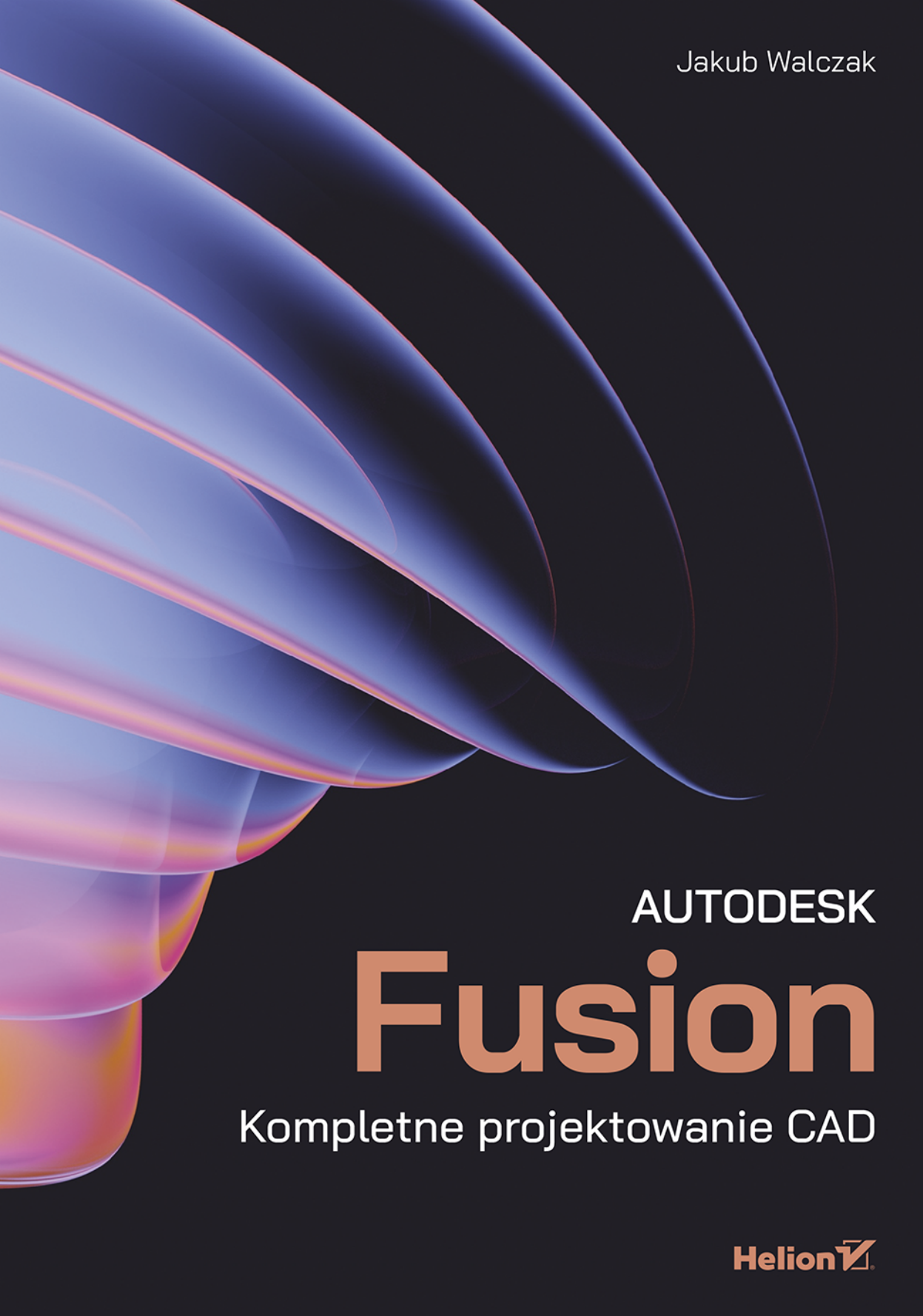


The background of the cover features several overlapping, curved, translucent shapes in shades of blue and purple, creating a sense of depth and movement.

Jakub Walczak

AUTODESK

Fusion

Kompletne projektowanie CAD

Helion 

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 wydawca 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 wydawca 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 AdobeStock.com

Helion S.A.
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: helion.pl (księgarnia internetowa, katalog książek)

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

ISBN: 978-83-289-0726-3

Copyright © Helion S.A. 2025

Printed in Poland.

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

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

Spis treści

O autorze	11
Wstęp	13
ROZDZIAŁ 1. Interfejs programu	17
1.1. Repozytorium	17
1.2. Personalizacja i obszary interfejsu	20
1.3. Ustawienia pliku	23
1.4. Rozszerzenia i preferencje	25
Design	25
Manage	26
Manufacture	26
Signal Integrity	26
Simulation	27
Preferencje	27
1.5. Środowiska projektowe	29
1.6. Pasek narzędzi Podśrodowiska	30
Narzędzia	30
Podśrodowiska	31
1.7. Przeglądarka	32
1.8. Pasek nawigacji	33
1.9. Oś czasu	33
1.10. Biblioteka	34
1.11. Obszar roboczy i Kostka obrotu	35
ROZDZIAŁ 2. Twój pierwszy projekt — półka samowisząca	37
2.1. Twój pierwszy szkic — płyta wiórowa	37
2.2. Wyciągnięcie proste	43
2.3. Drugi szkic	49
Linia konstrukcyjna	56
Linia środka	59
Wiązanie symetryczne	60
2.4. Stelaż	62
Przesuń/Kopiuuj	65
Fazowanie	66

ROZDZIAŁ 3. Szkice 2D	68
3.1. Wstęp	68
3.2. Podstawy szkicowania	68
Ćwiczenie 1.	69
Odbicie	71
Szyk kołowy	74
Szyk prostokątny	76
3.3. Wymiar szkicu	80
Główne zastosowania wymiarowania szkiców	80
W pełni związany szkic	81
Parametry szkicu	82
3.4. Zaawansowane narzędzia 2D	85
3.5. Rzutowanie geometrii	86
Modyfikatory 2D	91
Wiązania szkicu	92
Paleta szkicu	93
Modyfikatory w praktyce	95
Wiązania w praktyce	98
ROZDZIAŁ 4. Modelowanie 3D	103
4.1. Modelowanie 3D w teorii	103
Historia modelowania 3D	103
Wykorzystanie modelowania 3D	103
4.2. Środowiska projektowe	104
Modelowanie parametryczne	104
Modelowanie bezpośrednie	111
Modelowanie powierzchniowe	112
Modelowanie organiczne	113
4.3. Modelowanie 3D w praktyce — projekt długopisu	114
Road Map — czym jest droga projektu?	114
Wstęp do inżynierii odwrotnej — tworzenie kalki	114
Część pierwsza — korpus	119
Część druga — zamknięcie	134
Część trzecia — obsadka z wkładem	144
Część czwarta — skuwka	157
ROZDZIAŁ 5. Zespół/Złożenie	169
5.1. Złożenia w teorii Asocjatywny zespół	169
5.2. Top-Down Modeling	169
5.3. Bottom-Up Modeling	170
Tworzenie części	171
Usuń Skasuj	172
Nieruchomy komponent	172
Zmiana nazwy	173
Wiązania zespołów i połączenia	175
Rurka	179

Obsadka	181
Skuwka	183
Ograniczenia ruchu części w zespole	183
Wersjonowanie pliku przy zapisie	187
Dodatkowe zadanie	189
Biblioteki elementów znormalizowanych (Content Center)	189
Część praktyczna	190
Zestawienie komponentów (BOM)	191
ROZDZIAŁ 6. Konstrukcje blaszane	193
6.1. Wstęp	193
6.2. Kątownik ciesielski	193
6.3. Reguły konstrukcji blaszanej — współczynnik K	195
Otwór	202
ROZDZIAŁ 7. Zaawansowane techniki modelowania 3D	205
7.1. Modelowanie bezpośrednie	205
7.2. Modelowanie powierzchniowe	206
Uchwyt	207
Lustrzane odbicie	209
Wyciągnięcie złożone	210
Zamknięcia	211
Zszyj	212
Ciągłość powierzchni	213
Finał ćwiczenia	215
Pogrubienie	215
7.3. Modelowanie organiczne (formowanie)	215
Nóż do tapet	216
Fałduj	227
ROZDZIAŁ 8. Druk 3D	231
8.1. Wstęp	231
8.2. Parametryczne przygotowanie modelu	233
Podziel	233
8.3. Konwersja modelu	238
ROZDZIAŁ 9. Inżynieria odwrotna	240
9.1. Wstęp	240
9.2. Fotogrametria	240
9.3. Edycja i konwersja siatki	241
9.4. Edycja siatki w praktyce — szkic przekroju siatki	243
9.5. Szkic przekroju siatki	245

ROZDZIAŁ 10. Symulacja i analiza	248
10.1. Wstęp	248
10.2. Analiza modelu	248
10.3. Symulacja MES	250
Badanie 1.	250
Materiały	251
Wiązania	253
Obciążenia	254
Kontakty	255
Badanie 2.	256
10.4. Rezultaty	257
Raport	260
ROZDZIAŁ 11. Generative Design	261
11.1. Czym jest Generative Design?	261
11.2. Początek pracy	262
11.3. Obszar projektowania generatywnego	263
11.4. Warunki projektowe	265
11.5. Kryteria projektowe	266
11.6. Materiały	267
11.7. Generuj	268
11.8. Eksploruj	268
11.9. Rezultat badania	269
ROZDZIAŁ 12. Dokumentacja techniczna	271
12.1. Dokumentacja w teorii	271
12.2. Dokumentacja w praktyce	272
12.3. Automatyczne wymiarowanie rysunku	273
12.4. Manualne wymiarowanie rysunku	275
Lista części	276
Asocjatywny projekt Tworzenie nowego arkusza	278
Ustawienia arkusza	279
Przekrój	281
Szczegół	283
Linia osi	284
Wymiarowanie	284
Tabela rysunkowa	285
Dodatkowe funkcje — eksport dokumentacji	287
ROZDZIAŁ 13. Wytwarzanie CAM	289
13.1. Wytwarzanie w teorii	289
Początek pracy — ustawienia półfabrykatu	290
Tworzenie ścieżek	292
Symulacja	294
G-code Postprocesory	296

ROZDZIAŁ 14. Wizualizacja	299
14.1. Wizualizacja w teorii	299
14.2. Wizualizacja w praktyce	300
Edytor materiałów	301
Mapowanie tekstur	302
Ustawienia sceny	305
HDR	306
Głębokość pola Jasność a ekspozycja	309
Pokrycie bitmapą	309
Elementy sterujące mapą tekstury	310
14.3. Generowanie wizualizacji	311
Lokalna wizualizacja	311
Wizualizacja w chmurze	313
ROZDZIAŁ 15. Animacja	315
15.1. Tworzenie animacji	315
Autorozbicie	318
Zakończenie	320

ROZDZIAŁ 11.

Generative Design

11.1. Czym jest Generative Design?

Generative Design, czyli generatywne projektowanie, jest jednym z najbardziej przełomowych i ekscytujących trendów w dziedzinnie inżynierii mechanicznej i nie tylko. To podejście, które wykorzystuje algorytmy komputerowe do generowania optymalnych rozwiązań projektowych, biorąc pod uwagę określone przez użytkownika ograniczenia i parametry.

W przeciwieństwie do tradycyjnego projektowania, w którym inżynier kieruje się głównie własnym doświadczeniem, wiedzą i intuicją, Generative Design pozwala eksplorować setki, a nawet tysiące możliwych rozwiązań i wybierać te, które najlepiej spełniają określone kryteria. To podejście otwiera drzwi do tworzenia bardziej wydajnych, innowacyjnych i zoptymalizowanych pod kątem funkcji i wytrzymałości komponentów.

Fusion stanowi idealne środowisko do stosowania Generative Design w mechanice. Jego zaawansowane narzędzia do modelowania, analizy i symulacji pozwalają inżynierom na szybkie i efektywne eksplorowanie różnorodnych ścieżek projektowych. Umożliwia to nie tylko projektowanie części i mechanizmów, ale także ich analizę i testowanie w wirtualnym środowisku, co znacząco skraca czas potrzebny na rozwój produktu.

Projektowanie generatywne można wykorzystać w tworzeniu określonych podzespołów, od skomplikowanych komponentów maszynowych poprzez wydajne części o obniżonej masie aż po innowacyjne, skomplikowane rozwiązania strukturalne — możliwości są niemal nieograniczone.

Głównym aspektem, na którym się skupimy w tym rozdziale, jest obsługa interfejsu i funkcjonalność narzędzi Fusion, które mają pomóc Ci w uzyskaniu projektów generatywnych. Wyjaśnię, jak krok po kroku korzystać z konkretnych narzędzi, co sprawi, że będziesz w stanie pracować w tym środowisku efektywnie i indywidualnie. Ważne jest również zrozumienie ograniczeń i wyzwań związanych z Generative Design. Mimo że metodyka ta zapewnia znaczne korzyści, wymaga też świadomego podejścia do określania parametrów projektowych, zdolności produkcyjnych zakładu, jak i umiejętności interpretowania oraz optymalizowania wyników generowanych przez algorytmy.

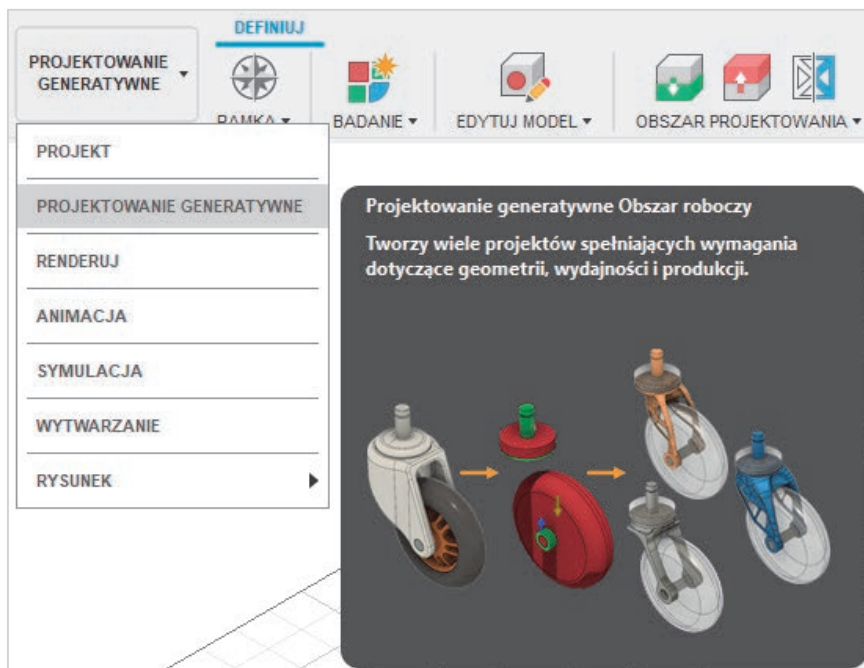
Uwaga

Jako że projektowanie generatywne nie jest dostępne z poziomu bazowej licencji, w tym przypadku nie będziemy wspólnie projektować części do praktycznego ćwiczenia. Jeśli posiadasz wolne Cloud Credit lub masz dostęp do rozszerzenia Generative Design i chciałbyś uzyskać praktyczną wiedzę, zalecam, żebyś przeczytał ten rozdział i następnie, opierając się na nowej wiedzy, wprowadził odpowiednie przebiegi do swojego projektu i wykonał symulację.

11.2. Początek pracy

Kroki, które teraz omówimy, są powtarzalne w zdecydowanej większości przypadków analiz generatywnych. Miej na uwadze, że wartości siły, które wprowadzasz, mają duży wpływ na efekty analizy. Dostosujemy parametry do Twojego projektu w kontekście oczekiwanych rezultatów, czyli poprawionej wytrzymałości, zredukowanej masy lub organicznego designu.

Przejdź do środowiska *Projektowanie generatywne* (rysunek 11.1).

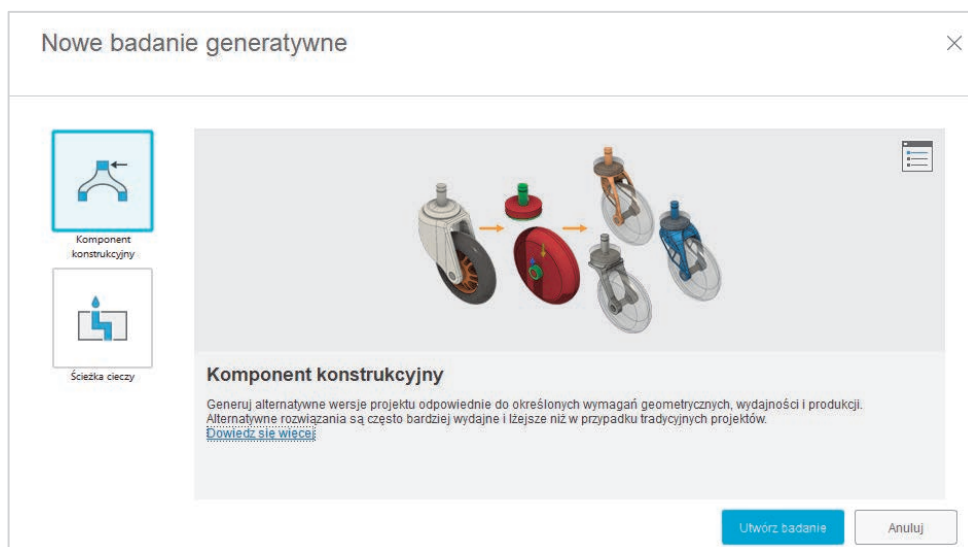


RYSUNEK 11.1

Generative Design to nie tylko alternatywne rozwiązania dla komponentów konstrukcyjnych. Możesz również utworzyć badanie dla ścieżki cieczy, co w Fusion jest względnie nowym rozwiązaniem.

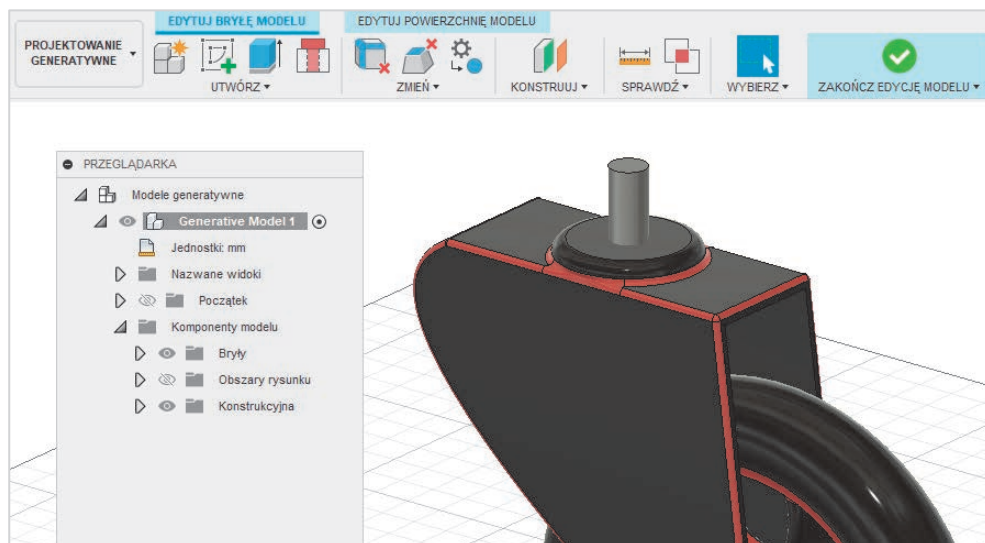
Tak jak w przypadku symulacji, także w projektowaniu generatywnym możesz rozpocząć pracę od uproszczenia geometrii projektu w celu efektywniejszej i szybszej pracy.

Wybierz *Komponent konstrukcyjny* i kliknij przycisk *Utwórz badanie* (rysunek 11.2).



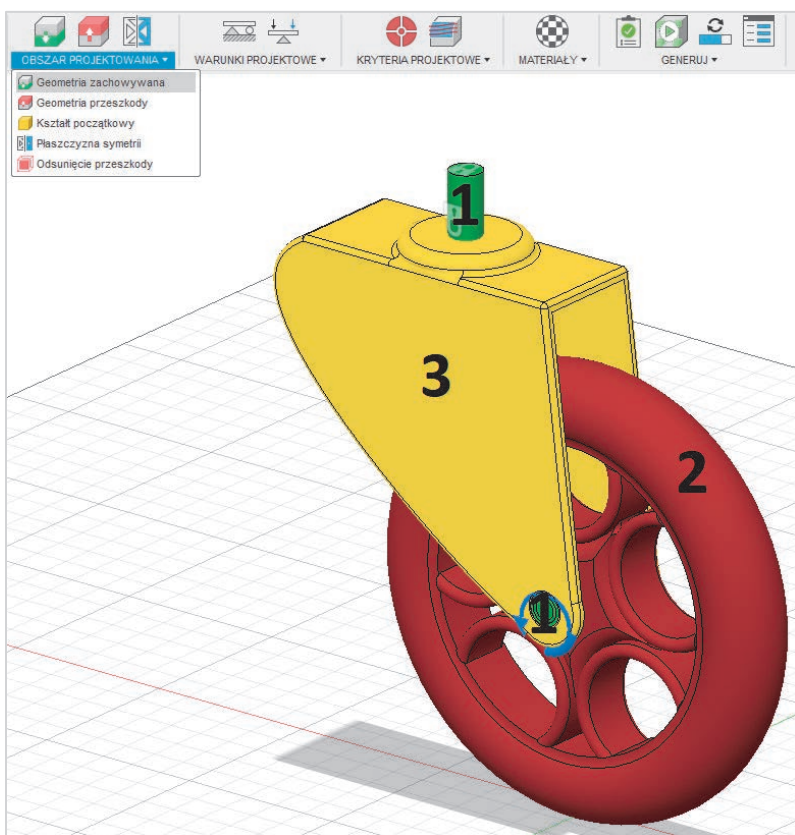
RYSUNEK 11.2

11.3. Obszar projektowania generatywnego



RYSUNEK 11.3

W tym konkretnym przypadku zależy nam na alternatywnej, wzmocnionej i lżejszej konstrukcji głównego korpusu — czyli widelca wózka sklepowego. Zaczniemy od określania podstawowych parametrów, które znajdziesz w zakładce *Obszar projektowania* (rysunek 11.4).



RYSUNEK 11.4

Geometria zachowywana (1)

To części projektu, które muszą pozostać niezmienione podczas procesu projektowania generatywnego. Są to obszary, które spełniają krytyczne funkcje strukturalne lub są niezbędne do zachowania integralności projektu. Na przykład mogą to być otwory o określonej stałej średnicy lub miejsca mocowania, które muszą pasować do innych części maszyny lub urządzenia. W Fusion określasz geometrię zachowywaną, aby algorytm projektowania generatywnego wiedział, które części nie mogą być modyfikowane.

Geometria przeszkody (2)

Są to obszary, w których nie może znaleźć się nowo wygenerowany projekt. Przeszkody określają przebieg granic, wewnątrz których generowany projekt musi się mieścić. Innymi słowy, przeszkody reprezentują puste przestrzenie, które algorytm ma omijać. Przykładem mogą być istniejące komponenty w pobliżu obszaru projektowania, które nie mogą być naruszone, lub przestrzenie, przez które muszą przechodzić inne części. Określenie przeszkód pozwala oprogramowaniu unikać konfliktów z istniejącymi elementami konstrukcji.

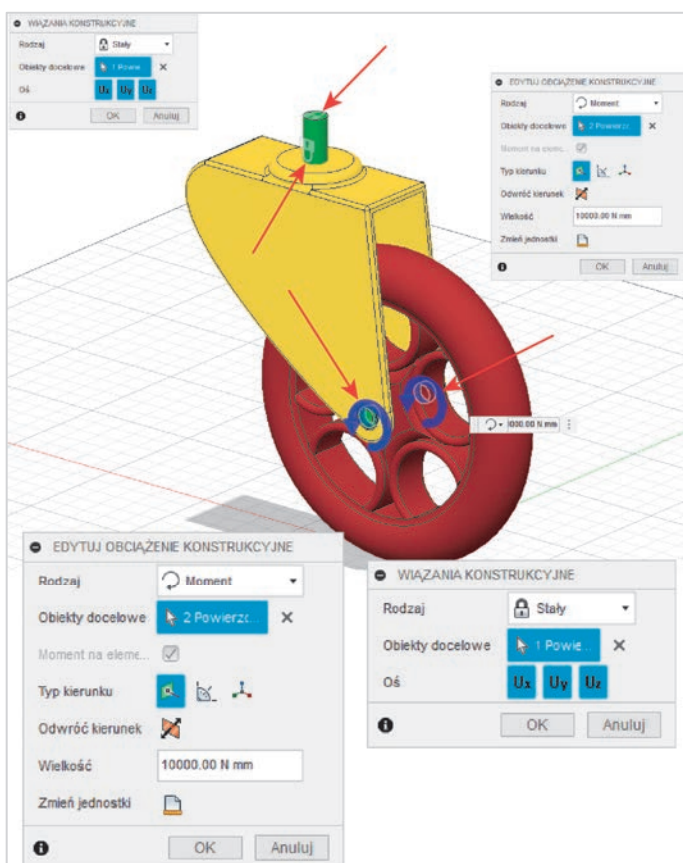
Kształt początkowy (3)

To szkic lub model, od którego rozpoczyna się proces projektowania generatywnego. Jest to swego rodzaju „surowy” model, który zostanie zoptymalizowany w procesie generatywnym. Kształt początkowy służy jako punkt wyjścia dla algorytmów Fusion, które następnie iteracyjnie modyfikują ten kształt, aby spełnić określone wymagania projektowe, takie jak minimalna masa czy maksymalna wytrzymałość.

W procesie projektowania generatywnego w Fusion te trzy elementy są niezbędne do ustalenia ram projektowych, w których algorytmy sztucznej inteligencji mogą określić optymalne rozwiązania projektowe.

11.4. Warunki projektowe

Tak jak w przypadku symulacji, w projektowaniu generatywnym musimy określić wiązania konstrukcyjne oraz obciążenia konstrukcyjne. Znajdziesz je w zakładce *Warunki projektowe* (rysunek 11.5).

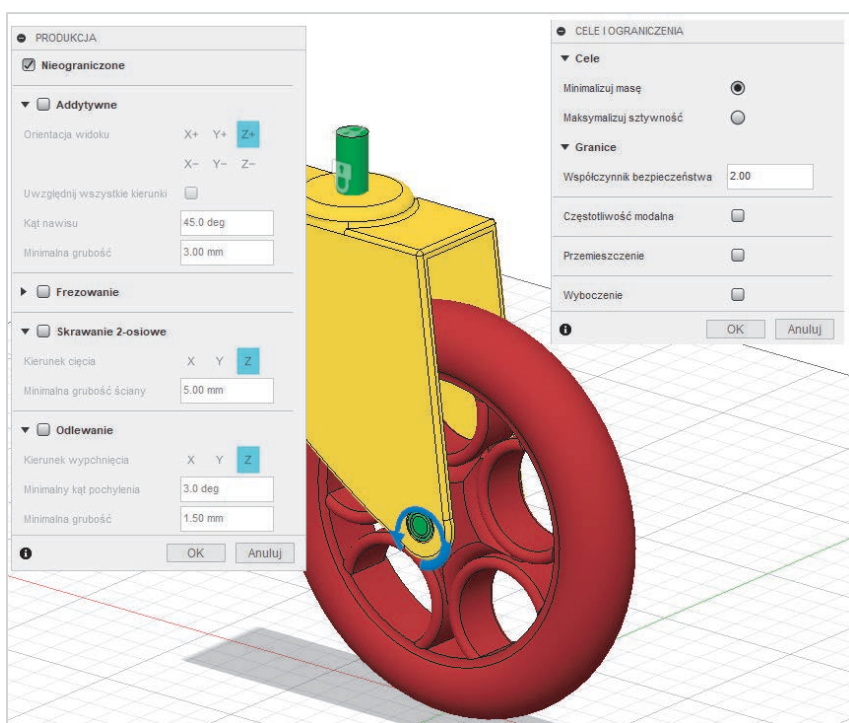


RYSUNEK 11.5

W przypadku tej analizy wiązania konstrukcyjne dotyczą dwóch powierzchni „górnego walca” (ikony dwóch kłódek na grafice reprezentują wybrane powierzchnie), a siła jest określona na moment o wartości 10 000 Nm — niutonometry jako jednostki momentu siły. Wybrane powierzchnie z określoną siłą momentu są oznaczone na rysunku 11.5 obróconymi strzałkami.

11.5. Kryteria projektowe

Po określeniu warunków projektowych musimy ustalić cele projektowe, produkcyjne oraz ograniczenia z zakresu wytwarzania, aby algorytm zwracał adekwatne rezultaty (rysunek 11.6).



RYSUNEK 11.6

Zacznij od celów projektowych. Najważniejszym parametrem do określenia jest nasz główny cel, czyli zwiększenie wytrzymałości lub redukcja masy. Możesz określić swój cel i granice w oknie dialogowym *Cele i ograniczenia*. Oto dostępne opcje:

Minimalizuj masę

Cel polegający na redukcji masy końcowego projektu przy spełnieniu innych kryteriów wydajnościowych. Powszechnie stosuje się ten zabieg w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym i innych, gdy optymalizacja masy jest kluczowa.

Maksymalizuj sztywność

Oznacza zwiększenie odporności projektowanego elementu na odkształcenia pod wpływem obciążeń. To cel dla komponentów, które muszą utrzymać swoje kształty podczas użytkowania, aby zapewnić prawidłowe działanie.

Możesz również określić kilka dodatkowych czynników, takich jak:

Współczynnik bezpieczeństwa

Określa wartość współczynnika bezpieczeństwa, który ma być zachowany po ukończeniu generowania projektu.

Częstotliwość modalna

Dotyczy analizy drgań naturalnych projektowanego elementu. Określanie częstotliwości modalnych może być istotne w unikaniu rezonansu, który mógłby prowadzić do uszkodzeń lub niepożądanych wibracji.

Przemieszczenie

Odnosi się do maksymalnego dopuszczalnego odkształcenia (przemieszczenia) elementu pod wpływem obciążenia. Projektowanie z ograniczeniem na przemieszczenie ma na celu zapewnienie, że element nie odkształci się nadmiernie w użytkowaniu.

Wyboczenie

Parametr ten jest związany z ryzykiem utraty stabilności elementu pod wpływem sił ściskających. Kontrolowanie wyboczenia jest ważne w projektowaniu elementów smukłych, takich jak słupy czy belki, które są podatne na tego typu zjawisko. Określany również za pomocą współczynnika bezpieczeństwa.

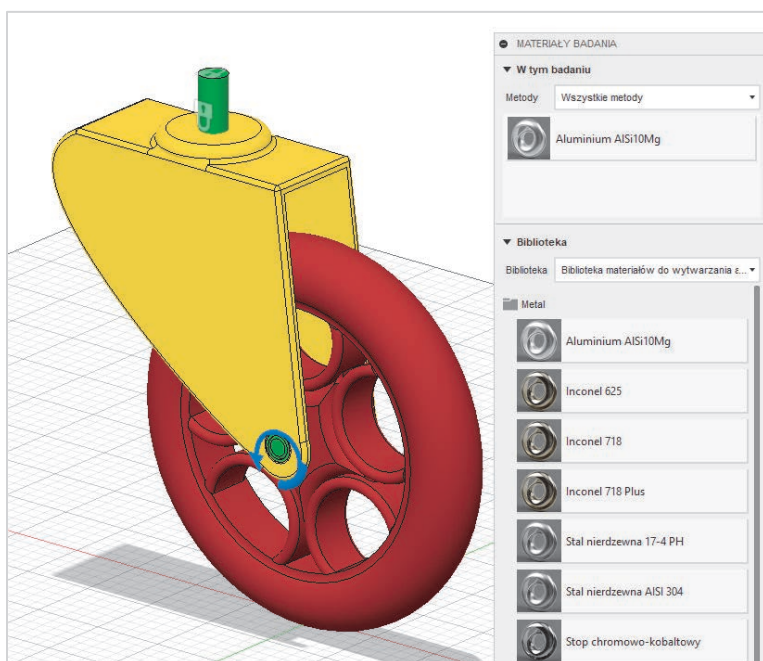
Każdy z tych parametrów pomaga w określeniu ograniczeń i celów dla algorytmu projektowania generatywnego, który w efekcie poszukuje optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych, zrównoważonych pod względem wytrzymałości, masy, kosztu i funkcjonalności.

W oknie dialogowym *Produkcja* określamy metodykę wytworzenia części.

W perspektywie produkcji będą nas interesować tylko te wyniki, które możemy uzyskać za pomocą narzędzi występujących w Twojej firmie lub warsztacie. Jeśli nie posiadasz drukarki 3D, nie skorzystasz z technologii wytwarzania metodami przyrostowymi, więc nie ma potrzeby, aby zaznaczać tę funkcję. Wybierz tylko te przebiegi, względem których będziesz wytwarzał swój projekt.

11.6. Materiały

Zakładka *Materiały badania* pozwala określić materiał badania z uwzględnieniem jego właściwości fizycznych, mechanicznych i termicznych. W tym przypadku wskażesz materiał wyjściowy dla całego badania, co pozwoli określić np. koszt wytworzenia projektu generatywnego (rysunek 11.7).



RYSUNEK 11.7

11.7. Generuj

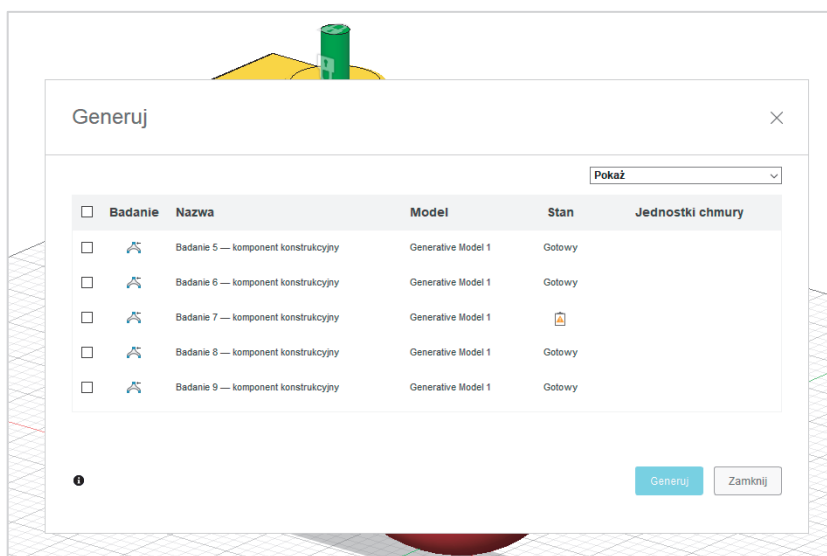
Wprowadziłeś wszystkie parametry niezbędne do wykonania badania. Możesz wykonać wstępną analizę za pomocą narzędzia *Narzędzie podglądu*, aby się upewnić, że wartości, które wprowadziłeś, wygenerują oczekiwane rezultaty. Warto zaznaczyć, że analiza wstępna nie wymaga użycia *Cloud Credits*, czyli punktów, które wykupujemy, by móc skorzystać z dodatkowych funkcji programu, takich jak projektowanie generatywne czy symulacja lub wizualizacja.

Po uruchomieniu narzędzia *Generuj* możesz wybrać badanie lub badania, które chcesz rozwiązać (rysunek 11.8).

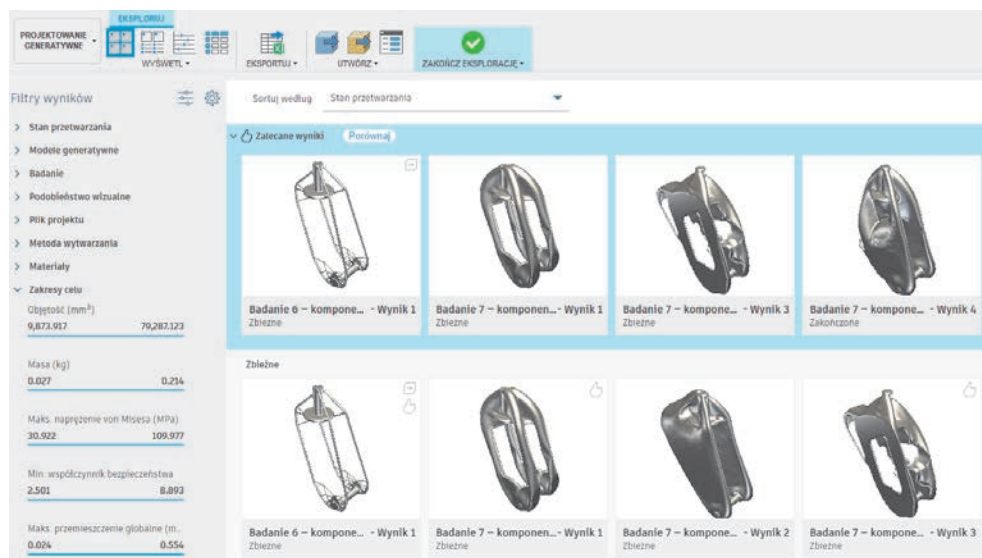
11.8. Eksploruj

Na tym etapie pozostaje już tylko analiza rezultatów. Autodesk Fusion umożliwia eksplorowanie ich na wiele sposobów. Możesz określić adekwatny tryb wyświetlania (tabela, wykres, miniatury), eksportować wyniki do zewnętrznego formatu, np. pliku .csv, jak też eksportować je do edytowalnego formatu modelu 3D (rysunek 11.9).

Może to być bryła parametryczna lub forma organiczna, która umożliwi dalszą zaawansowaną edycję.



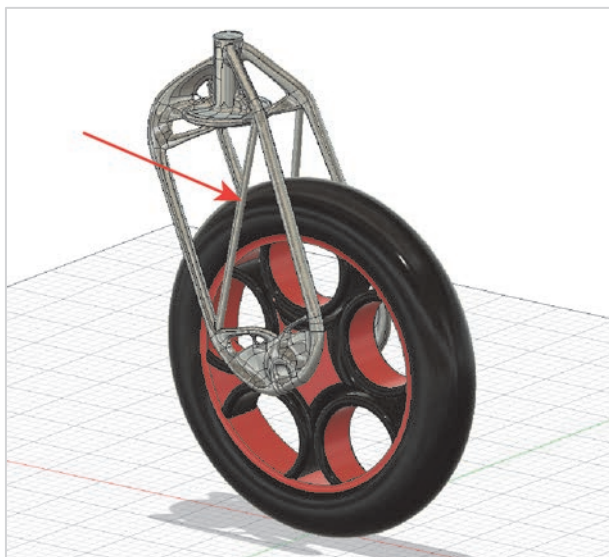
RYSUNEK 11.8



RYSUNEK 11.9

11.9. Rezultat badania

Pamiętaj, że rezultaty badań generatywnych mają być formą inspiracji, niekoniecznie końcowym wynikiem pracy inżyniera, konstruktora czy projektanta. Również w tym przypadku rezultat badania edytowałem ręcznie w środowisku parametrycznym w celu maksymalizacji efektywności procesu (rysunek 11.10).

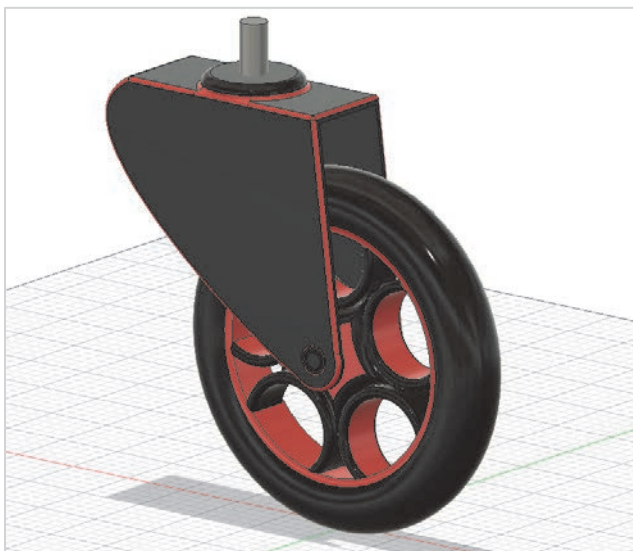
**RYSUNEK 11.10**

Na podstawie wprowadzonych danych, celów projektowych oraz czynników fizycznych Fusion wygenerował alternatywne projekty o zmniejszonej masie i takiej samej lub zwiększonej wytrzymałości.

Podstawowy projekt „widelca” wózka waży 314 g (rysunek 11.11).

Widelec po optymalizacji w Generative Design waży 104 g (rysunek 11.10).

Waga została zmniejszona trzykrotnie przy zachowaniu tej samej wytrzymałości na obciążenia.

**RYSUNEK 11.11**

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

Poznaj potężne narzędzie wspierające procesy twórcze

Fusion to oprogramowanie firmy Autodesk, umożliwiające modelowanie 3D, CAD, CAM, CAE i PCB. Jego zastosowanie znacznie upraszcza i przyspiesza projektowanie, a także wytwarzanie nowych produktów. Dostępny w chmurze Autodesk Fusion oferuje rozmaite środowiska, takie jak Simulation, służące do obliczeń, analiz i symulacji, Render, przeznaczone do wizualizacji i renderingów, czy Animation, dzięki któremu można tworzyć filmy demonstrujące kolejność montażu elementów składowych urządzeń.

Ten podręcznik omawia najważniejsze środowiska programu Autodesk Fusion. Został skonstruowany w taki sposób, by zawarta w nim wiedza była dostępna dla każdego, także dla kogoś, kto pierwszy raz styka się z projektowaniem CAD. Książka przyda się z pewnością osobom zainteresowanym tematyką projektowania 3D, druku 3D, wytwarzaniem nowych produktów, projektowaniem mechanicznym, wzornictwem przemysłowym, jak również tworzeniem mebli i innych elementów wyposażenia wnętrz.

Sięgnij po podręcznik Autodesk Fusion. Kompletnie projektowanie CAD i zacznij:

- Szkicować w 2D
- Modelować w 3D
- Analizować produkty z zastosowaniem reguł inżynierii odwrotnej
- Przygotowywać projekty do druku 3D
- Opracowywać profesjonalną dokumentację techniczną

Jakub Walczak

Autoryzowany i certyfikowany instruktor firmy Autodesk o statusie Gold, a także uznany specjalista w zakresie CAD, CAM, CAE. Ma wieloletnie doświadczenie jako designer i projektant mebli. Prowadzi własną działalność projektowo-szkoleniową, specjalizuje się w projektowaniu mechanicznym i koncepcyjnym. Jest autorem licznych kursów online, dostępnych między innymi na platformach YouTube, strefakursów czy Bimv. W 2022 roku otrzymał nagrodę Twórca Doceniony przez Klientów na portalu strefakursów.pl. Przeprowadził pierwsze w Polsce oficjalne szkolenie z oprogramowania Autodesk Fusion. W swojej karierze wdrażał innowacyjne produkty w takich branżach jak meblarstwo, motoryzacja, technologia Hi-Fi audio, medycyna i rolnictwo. Jako wykładowca współpracował z czołowymi uczelniami technicznymi, w tym Politechniką Wrocławską, Politechniką Łódzką, Politechniką Białostocką i SGGW. W ramach współpracy z marką GO.CE Design uczestniczył w tworzeniu futurystycznych mebli, które były eksponowane w luksusowych apartamentach Złota 44 w Warszawie.

Helion



helion.pl



HELION S.A.
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
helion@helion.pl

KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej! ▶



ISBN 978-83-289-0726-3



Cena: 79,00 zł