



Przewodnik po druku 3D z metalu

Wydajna produkcja z wykorzystaniem
druku 3D metalu w technologii ColdMetalFusion



Wprowadzenie

Przedstawiamy ColdMetalFusion (CMF), technologię druku 3D opartą na spiekaniu proszków, która umożliwia tworzenie metalowych elementów przy użyciu modeli 3D. Dzięki niej możesz produkować ponad 100 000 części rocznie bez ograniczeń i kompromisów w ich jakości.

Charakterystyczną cechą technologii CMF jest jej harmonijna integracja z procesem formowania wtryskowego metali, co zapewnia niezrównaną wygodę obsługi oraz umożliwia dostęp do szerokiej gamy materiałów metalowych.

Drukarki 3D QLS Nexa3D oferują przyspieszoną, ekonomiczną produkcję na szeroką skalę, otwierając nowe możliwości w dziedzinie szybkiego prototypowania i produkcji.

Druk 3D z ColdMetalFusion

Druk 3D zmienił sposób wytwarzania metalowych części.
Dziś technologia ColdMetalFusion zmienia zasady gry w świecie druku 3D.

Najczęściej stosowaną technologią druku 3D metalowych elementów jest Metal Powder Bed Fusion (M-PBF), znany również jako Direct Metal Laser Melting. Wysokie koszty i niska wydajność oraz ograniczona dostępność materiałów utrudniają jednak szerokie zastosowanie M-PBF na rynku i nie pozwalają na masowe wykorzystanie druku 3D w tej technologii.

CMF to innowacyjna forma druku 3D metali, oparta na spiekaniu proszków, która daje zupełnie nowe możliwości. Zapomnij o wysokich kosztach i niskiej wydajności produkcji oraz o ograniczonej ilości materiałów. ColdMetalFusion jest rozwiązaniem, które rewolucjonizuje rynek, umożliwiając druk 3D wysokiej jakości metalowych części na dużą skalę.

Poznaj je bliżej.

- **Najważniejsze informacje o ColdMetalFusion:**
- To druk 3D metalowych części w technologii spiekania laserowego polimerów.
- Proces druku 3D nie wymaga płyty konstrukcyjnej ani struktur podporowych (w porównaniu z procesem spiekania proszków metali).
- Wysoka produktywność, niski koszt druku i możliwość tworzenia do 100 000 części rocznie.
- Kompatybilność z procesami usuwania spoiwa i spiekania.
- Możliwość pełnego wykorzystania nieprzetworzonego materiału.
- Wysoka wytrzymałość części pozwala na zautomatyzowany post-processing.
- Charakterystyka części (gęstość, granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie) spełniają lub przewyższają normy ASTM i ISO oraz są zgodne z procesami MIM.
- Wysoka dostępność surowców z zakresu metalurgii proszków.
- Niska temperatura przetwarzania ("Cold Metal") oszczędza czas i energię.
- Obróbka termiczna po procesie druku (np. sieciowanie) nie jest konieczna.

Ekonomiczna produkcja seryjna złożonych metalowych części nie może obejść się bez druku 3D w technologii CMF.

Proces ColdMetalFusion

Proces opiera się na druku 3D SLS, który łączy w sobie najlepsze cechy technologii spiekania oraz usuwania spoiwa, stosowany w metalurgii od lat.

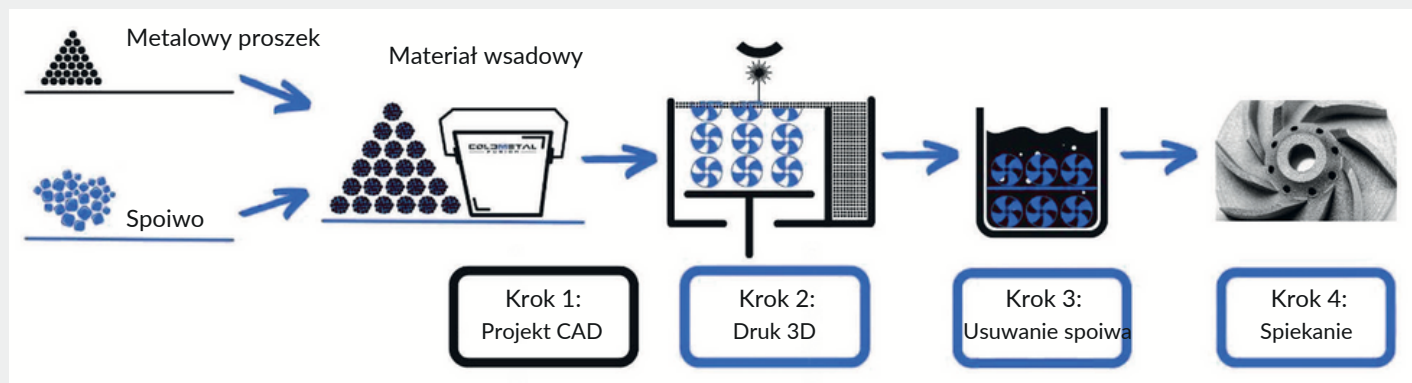
Najważniejszym jej elementem jest unikalny surowiec stworzony przez Headmade Materials. To metaliczny proszek, którego każda cząstka jest otoczona polimerową powłoką wiążącą. Materiał jest przeznaczony do stosowania w urządzeniach SLS do druku z materiałów sztucznych, w tym w drukarkach Nexa3D QLS. Cząsteczki metalu są połączone ze spoiwem, co umożliwia stosowanie zarówno standardowych proszków metalicznych, jak i proszków o szerokim zakresie rozkładu wielkości oraz kształtu cząsteczek. Zastosowanie spoiwa dodatkowo wspomaga przepływ materiału wsadowego w QLS.

Krok 1

Plik CAD jest skalowany z uwzględnieniem przewidywanego skurczu. Skalowanie zależy od użytego materiału, ale jest porównywalne z procesem MIM - na przykład 15% dla stali nierdzewnej 316L lub 14% dla tytanu Ti6Al4V - i prowadzi do jednolitego współczynnika skurczu w porównaniu z innymi metodami druku 3D z użyciem spoiwa. Niższy współczynnik skurczu znacznie zwiększa możliwości projektowe druku 3D.

Krok 2

Część jest formowana warstwa po warstwie poprzez topienie materiału wsadowego. Proces odbywa się w temperaturze poniżej 70°C (zwykle 50°C), co znacznie minimalizuje czas nagrzewania i chłodzenia. Okno procesowe pozwala na pracę w wielu środowiskach, bez potrzeby zewnętrznego chłodzenia. Zastosowanie niskiej temperatury minimalizuje również naprężenia w drukarce, powodując tym samym mniejszą eksploatację maszyny.



Wykres 1: Proces ColdMetalFusion

Proces rozdzielania części od niespieczonego proszku odbywa się po ostygnięciu konstrukcji. Części CMF jeszcze przed spiekaniem w piecu charakteryzują się wysoką wytrzymałością, dlatego proces ten można przeprowadzać za pomocą sprężonego powietrza lub strumienia wody w częściowo zautomatyzowany sposób. Niespieczony proszek w całości nadaje się do powtórnego wykorzystania, co zmniejsza ilość odpadów i poprawia zrównoważony rozwój organizacji.

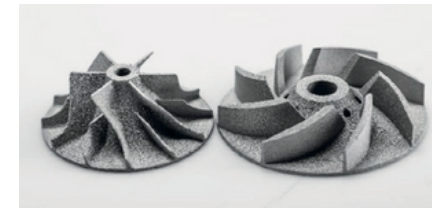
Wydrukowane, ale niespieczone w piecu części można poddawać obróbce, ponieważ już na tym etapie charakteryzują się wysoką wytrzymałością. Obróbką może być szlifowanie, wywiercanie otworów lub frezowanie. Ten etap jest szczególnie przydatny w przypadku metali lub stopów, których nie można łatwo obrabiać po spieczeniu, na przykład tytanu.



Depowdering za pomocą strumienia wody

Krok 3

Oczyszczone z niespieczonego proszku części są poddawane procesowi usuwania spoiwa przy użyciu rozpuszczalnika. Część spoiwa oddziela się od elementów w temperaturze około 30-40°C. Jest to ekonomiczny i ekologiczny proces stosowany od wielu lat w metalurgii. Rozpuszczalniki mogą być destylowane po każdym użyciu i wykorzystywane wielokrotnie dzięki czemu tworzy się zamknięty obieg produkcyjny i unika dodatkowego obciążenia środowiska.



Lewy wirnik: Projekt Fraunhofer IFAM, Brema

Krok 4

Części są finalnie spiekane w piecu. Podczas tego etapu komora jest powoli podgrzewana do temperatury, w której zachodzi proces dyfuzji atomowej, a cząsteczki metalu łączą się ze sobą, tworząc gęstą sieć. Pozostała część spoiwa polimerowego wypala się bez pozostawiania jakichkolwiek śladów.

Używanie proszków metalicznych wymaga zachowania rygorystycznych środków bezpieczeństwa, które mają na celu zapobieganie negatywnym wpływom materiału na

zdrowie, lub powstanie awaryjnych sytuacji, takich jak pożar. Technologia ColdMetalFusion rozwiązuje ten problem, ponieważ proszek wsadowy jest połączeniem materiału metalicznego ze spoiwem. Rozdrobnienie proszku metalicznego wiąże się ze znacznie prostszymi standardami bezpieczeństwa i obsługi materiału.



Test obciążeniowy dla niespieczonej części wykonanej ze stopu metali ciężkich.

Charakterystyka części metalowych

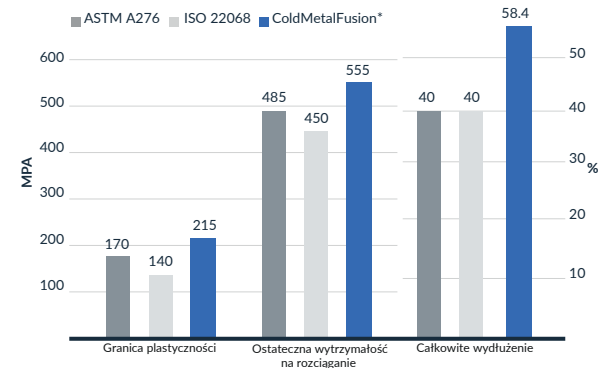
Ponieważ ColdMetalFusion wykorzystuje przepływ pracy podobny do innych procesów metalurgii proszków, uzyskane właściwości części są porównywalne z normami branżowymi ASTM i ISO dla formowania wtryskowego metali (MIM).

Podczas druku 3D tylko spoiwo ulega stopieniu, co jest istotne, ponieważ nie zmienia to właściwości materiałowych metalowej części, jak ma to miejsce w przypadku anizotropowych struktur ziarnistych, tworzonych w procesach PBF. Struktura ziarna próbki testowej ColdMetalFusion wykonanej ze stali nierdzewnej 316L, jak pokazano na rysunku 4, ujawnia drobnoziarnistą, izotropową strukturę ziarna, widoczną w każdym innym procesie metalurgii proszków.

Gęstość uzyskana w procesie ColdMetalFusion zależy od materiału, procesu druku i spiekania, ale zwykle wynosi > 97% dla stali nierdzewnej 316L, w porównaniu do elementów wytwarzanych metodą tradycyjną, czyli np. odlewaniem. Dzięki optymalizacji procesów możliwe jest powtarzalne uzyskiwanie gęstości do 99%.

Dokładność wymiarowa i jakość powierzchni są jednymi z najczęściej omawianych aspektów części drukowanych w 3D i nadal istnieją pewne ograniczenia w porównaniu z ich odpowiednikami produkowanymi za pomocą frezowania lub formowania wtryskowego. Tworzenie części w technologii ColdMetalFusion pozwala na uzyskanie dokładności wymiarowej $\pm 100 \mu\text{m}$, z optymalizacją konstrukcji i parametrów procesu. Dla jeszcze większej dokładności, część można poddać obróbce końcowej przed i po procesie spiekania. Jakość powierzchni jest porównywalna z innymi częściami drukowanymi 3D, takimi jak Powder Bed Fusion (PBF) lub Binder Jetting (BJT). Dla uzyskania najlepszej jakości powierzchni, konieczne jest przetworzenie niespieczonej części, np. przez obróbkę, czy polerowanie.

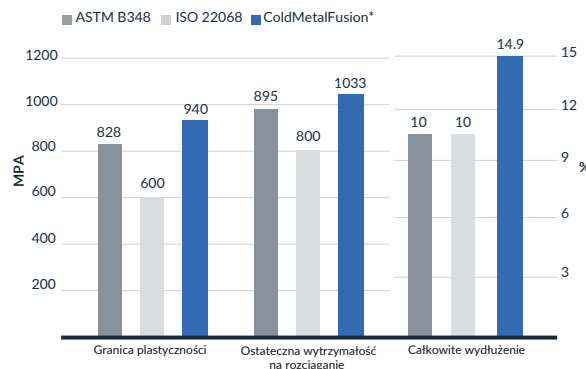
Właściwości mechaniczne stali nierdzewnej 316L



Rysunek 2: Porównanie z wartościami normatywnymi charakterystyki części ze stali nierdzewnej 316L dla granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia całkowitego

*Wydrukowano na drukarce EOS Forminga P110 - na wydajność materiału mają wpływ różne czynniki (konstrukcja i geometria części itp.).

Właściwości mechaniczne tytanu Ti6Al4V



Rysunek 3: Porównanie z wartościami normatywnymi charakterystyki części z tytanu Ti6Al4V dla granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia całkowitego

Źródło: Element22, 2021

*Wydrukowano na drukarce EOS Forminga P110 - na wydajność materiału mają wpływ różne czynniki (konstrukcja i geometria części itp.).

Właściwości części metalowych, wytwarzanych w technologii ColdMetalFusion, odpowiadają właściwościom stopu bazowego. Oznacza to, że obróbka cieplna lub sieciowanie, często stosowane w innych technologiach druku 3D w celu zmniejszenia naprężeń wewnętrznych części lub osiągnięcia określonej twardości, nie są konieczne. Twardość elementu jest określana przez stop bazowy i proces spiekania, ale nie przez proces druku 3D. Obecnie możliwe jest uzyskanie twardości do 60 HRC (np. w przypadku stopów kobaltowo-chromowych) bez stosowania dodatkowych etapów obróbki.

Części w specyficznych aplikacjach (np. w przemyśle lotniczym) są często poddawane obróbce końcowej za pomocą prasowania izostatycznego na gorąco (HIP). Proces ma na celu poprawę gęstości i struktury ziarna części metalowej i może być stosowany w produkcji części w technologii ColdMetalFusion. Aby uniknąć dodatkowych etapów obróbki końcowej zalecamy optymalizację projektu i parametrów druku.

Metale i stopy

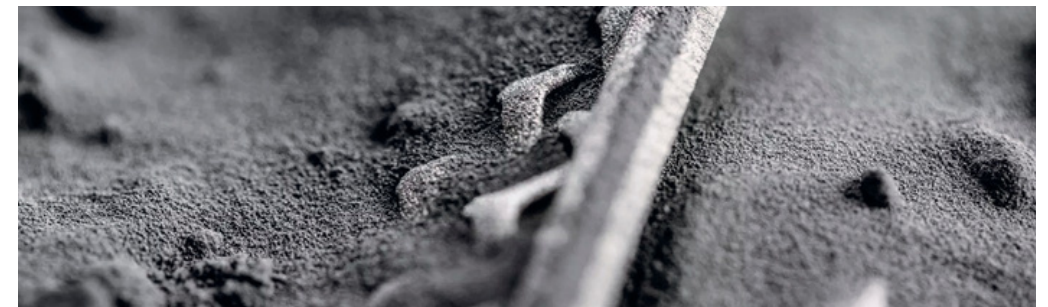
Surowiec jest kluczowym elementem ColdMetalFusion, co łączy istniejące rozwiązania z zakresu druku 3D i metalurgii. W tej technologii dostępne jest pełne spektrum materiałów: nie tylko stopy stali, ale też metale twarde, metale ciężkie i superstopy. Cząsteczki metalowego proszku są pokryte powłoką z polimerów, dlatego nie muszą być idealnie kuliste, a materiał wsadowy nie musi być sypki. Cząstki inne niż kuliste, w tym gruboziarniste proszki, lub drobne proszki o wielkości ziarna od 10 do 60 μm , mogą być stosowane jako podstawowe frakcje. Materiały wsadowe są opracowywane tak, aby można je było przetwarzać w istniejącym już ekosystemie przemysłowych maszyn i ustalonych procesów produkcyjnych.

Dostępne materiały

- Stal nierdzewna 316L
- Stal nierdzewna 17-4PH
- Stal narzędziowa M2
- Tytan Ti6A4V

Materiały w fazie rozwoju

- 316LKobalt chrom
- Aluminium 6061
- Inconel 625

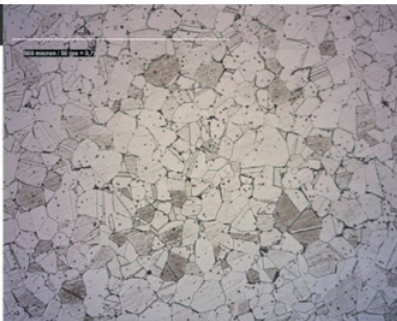


Materiał wsadowy

GĘSTOŚĆ

Metodą Archimedesesa
98%

Gęstość optyczna
99%



Rysunek 4: Mikrograf i struktura ziarna stali nierdzewnej 316L

Wybór właściwego zastosowania

Do tej pory druk 3D ograniczał się głównie do produkcji złożonych prototypów i bardzo małych serii. Technologia ColdMetalFusion została zaprojektowana tak, by osiągać korzyści w produkcji małoseryjnej i umożliwić ekonomiczną produkcję do 100 000 części rocznie.

Aplikacje CMF można podzielić na trzy kategorie.

1. Ekonomiczna produkcja seryjna do 100 000 części rocznie.

Procesy, takie jak MIM często nie pozwalają na ekonomiczną produkcję części metalowych ze względu na wysokie koszty narzędzi.

2. Druk 3D złożonych części, dla których procesy PM nie są odpowiednie ze względu na ograniczenia narzędzi i brak swobody projektowania.

3. Części ze specjalnych stopów, które mogą być drukowane w małych partiach w sposób ekonomiczny i przy łatwej obróbce końcowej. Dotyczy to zwłaszcza aplikacji, w których standardowa obróbka materiału jest problemem (np. w przypadku frezowania tytanu). Obróbka części przed spiekaniem może zaoszczędzić czas i znacznie obniżyć koszty produkcji.

Technologia ColdMetalFusion otwiera nowe horyzonty w projektowaniu, umożliwiając tworzenie części o skomplikowanych kształtach i innowacyjnych funkcjach, co z kolei podnosi wartość produktów dla końcowych odbiorców. Jednakże, konieczne jest uwzględnienie pewnych ograniczeń projektowych, charakterystycznych dla tego procesu.

Kluczowe jest zapewnienie odpowiedniej grubości ścianek elementów: od minimum 1,0 mm do maksimum 10,0 mm, by zagwarantować ich wytrzymałość i efektywność usuwania spoiwa. Ważne jest również unikanie zbyt dużych nawisów, które mogą wpływać na wytrzymałość struktury podczas spiekania. W przypadku konieczności zastosowania nawisów, można je zminimalizować, stosując struktury podporowe w procesie druku.

Copyright 2022 Headmade Materials GmbH, Niemcy. Informacje zawarte w niniejszym dokumencie mogą ulec zmianie bez powiadomienia. Jedyne gwarancje na produkty i usługi Headmade Materials są określone w wyraźnych oświadczeniach gwarancyjnych towarzyszących takim produktom i usługom. Nic w niniejszym dokumencie nie powinno być interpretowane jako dodatkowa gwarancja. Headmade Materials nie ponosi odpowiedzialności za techniczne lub redakcyjne błędy lub pominięcia zawarte w niniejszym dokumencie.

Fabryczna konfiguracja do druku 3D z metalu



nexa3D®

Drukarka 3D klasy SLS



LÖMI

Debinder model EDA-AM



RAPIDIA

Piec model Conflux 1

Proces druku 3D z metalu



Druk i Postprocessing
(Dzienna produkcja)



Debind
chemiczny (Cykl
8-godzinny)



Cykl spiekania
(Cykl 24-godzinny)



Wyprodukowane
części



3D
PHOENIX

nexa3D®

nexa3d.com