, które w rzeczywistości nie istnieją, może prowadzić do wypaczenia wyników. Gęstość siatki ma wpływ na uzyskane wyniki, zatem nie należy poprzestać na pierwszych uzyskanych wynikach, ale każdy wynik należy poddać ocenie z wykorzystaniem dostępnych w programie narzędzi.

Dostęp do wyników badań wykonanych w nieaktywnej konfiguracji będzie możliwy po aktywacji konfiguracji SolidWorks (rysunek 5.45).

RYSUNEK 5.45.
Aktywowanie
konfiguracji



5.3. Wpływ rodzaju zamocowania na wartość obliczonych naprężeń

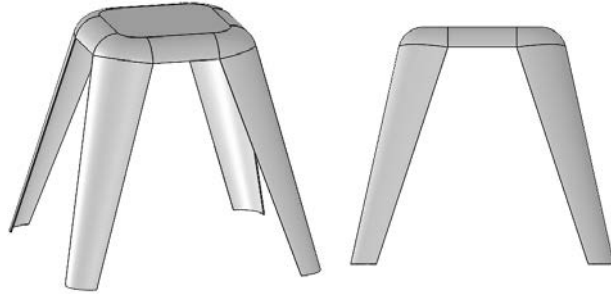
Plik przykładowy: *Rozdział 05\3 Taboret*.

W tym podrozdziale zostanie omówiony wpływ zastosowania właściwych mocowań na wyniki obliczeń. Do tego celu posłuży model taboretu (rysunek 5.46), którego nogi celowo nie są pionowe.

Rzeczywiste warunki użytkowania taboretu:

1. Taboret stoi na podłodze i nie jest do niej zamocowany.
2. Siła obciążająca ścianę górną 1000 N.
3. Materiał taboretu to stal S235JR.

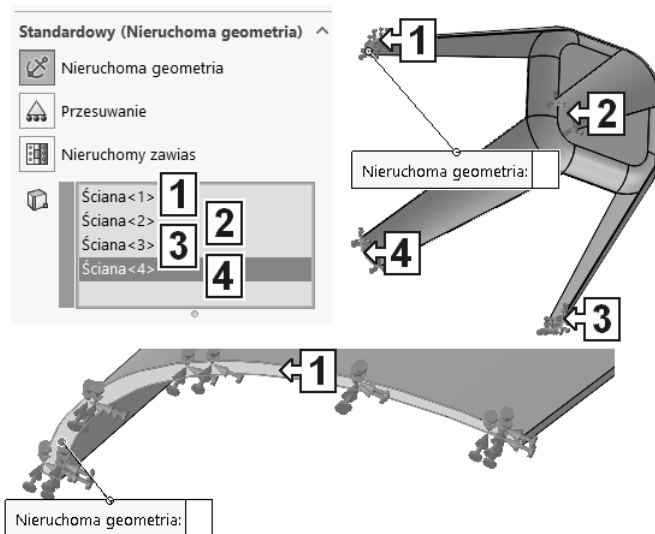
RYSUNEK 5.46.
Model taboretu



Obliczenia z umocowaniem *Nieruchoma geometria*:

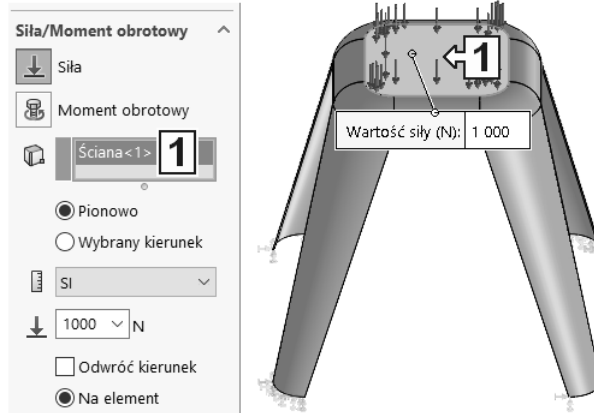
- Utwórz badanie Analiza1.
- Umocuj, stosując opcję *Nieruchoma geometria* (odebrane wszystkie stopnie swobody) cztery ściany dolne nóg jak na rysunku 5.47.

RYSUNEK 5.47.
Mocowanie nieruchome dolnych ścian nóg

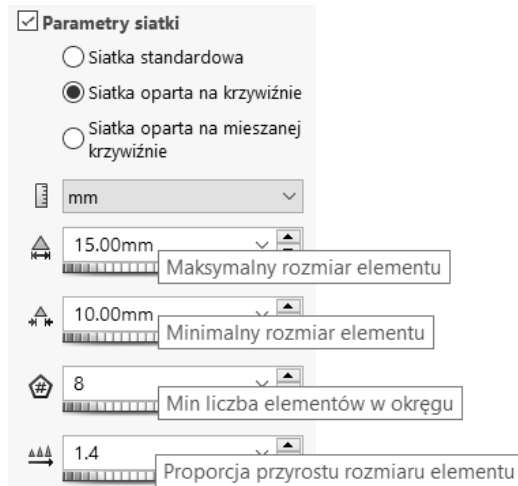


- Zdefiniuj siłę o wartości 1000 N jak na rysunku 5.48.
- Utwórz siatkę z parametrami jak na rysunku 5.49.
- Wykonaj obliczenia (*Uruchom to badanie*).

RYSUNEK 5.48.
Wartość i położenie siły



RYSUNEK 5.49.
Parametry siatki

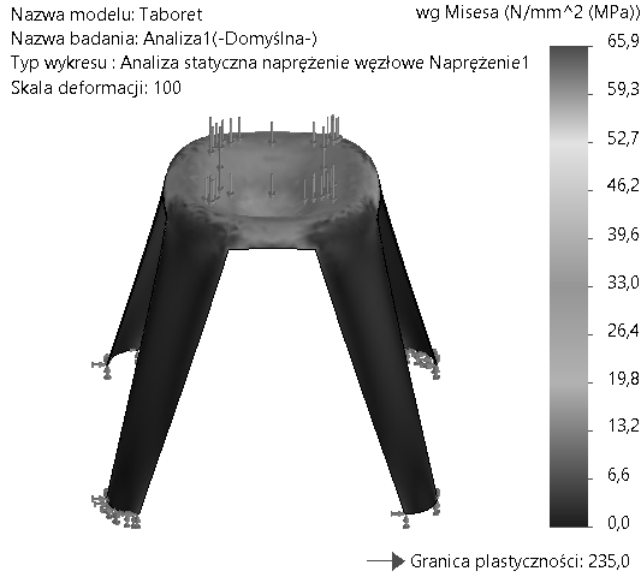


Na rysunku 5.50 przedstawiono wyniki obliczeń. Wartość maksymalnych naprężeń wynosi $65,9 \text{ MPa}$. Przy granicy plastyczności wynoszącej 235 MPa wartość naprężeń wydaje się bezpieczna. Czy jednak możemy uznać, że konstrukcja jest dobrze zaprojektowana i może zostać skierowana do produkcji? Taboret jest ustawiony swobodnie na podłodze, lecz czy uwzględniona została możliwość rozsuwania się pochyłonych nóg?

Odpowiedź może wydawać się oczywista — jeżeli dół nóg może się przesuwac po podłodze, mocowanie *Nieruchoma geometria* nie jest odpowiednie. Odpowiedź jest oczywista, o ile takie pytanie sobie zadamy.

Zatem jakie umocowanie jest odpowiednie — kolejna próba będzie uwzględniała umocowanie *Przesuwanie*.

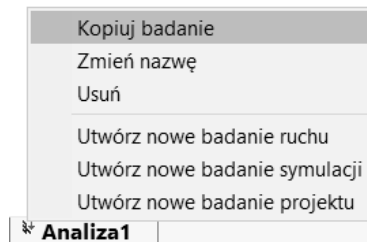
RYSUNEK 5.50.
Wyniki obliczeń



Obliczenia z umocowaniem *Nieruchoma geometria*:

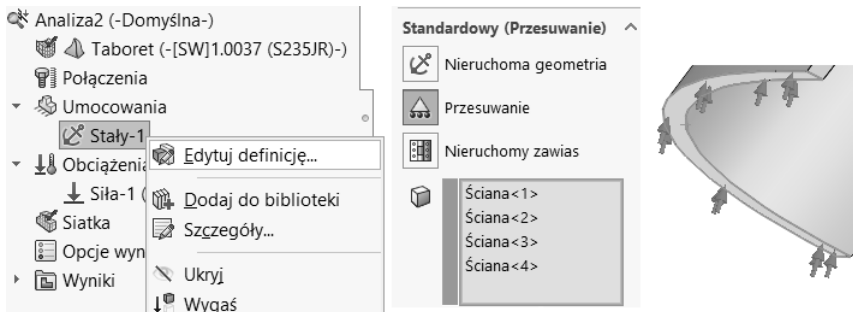
- Skopiuj badanie *Analiza1* i nadaj nowemu badaniu nazwę *Analiza2* (rysunek 5.51).

RYSUNEK 5.51.
Kopiowanie badania



- Edytuj umocowanie *Stały-1* i zmień typ mocowania na *Przesuwanie* (rysunek 5.52).

RYSUNEK 5.52.
Edycja umocowania

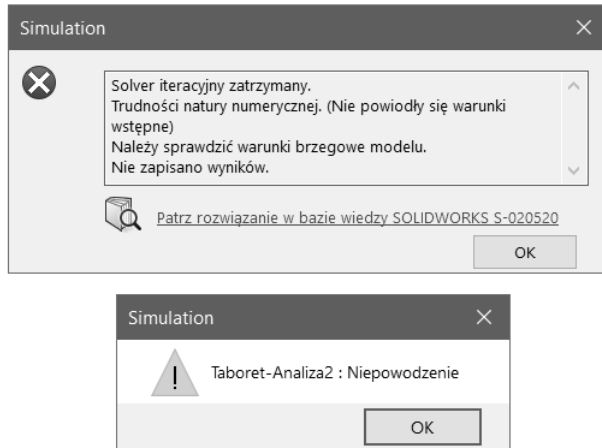


- Kliknij *Uruchom to badanie*.

Po uruchomieniu obliczeń zostały wyświetlone komunikaty programu pokazane na rysunku 5.53 (drugi komunikat zostaje wyświetlony po kliknięciu OK w oknie pierwszego komunikatu). Bardzo trudno jest znaleźć przyczynę niepowodzenia ze względu na nieprecyzyjną treść komunikatów.

Przyczyną jest niestabilność modelu, tzn. możliwość ruchu modelu po powierzchni podparcia.

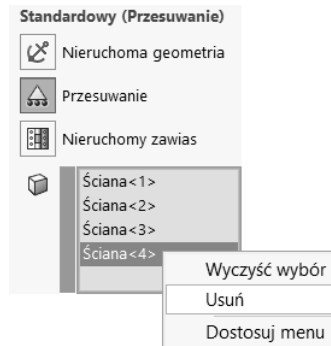
RYSUNEK 5.53.
Komunikaty
o niepowodzeniu



Zmiana umocowania:

- Edytuj umocowanie *Przesuwanie* i usuń z wyboru jedną ścianę (rysunek 5.54).

RYSUNEK 5.54.
Usunięcie jednej
ściany w definicji
umocowania

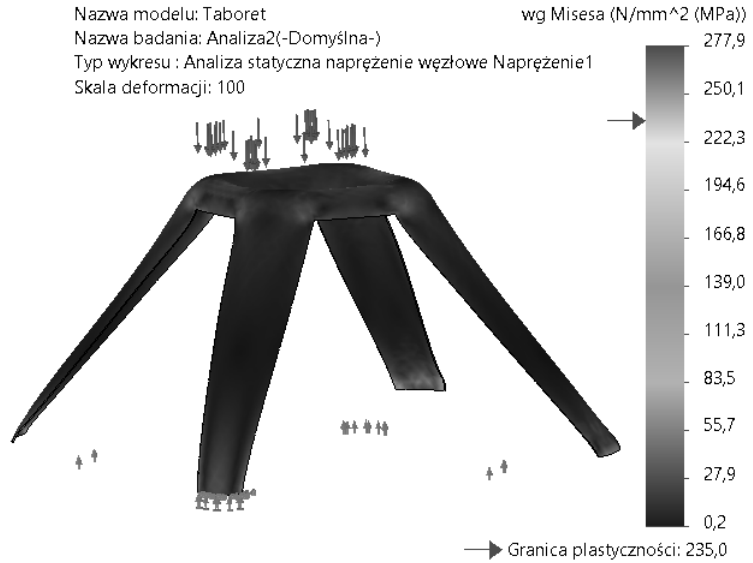


- Dodaj umocowanie *Nieruchoma geometria* do zwolnionej ściany.
- Wykonaj obliczenia.

Na rysunku 5.55 przedstawione zostały wyniki obliczeń, w których wartości naprężeń maksymalnych przekraczają wartość granicy plastyczności. Jak wiemy z poprzedniego podrozdziału, wyniki powinny zostać przeanalizowane, ale nie taki jest cel obliczeń w tym podrozdziale.

Czy umocowanie omówione przed chwilą jest odpowiednie do rzeczywistych warunków pracy taboretu?

RYSUNEK 5.55.
Wyniki obliczeń



Po zastosowaniu umocowania *Przesuwanie* ściana zamocowana może przesuwać się wzdłuż wyobrażonej powierzchni, na której od początku się znajdowała. Jak wynika z rysunku 5.56, noga odkształca się w taki sposób, że jej dolna ściana nie odrywa się od podłoża — tak w rzeczywistych warunkach nie będzie. Na tym etapie poznawania możliwości programu nie jesteśmy w stanie w lepszy sposób odzwierciedlić rzeczywistych warunków w zakresie mocowania modelu.

RYSUNEK 5.56.
Odkształcenie nogi



Skorowidz

A

- Adaptacyjne, 147, 148
- Aktualizuj, 86, 96, 297
- Aktywne dodatki, 27
- aktywowanie konfiguracji, 108
- Analiza
 - punktu, 148
 - ruchu, 249, 254
 - statyczna, 11, 31, 60, 186
- Automatyczne
 - dostosowanie siatki, 145
 - próby dla brył, 21
 - przejście, 21, 149–152, 190, 230
- Automatycznie znajdź zestawy kontaktowe, 130, 208, 222
- Automatyczny, 51
 - wybór solvera, 21

B

- Badanie, 31
 - projektu, 274
 - ruchu, 254, 256
 - statyczne, 275
 - zmęczeniowe, 232
- Bardziej dokładne, 52
- Belka, 63, 65
 - bez przegubu, 296
 - na trzech podporach, 295
 - naprężenia lokalne, 317
 - obciążona
 - ciągłym obciążeniem, 76, 291
 - dwoma siłami, 279
 - jedną siłą, 286
 - obliczenia, 63
 - podział, 87
 - schemat obciążenia, 325
 - statycznie niewyznaczalna, 286
 - statycznie wyznaczalna, 279

- suwnicy podwieszanej, 317
- szczegóły, 65
- wykresy momentu, 80
- z przegubem, 299
- zawieszenie, 327
- zmiana definicji, 79

- Belki, 221
- Bez penetracji, 23–25, 55, 123, 165, 192, 222
- biblioteka
 - Simulation, 265
 - własna, 268
- Biblioteki projektu, 269
- Bieżący widok, 57
- błąd obliczeń, 133
- Bryły i skorupy, 221

C

- Cienki, 187
- ciśnienie, 38, 139, 201, 218, 219
 - hydrostatyczne, 142, 267
- Częściowy współczynnik bezpieczeństwa, 124

D

- Definicja, 94
 - belki, 78
 - ciśnienia, 139, 200, 201
 - ciśnienia hydrostatycznego, 143
 - danych zmęczenia, 233
 - gravitacji, 37
 - grubości, 198
 - kontakту, 53
 - globalnego, 122
 - Pasowanie skurczowe, 182
 - Wiązane, 199
 - Własny kontakt, 271
 - kratownicy, 85
 - materiału, 33, 201, 202
 - momentu obrotowego, 37

napędu, 255
 obciążenia, 263, 282
 obciążenia belki, 293
 odległej masy, 273
 podpory, 281
 przesuwnej, 83
 ruchomej, 66
 połączenia śruby fundamentowej, 132
 przegubu, 301
 sensorów, 277
 siły, 37, 67, 90, 101, 257
 odśrodkowej, 230
 skupionej, 77
 w połączeniu, 47
 skorupy, 186, 194, 198, 217
 spoin punktowych, 189
 układu współrzędnych, 38
 umocowania, 34, 51, 90, 100
 wykresu, 42
 momentu gnącego, 71
 naprężenia, 221
 złącza śrubowego, 268
 zmiennego ciśnienia, 38
 Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia, 104
 Diagnoza punktów osobliwych naprężeń, 161
 Direct sparse solver, 22
 Dodaj
 czas, 260
 konfigurację, 290
 nowy wykres, 30
 parametr, 275
 przypadek, 232
 sensor, 276
 dodatek Simulation, 27
 dodatki SOLIDWORKS, 28
 Dolna powierzchnia, 193
 Domyślna biblioteka, 265
 Doradca
 obciążeń zewnętrznych, 66, 75, 76
 połączeń, 224
 umocowań, 33, 45, 65, 66, 126
 Dotykające ściany, 222
 drzewo Simulation, 32, 45
 Duże przemieszczenie, 52, 128
 Dwa metale, 243
 dwuteownik, 18, 318
 dyskretyzacja modelu, 16
 Dźwignia, 157, 160

E

Edytuj
 definicję, 50, 78, 85, 94, 116, 263
 równanie, 142, 200

F

FFEPlus, 22
 fizyczne parametry obliczeń, 15
 Funkcja siły, 257

G

Generator
 funkcji, 256, 257
 siatki, 18
 siatki opartej na krzywiznie, 20
 standardowy siatki, 20
 Geometria odniesienia, 13, 189
 Globalny, 262
 Grawitacja, 36, 56, 287
 Grubość spoiny, 124
 Grupy połączeń, 82
 Gwint, 168

I

Ignoruj prześwit dla kontaktu powierzchni, 51
 import
 obciążenia, 262
 obciążenia w ruchu, 261
 Informacje o błędach, 50, 309
 Intel Direct Sparse, 22

J

Jakobian, 41, 42, 99
 Jednostki, 29

K

karta badania, 11
 kierunek
 belki, 284
 siły, 133
 Kolory, 30
 Kołek, 171, 172
 koło, 321
 Kompatybilna siatka, 129
 komponenty złożenia, 249
 komunikat
 błędu, 122
 o niepowodzeniu, 112
 programu, 235
 systemu, 144, 221
 Koncentryczne, 251, 252
 Konfiguracje, 289, 290
 konstrukcja
 blaszana, 185
 kratownicy, 81
 ramowa, 73

konstrukcja
 spawana, 296
 symetryczna, 137
 Kontakt, 22, 24, 115
 globalny, 49, 116, 159, 165, 199
 komponentu, 117, 120, 130
 mieszany, 222
 Pasowanie skurczowe, 182
 Powierzchnia do powierzchni, 163, 166
 profili z podłożem, 132
 Wiązane, 199, 216
 własny, 269
 zmiana rodzaju, 116
 kopiowanie
 badania, 72, 78, 102, 152, 159
 ustawień między badaniami, 291
 Kratownica, 79
 podpora nieprzesuwna, 83
 połączenia, 83
 Krzywe oparte na stali
 austenitycznej ASME, 234
 węglowej ASME, 232

L

Large Problem Direct Sparse, 22, 329
 Linia podziałowa, 12, 157, 203
 Lista wyników, 98, 99
 lokalizacja naprężeń w węzłach, 324

Ł

Łożysko, 179

M

maksymalna wartość ugięcia belki, 281
 maksymalne
 naprężenia, 292
 ugięcie, 292
 maksymalny
 moment zginający, 280, 292, 300
 prześwit, 129
 rozmiar elementu, 155
 Masa, 276
 materiał, 33, 201, 202
 Max naprężenie zredukowane wg Misesa, 95
 Menedżer
 skorupy, 186, 187
 właściwości, 10
 menu
 podręczne, 10
 Simulation, 29

MES, metoda elementów skończonych, 15
 generowanie siatki, 16
 geometria, 15
 obliczenia, 16
 postprocessing, 16
 warunki brzegowe, 15

metoda
 Clebscha, 280
 MES, 15

Miedź
 na zewnątrz, 245
 wewnątrz, 243

Min liczba elementów w okręgu, 156

mocowanie
 konstrukcji, 126
 płyty, 212

model
 belki, 44, 64, 280
 blaszany, 185
 bryłowy, 31, 191, 207
 dyskretyzacja, 16
 geometryczny, 15
 konstrukcji, 24
 powierzchniowy, 196
 skorupy, 49, 191
 w dwóch konfiguracjach, 243
 wieloobiektowy, 115
 wirnika, 229, 273
 zbiornika, 137, 215
 moment
 maksymalny, 301
 obrotowy, 36, 48, 131, 306, 312
 obrotowy napędu, 258, 259
 zginający, 71, 78, 283, 288, 294, 298–302

N

Na jednostkę długości, 76
 Na płaskich ścianach, 35
 Na ścianach cylindrycznych, 35, 126, 304
 Nacisk, 38, 138, 142, 217
 Nałóż model na zdeformowany kształt, 68, 245, 246
 Napęd, 255
 obrotowy, 256
 naprężenia, 319
 lokalne, 317
 maksymalne, 102, 281, 300
 na dolnej ścianie belki, 329
 sumaryczne, 325
 w węzłach, 324
 naprężenie, 70, 77, 93, 96, 136, 146–149, 161, 163, 165, 193, 202, 212, 237, 298, 302
 normalne, 323, 324

osiowe, 88, 288, 293
 zginające, 288, 293
 Narzędzia wyników, 96, 97
 Nie dotykające ściany, 129
 Nie poruszający się, 46, 65
 Niejednorodny rozkład, 48, 200
 Niekompatybilne opcje wiązania, 51
 Nieporuszający się, 296
 Nieruchoma geometria, 34, 45, 51, 66, 72, 109, 287, 321
 Nieruchomy zawias, 34, 126, 304, 312, 328
 Niewystarczająco powiązane obiekty, 55
 Normalny do płaszczyzny, 67

O

Obciążanie, 36, 74, 118, 232, 263, 282
 ciągle, 48, 280, 291
 dwoma siłami, 279
 jedną siłą, 286
 kratownicy, 81
 Moment obrotowy, 306
 odległe, 176
 Siła odśrodkowa, 306
 Temperatura, 243
 termiczne, 243
 wstępne, 131
 zewnętrzne, 169
 Oblicz
 minimalny rozmiar elementu, 155
 siły swobodnego obiektu, 52, 192, 195
 wyniki symulacji, 260
 Obliczaj, 55, 82, 87, 219, 258
 obliczenia
 analityczne, 317
 belek, 279
 części, 311
 konstrukcje symetryczne, 137
 modelu
 bryłowego, 206
 powierzchniowego, 206
 wieloobiektowego, 115
 naprężeń, 212
 naprężeń sumarycznych, 325
 pojedynczej belki, 63
 porównanie wyników, 191, 313
 siatka
 bryłowa, 89
 mieszana, 215
 skorupy, 185, 211
 Simulation, 319
 uproszczonego złożeń, 307
 wytrzymałościowe, 249, 259
 z zadaniem przemieszczeniem, 174
 z zastosowaniem konfiguracji, 289

złożenia z płytkami, 304
 złożeń, 157, 303
 zmęczeniuowe, 229
 Obrazy, 57
 Obrót, 219
 Obudowa, 177
 Odległa masa, 272, 274
 Odległe obciążenie/masa, 177
 Odniesienia z biblioteki, 266
 Odwróć górę i dół skorupy, 187, 190
 Opcje, 208
 generatora siatki, 20
 granicy, 146
 izochromy, 85, 101
 kontaktu globalnego, 23
 raportu, 57
 wykresu, 68, 93
 Operacje, 12, 141
 Orientacja i widok z kamery, 255
 oznaczenia numeryczne, 9

P

Panewka, 250
 Parametry, 275
 Definicji skorupy, 186
 siatki, 101
 solvera, 42
 spoiny, 124
 tulejek, 257
 Pasowanie skurczowe, 23, 182
 plik
 hydrostaticpressure, 266
 obrazu, 57
 pliki
 *.csv, 97
 *.sldalasm, 266
 *.sldalprt, 266
 Płaszczyzna
 prawa, 253
 przednia, 98
 Płytki, 89, 308
 z otworami, 32
 pochodna, 300
 podpora, 281, 295
 przesuwana, 83, 84
 podział
 powierzchni, 203
 ścian, 320
 Pogłębiacz walcowy z nakrętką, 269
 Pokaż
 kierunek belki, 79, 283
 kontakty oparte na solverze, 56
 max adnotację, 94

polecenia menu podręcznego, 10

Połączenia, 10, 47, 48

 profilu, 129

 w kratownicy, 83

Połączenie, 66, 71

 Kołek, 171, 172

 łożysko i sprężyna, 176

 rozproszone, 133

Popraw dokładność, 51, 175

Porównaj wyniki, 140

postprocessing, 16

Powiązania, 276

Powierzchnia do powierzchni, 51, 166

Promieniowe, 304

Przeglądaj, 250

 symbole symulacji, 68

przegub, 296, 299, 301

przekrój IPE 120, 281

przemieszczenie, 136, 166, 283, 291, 294

Przenies pasek czasu, 261

Przerwa/Kontakt, 51

Przesuwanie, 34, 110, 142, 311, 314

Przycinanie izo, 96, 103, 161

Punkt, 12, 13, 64, 66

 aktywny naprężenia, 103, 105

 przyłożenia siły, 64

Punkty

 danych, 256

 jakobianu, 21

 osobliwe naprężeń, 106

 wyznaczania naprężeń lokalnych, 318

R

rama, 74

Raport, 56, 57

 ponowna publikacja, 59

relacja

 Równe, 204

 Wspólne, 204

Renderuj

 grubość skorup w 3D, 21, 28

 profil belki, 28, 67

Rozmiar elementu, 40

Rozpocznij

 diagnozę punktów aktywnych naprężeń, 103

 diagnozę punktów osobliwych naprężeń, 103

 złożenie, 250

równanie

 linii ugięcia, 280

 momentu gnącego, 280

Równoległe, 254

równowaga statyczna, 299

Ruch, 249, 256

S

schemat

 belki, 63

 konstrukcji kratownicy, 81

 mocowania belki, 287

 obciążenia, 74, 279, 287

Sekcje raportu, 56

sensor, 276

Siatka, 29

 adaptacyjna, 145

 automatyczne dostosowanie, 145

 belki, 17

 bez Automatycznego przejścia, 231

 bryłowa, 16, 89, 192

 generator, 18

 gęstość, 99

 jakości roboczej, 19

 jakości wysokiej, 20

 kompatybilna, 24

 lokalne zagęszczenie, 91

 mieszana, 215

 niekompatybilna, 24

 oparta na krzywiznie, 153, 155, 209

 parametry, 101

 skorupy, 17, 185, 193

 cienkiej, 211

 grubej, 211

 standardowa, 39, 150

 sterowanie, 102, 103

 szczegóły, 40, 91, 151, 152

 z Automatycznym przejściem, 231

 zmiana typu, 116, 141

Siła, 36, 47, 66, 90, 101, 257

 kierunek, 133

 odśrodkowa, 230, 306

 reakcji, 71, 86, 297, 292, 300, 301

 skupiona, 77

 ścinająca, 280, 283, 284, 289, 295, 298

 wartość, 133

 zrównoważona, 167

Simulation, 27, 28, 65

 foldery biblioteki, 266

 konfigurowanie dodatku, 27

 zastosowanie biblioteki, 268

skorupa, 49

solver, 16, 21

Sonda, 86, 322

Spoina, 122

 grzbietowa, 124

 punktowa, 188, 189

sprawdzenie umocowania, 53

Sprawdź siatkę, 260

Sprężyna, 178

sprzęgło
 kłowe, 177
 wielopłytkowe, 303
 stal
 konstrukcyjna S275JR, 229
 stopowa, 201
 stała K, 280
 Standard, 131
 Sterowanie siatki, 40, 102–106, 149, 200, 225
 z Liczbą elementów, 284
 suma
 momentów, 299
 rzutów sił, 299
 suwnica, 327
 symbol pierścienia ustalającego, 173
 Symetria, 142
 cykliczna, 138
 osiowa, 137
 względem płaszczyzny, 140
 Szacowana długość spoiny, 124
 Szczegóły, 39, 91
 belki, 18, 65
 siatki, 40, 91

Ś

ściana dolna belki, 320
 ściany wiązań, 252
 Ściąg spoiny pachwinowej, 115, 206
 Śruba, 128, 131, 224
 fundamentowa, 132

T

tabela Menedżera skorupy, 187
 Tarcie, 116
 Temperatura, 243
 Tłok, 252, 253, 257
 Traktuj
 jako bryłę, 45, 129, 320
 jako Odległą masę, 273
 wybrane obiekty jako bryły, 141, 208
 Translacja, 219
 tworzenie
 badania projektu, 31, 275
 biblioteki, 268
 konfiguracji, 290
 modelu belki, 64
 przekrojów siatki, 324
 złożenia, 249

U

ugięcie, 292
 Układ współrzędnych, 12, 13, 38, 141
 odniesienia, 262

Ukryj/pokaż elementy, 14
 Ulubione, 32
 umocowanie, 33, 90, 100, 111, 118, 164, 219
 koła, 321
 Nieruchoma geometria, 109, 321
 Nieruchomy zawias, 328
 Przesuwanie, 113, 311
 Uproszczony, 52
 Uruchom to badanie, 11, 39, 42, 56, 67, 93, 158, 160,
 221, 226
 Ustaw jako sztywne, 177, 328
 Ustawienia, 93
 symulacji, 259
 wykresu, 95
 ustawienie czasu analizy, 256
 Usuń, 309
 obiekt, 140
 usuwanie kontaktu globalnego, 182
 uszkodzenie, 237
 Utwórz
 kompatybilną siatkę, 208
 nowe badanie projektu, 275
 ponownie siatkę, 21
 siatkę, 39, 67, 91, 155, 160
 wykres jakości siatki, 41, 99
 zestawy kontaktowe, 56, 117, 209, 222
 Uwzględnij, 57
 globalne tarcie, 51
 rozkład naprężeń, 52
 w raporcie, 58
 Użyj
 geometrii odniesienia, 34, 66, 175, 296, 321
 miękkiej sprężyny dla stabilizacji modelu, 52, 271
 obciążenia bezwładnościowego, 53, 169, 171, 182,
 192, 195, 262, 271
 wg rozmiaru części, 154

W

W lokalizacji, 322
 Wał, 157, 160, 250, 251, 259
 Wartości z biblioteki, 266
 wartość reakcji pionowej, 280
 Węzeł, 286
 do powierzchni, 51
 Wiązane, 23, 25, 53, 56, 117, 199, 223
 Wiązanie, 251
 Koncentryczne, 251
 Równoległe, 254
 wspólne wału, 251
 wygaszanie, 254
 Wielowypust, 309, 312, 313
 Wierzchołki, punkty, 48, 66

- wirnik, 229, 236, 273
- Wirtualna ściana, 23, 132
- wizualizacja kontaktów, 57
- Własny kontakt, 271
- Właściwości, 11, 51
 - badania, 51, 52
 - badania ruchu, 256
- Wpust, 157, 159, 160
- współczynnik
 - bezpieczeństwa, 125
 - czułości, 103
 - korelacji, 125
 - kształtu, 41, 42, 99
 - rozszerzalności cieplnej, 243
 - tarcia, 51
- współczynniki dla dwuteowników
 - równoległościennych, 319
- Wstaw komponenty, 250, 251
- wstawianie punktu, 64
- Wybierz
 - inny, 182
 - ręcznie zestawy kontaktowe, 132, 220, 271
- wybór solvera, 21
- Wybrane komponenty, 262
- Wyciągnięcie
 - cienkościenne, 222
 - dodania, 222
 - dodania/bazy, 60
 - po ścieżce, 168
- Wycięcie przez wyciągnięcie po ścieżce, 168
- wygaszanie
 - obciążeń, 287
 - wiązania, 254
- Wyizoluj punkt osobliwy naprężeń, 103
- Wyklucz z analizy, 216
- wykres
 - Jakobianu, 42
 - konwergencji, 42
 - krawędzi, 98
 - Moment obrotowy napędu, 258, 259
 - momentu zginającego, 71, 78, 80, 283, 288, 294, 298, 302
 - naprężenia, 70, 77, 93, 136, 146–149, 161, 163, 165, 193, 202, 221, 237, 263, 298, 302
 - osiowego, 88, 288, 293
 - zginającego, 288, 293
 - przemieszczenia, 81, 136, 166, 238, 241, 245 263, 283, 291, 294
 - Przycinanie izo, 96
 - siatki, 120, 209
 - siły ścinającej, 283, 284, 289, 295, 298
 - statyczny, 31
 - trwałości, 234
 - uszkodzenia, 233
 - uszkodzenia i trwałości, 237
 - wizualizacji kontaktów, 53, 54
 - Współczynnika kształtu, 42
 - Wyłącz odtwarzanie kluczy widoku, 255
 - wymiary dwuteowników, 318
 - Wynik sondy, 284, 286, 294
 - Wyniki, 30
 - Wyprowadź ze współczynnika sprężystości wzdłużnej materiału, 232
 - Wyświetlaj oś obojętną, 82
 - Wytnij powierzchnię, 140
 - wytrzymałość materiału, 249
 - wzmocnienie konstrukcji, 205, 236

Z

- Z pierścieniem ustalającym, 171
- Zaawansowana symulacja, 232
- Zaawansowane umocowania, 126, 138
- Zaokrąglenie, 106
- Zastąp zbędne wiązania tulejkami, 256
- zastosowanie biblioteki, 267
- Zastosuj
 - edytuj dane zmęczenia, 232
 - sterowanie siatki, 40, 68, 91, 154, 159, 309
 - ulubiony materiał, 32, 201
- Zawias, 79
- zbiornik, 137, 215
 - płaskościenny, 141
- Zdefiniowany przez użytkownika, 29
- Zdefiniuj
 - skorupę przez wybrane ściany, 193, 217
 - wykres
 - naprężenia, 221
 - współczynnika bezpieczeństwa, 95
 - wykresy belki, 70, 282
- Zdeformowane wyniki, 43, 93
- Zestaw kontaktowy, 10, 56, 117, 130, 182, 199, 208, 220
 - Wiązane, 223
- Zezwalaj na penetrację, 23, 25
- złącze śrubowe, 225, 268
- Złożenie, 157, 249–251, 305
 - uproszczone, 307, 314
 - z płytkami, 313, 316
- Zmęczenie, 229, 232
- Zmienne, 275
- Znajdź
 - Niewystarczająco powiązane obiekty, 219, 220
 - zestawy kontaktowe, 117, 209, 222

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion 

Opanuj środowisko **SolidWorks** Simulation 2020!

- **Poznaj możliwości symulacyjne SolidWorksa**
- **Naucz się przeprowadzać analizy strukturalne**
- **Sprawdzaj swoje projekty pod kątem wytrzymałości**

SolidWorks to bardzo popularne rozwiązanie do projektowania inżynierskiego, które wraz z wprowadzeniem dodatku Simulation zostało wzbogacone o narzędzia do analizy strukturalnej wykorzystujące metodę elementów skończonych. Oprogramowanie umożliwia przeprowadzanie testów i symulacji działania zaprojektowanych części i złożeń oraz ułatwia ich optymalizację kosztową i materiałową, dzięki czemu końcowe produkty można wytwarzać taniej i szybciej wprowadzać na rynek, bez pogarszania ich jakości i parametrów.

Jeśli wiesz już, jak wykorzystywać SolidWorksa do projektowania, a chciałbyś zacząć weryfikować swoje konstrukcje pod kątem wytrzymałości za pomocą rozwiązania Simulation, sięgnij po książkę *SolidWorks Simulation 2020. Statyczna analiza wytrzymałościowa*. Dzięki niej od podstaw poznasz proces przygotowywania i przeprowadzania symulacji w tym środowisku, dowiesz się, jak prezentować wyniki swoich analiz, nauczysz się dobierać odpowiednie narzędzia do stojących przed Tobą zadań i odkryjesz, jak skutecznie wykorzystywać możliwości dodatku Simulation w codziennej praktyce projektowej.

- **Interfejs środowiska i oferowane przez nie narzędzia**
- **Uruchamianie i konfigurowanie dodatku Simulation**
- **Przygotowywanie modeli i definiowanie parametrów**
- **Analizy belek, konstrukcji ramowych i kratownic**
- **Obliczenia części jedno- i wieloobektowych**
- **Analizy konstrukcji symetrycznych i złożeń**
- **Obliczenia elementów blaszanych**
- **Analizy zmęczeniowe**
- **Automatyzacja generowania siatek**
- **Praktyczne przykłady analiz wytrzymałościowych**

Wykonuj statyczne analizy wytrzymałościowe jak profesjonalista!

  helion.pl	<i>Sprawdź nasze szkolenia!</i>  SZKOLENIA AKADEMIA IT & BUSINESS HELIONSZKOLENIA.PL	KOD KORZYŚCI <i>Sięgnij po więcej! ▶</i> 
 HELION SA ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl	 ISBN 978-83-283-6847-7 9 788328 368477	
INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU		Cena: 89,00 zł