ISSN 1899-699X
cena 17,50 zł (w tym 8% VAT)

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

9/10 (168/169) wrzesień/październik 2021

- Gospodarka narzędziowa w zakładach produkcyjnych
- AirFish – ekranoplan z Singapuru
- Analizy wytrzymałościowe pojazdów dwudrogowych

METAL 3D PRINTING

Druk 3D i MIM jako technologie komplementarne

Selektywne stapianie proszków metalicznych

ELEMENTY HYDRAULIKI OBRABIARKOWEJ

CREAFORM

HandySCAN3D™
SILVER Series

SPRAWDZONY
PROFESJONALNY SKANER 3D
W ATRAKCYJNEJ CENIE

OD 17 500 EURO

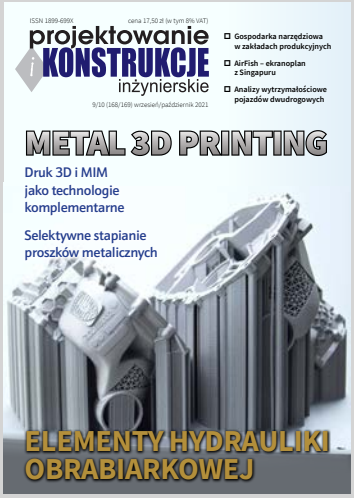
Szczegóły promocji dostępne na stronie www.ita-polska.com.pl

CREAFORM
STRATEGIC PARTNER
AUTHORIZED DISTRIBUTOR
2020

ITA spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp. k.
ul. Poznańska 104, Skórzewo, 60-185 Poznań
Tel.: +48 61 222 58 00
e-mail: info@ita-polska.com.pl

www.ita-polska.com.pl

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie



Nr 9/10 (168/169)
wrzesień/październik 2021

rok XV
ISSN: 1899-699X
www.konstrukcjeinzynierskie.pl

Adres do korespondencji:
ul. Marszałkowska 111
00-102 Warszawa

redakcja
tel. +48 22 12 28 690
redakcja@konstrukcjeinzynierskie.pl

redaktor naczelny
Przemysław Zbierski
tel. +48 606 416 252
pz@konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata
tel. +48 532 493 072
prenumerata@iter.com.pl
szczegóły dotyczące prenumeraty czasopisma – na ostatniej stronie

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

reklama
tel. +48 22 12 28 690
tel. +48 606 416 252
reklama@konstrukcjeinzynierskie.pl

fotografia na okładce: SLM Solutions

ITER © 2021

Drodzy Czytelnicy,

Pozory mylą, może nie zawsze, ale często, jak mówi stare przysłowie. Zdaje się, że wszystkim jest ono znane. Jak to więc jest, że dzisiejszy człowiek jest tak kompletnie bezbronny i bezrefleksyjny wobec powszechnej gry pozorów, w każdej właściwie dziedzinie. Z zacięciem powtarza zasłyszane w telewizji komunikaty, choć przy odrobinie zastanowienia zdałby sobie sprawę z ich niedorzeczności.

Mówiło się zawsze, że przysłowia są mądrością narodów. Otóż teraz z pewnością już nie są. No bo kto dziś uważa, że cierpliwością i pracą ludzie się bogacą? Albo że najlepsze mienie – czyste sumienie? Albo jeszcze, że cudza własność to rzecz święta (niechaj każdy to pamięta)? Cierpliwość, czyste sumienie, rzecz święta – toż to słowa niemodne, niemal zakazane dziś, a z pewnością bardzo źle odbierane przez człowieka nowoczesnego.

Inne znowuż przysłowie mówi: kto pyta, nie błądzi. A dziś ludzie boją się pytać. Boją się sprawdzać, czy ta narracja o otaczającej nas rzeczywistości, która wylewa się z głośników, ekranów i szpalt gazet jest prawdziwa. Wolą ulegać pozorom, a może też w myśl innego powiedzonka – w kupie raźniej – nie chcą mieć odmiennego zdania od panującej, stadnej, jedynie słusznej opinii. A że większość daje wiarę tym pozorom prawdziwości, to nie dziwne. Wszak cóż głupiemu po rozumie, kiedy użyć go nie umie? Gdyby jednak znali przysłowia, pamiętaliby, że lepiej z mądrym płakać, niż z głupim się śmiać. I jeszcze: kto z kim przestaje, takim się staje. Więc to nie żarty i nie błahostka tak wystawiać na próbę zdrowy rozsądek i niebezpiecznie ryzykować, biorąc te wszystkie pozory za prawdę i stając się wyznawcą takiej „prawdy". A więc póki jeszcze nie jest za późno należy wyłączyć telewizory (i radioodbiorniki), a włączyć myślenie. Żeby już więcej, za Janem Kochanowskim nie można było powtarzać, iż nową przypowieść Polak sobie kupi, że i przed szkodą i po szkodzie głupi.

Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 9/10 (168/169)
WRZESIEŃ/PAŹDZIERNIK 2021

Elektryczny samolot Hondy 8
Autonomiczy robot w 4D 8
IAA Mobility w Monachium 9
Platforma do sportowych samochodów elektrycznych 10
Nowe nadzieje na fuzję jądrową 12
Ogniwa z elektrodą krzemową 14
Kompozyty węglowe dla zastosowań kosmicznych 14
Nowa technologia wytwarzania nadprzewodników 15
Nowa technologia nitowania 16
Chłodzenie bez prądu 17

Gospodarka narzędziowa w zakładach produkcyjnych 18
Aleksander Łukomski

Druk 3D z metali i *metal injection molding* (MIM)
jako technologie komplementarne 26
Jacek Zbierski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Drukarki przestrzenne SLM Solutions:
selektywne stapianie proszków metalicznych 28
Mariusz Ambroziak

ITA – usługi pomiarowe na wysokim poziomie 32
Mateusz Matuszak

AirFish – ekranoplan z Singapuru 38
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Analizy wytrzymałościowe pojazdów dwudrogowych
w oparciu o wytyczne normy EN-280 i EN-13001 40
Piotr Harnatkiewicz, Leszek Musik — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Katalizatory dla hipersonicznych statków powietrznych
drukowane w 3D z metalu 42

Sprężyny faliste do wstępnego obciążania łożysk: co, jak i dlaczego? 43

Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej, cz. 1 46
Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Jedyny wyścigowy Junak 48
Z Robertem Kopcem rozmawia Ryszard Romanowski

Chomąto i elektrowstrząsy 52
Tomasz Gerard — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

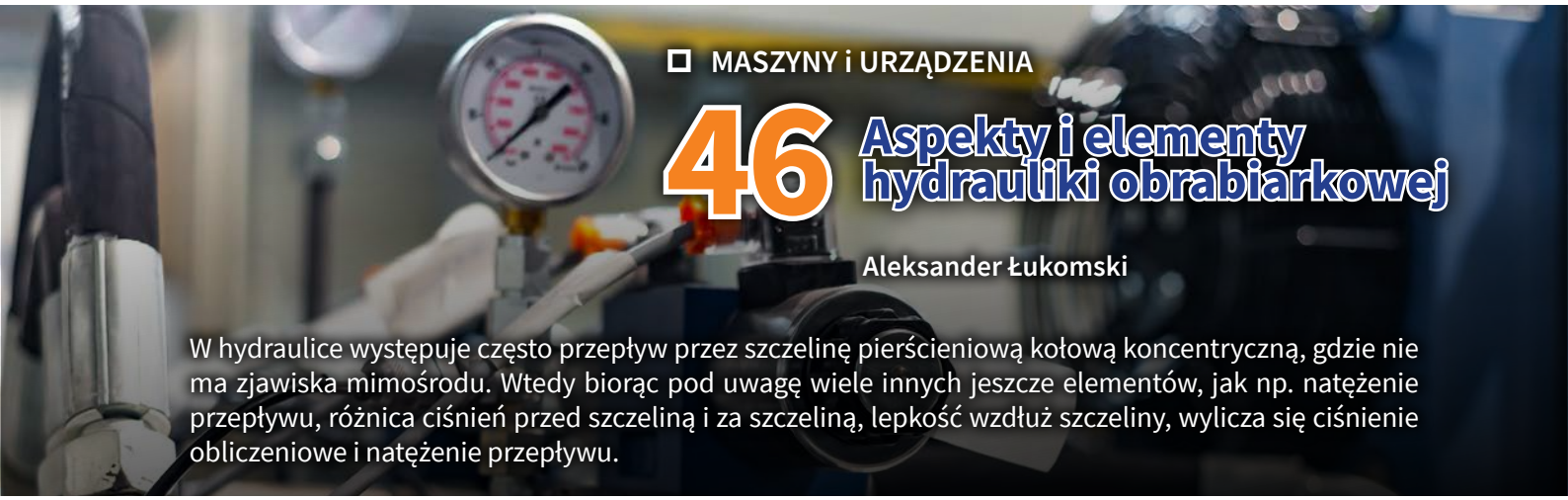
INTRODUCING THE
NXG XII 600

*Największa i najszybsza drukarka do metalu firmy SLM Solutions – **NXG XII 600***

- zaprojektowana do produkcji seryjnej pojedynczych, wielkogabarytowych detali
- dwanaście laserów 1000 W, dwanaście systemów optycznych 3D, współdziałanie wiązek lasera
- dwukierunkowy zgarniacz
- komora robocza o wymiarach 600 x 600 x 600 mm
- zoptymalizowany, laminarny przepływ gazu ochronnego
- system wstępnego podgrzewania komory
- system transportu komory do drukarki oraz z drukarki do stacji rozładowczej
- automatyczny rozładunek detalu i zawrócenie proszku do stacji przesiewania
- transport i przesiewanie proszku w obiegu zamkniętym, bez kontaktu użytkownika z proszkiem
- 20x szybsza niż drukarka SLM z jednym laserem
- 5x szybsza niż drukarka SLM z czterema laserami

AUTORYZOWANY PRZEDSTAWICIEL SLM SOLUTIONS w POLSCE

WADIM PLAST



MASZYNY i URZĄDZENIA

46 Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej

Aleksander Łukomski

W hydraulice występuje często przepływ przez szczelinę pierścieniową kołową koncentryczną, gdzie nie ma zjawiska mimośrodu. Wtedy biorąc pod uwagę wiele innych jeszcze elementów, jak np. natężenie przepływu, różnica ciśnień przed szczeliną i za szczeliną, lepkość wzdłuż szczeliny, wylicza się ciśnienie obliczeniowe i natężenie przepływu.

TECHNOLOGIE

26 Druk 3D z metali i *metal injection molding* (MIM) jako technologie komplementarne

Jacek Zbierski

Ze względu na wymogi technologiczne, filament do druku 3D z metalu stanowi połączenie sproszkowanego metalu (do 90% w stosunku masowym) z komponentem wiążącym na bazie tworzyw sztucznych i dodatków.

ROZWIĄZANIA

18 Gospodarka narzędziowa w zakładach produkcyjnych

Aleksander Łukomski

Wielkości zapotrzebowania na narzędzia i inne pomoce warsztatowe określa się na podstawie planu produkcji zakładu, planu uruchomienia nowych wyrobów oraz wykazu stosowanych pomocy warsztatowych.

KONSTRUKCJE

18 AirFish – ekranoplan z Singapuru

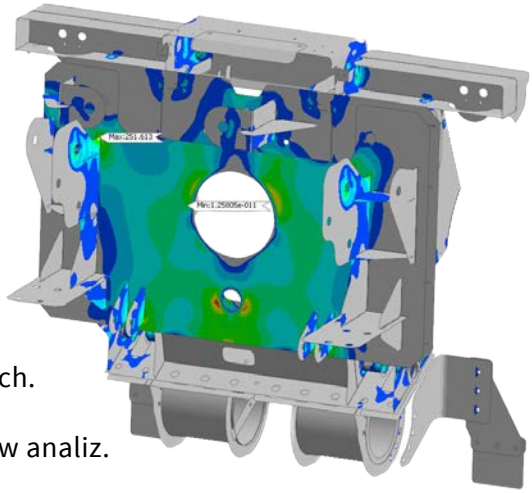
Ryszard Romanowski

Nowa konstrukcja ma latać na wysokości około 5 m nad powierzchnią wody. Współczesne, elektroniczne systemy nawigacji umożliwiają automatyczne utrzymanie takiego pułapu, nawet przy wzburzonym morzu.

ANALIZY i SYMULACJE

40 Analizy wytrzymałościowe pojazdów dwudrogowych w oparciu o wytyczne normy EN-280 i EN-13001

Piotr Harnatkiewicz, Leszek Musik



Koniecznym jest, w pewnym zakresie, przewidywanie zachowania się konstrukcji pod wpływem konkretnego oddziaływania, już na etapie zadawania warunków brzegowych. Jest to ściśle związane z doświadczeniem osoby prowadzącej obliczenia i ma istotne znaczenie w rzetelności oceny wyników analiz.

WIELTON

POSZUKIWANI INŻYNIEROWIE

wiele dróg, wspólny kierunek

W Wieltonie tworzymy i dostarczamy najlepsze rozwiązania transportowe dla biznesu, a nasze produkty uczestniczą w transporcie w wielu zakątkach Europy i świata. Chcesz być częścią naszego zespołu inżynierów i wspólnie z nami tworzyć i wdrażać innowacyjne rozwiązania w konstruowaniu przyczep, naczep i zabudów?

ZAINTERESOWANY/A ?

- posiadasz wykształcenie wyższe techniczne lub właśnie je zdobywasz,
- posiadasz wiedzę z zakresu konstrukcji i eksploatacji pojazdów, wytrzymałości materiałów, metalo- i materiałoznawstwa
- posługujesz się programami do projektowania 3D i rysunkiem technicznym
- jesteś ambitny, lubisz wyzwania i chcesz się rozwijać...

DOŁĄCZ DO NASZEGO ZESPOŁU!

Wyślij CV lub pytania na adres: **praca@wielton.com.pl**
Wszystkie oferty pracy sprawdzisz na: **www.wspolnykierunek.pl**

Elektryczny samolot Hondy

Ostatniego dnia września przedstawiciele działu badawczo-rozwojowego Hondy ogłosili początek realizacji nowych zamierzeń, które mają osiągnąć swój finał do 2030 roku. Być może jest to częściową odpowiedzią na wycofanie się koncernu z produkcji silników F-1. Po prostu cały potencjał skierowano w inną stronę. Zapowiedziano budowę elektrycznego statku powietrznego eVTOL (*electric vertical take-off and landing*).

Nad elektrycznymi statkami powietrznymi pionowego startu i lądowania pracuje już kilka firm. Zbudowane prototypy mają jednak kilka zasadniczych wad, których Honda obiecuje uniknąć. Przede wszystkim zapewnione ma być bezpieczeństwo porównywalne do rejsowych samolotów pasażerskich. Zapowiadana jest stosukowo prosta i cicha konstrukcja. Dzięki niewielkim i starannie opracowanym wirnikom start i lądowanie nawet z centrów miast nie przysporzą hałasu. Największym problemem testowanych dotąd podobnych statków powietrznych jest zasięg, ograniczony pojemnością akumulatorów. Tymczasem inżynierowie Hondy postanowili wykorzystać napęd hybrydowy złożony z silników elektrycznych i generatora prądu na bazie turbiny gazowej. Urządzenie to jest już skonstruowane i obecnie trwa jego rozwój. Według komunikatu Hondy pozostałe, konieczne do zbudowania zapowiadanych maszyn technologie, są już przez koncern opanowane.

Na marginesie warto przypomnieć, że ponad dekadę temu z niedowierzaniem przyjmowano budowę przez Hondę funkcyjnego samolotu odrzutowego. Obecnie jest on jednym z najbardziej pożądanych w swojej klasie.

honda.com

Autonomiczy robot w 4D

Prof. Wei Feng z grupą naukowców uniwersytetu Tianjin zbudował robota, który zachowuje się jak owad. Samodzielnie pokonuje przeszkody o pochyłości do 20 stopni. Gdy przeszkoda jest zbyt duża, omija ją i szuka innej drogi. Robot może transportować ładunki czterdzieści razy cięższe od niego.

Robot powstał z płaskiego arkusza ciekłokrystalicznego elastomeru wydrukowanego w 3D. Po podgrzaniu arkusz zwinął się w rurkę przypominającą sprężynę. Czas uwzględniony w tym samoistnym procesie uznano za czwarty wymiar druku.

Kontakt robota z powierzchnią powoduje jego ruch obrotowy w jednym kierunku. Długość robota wpływa na prędkość jego przemieszczania się.

Wei Feng nie kryje, że zachowanie robota zaskoczyło jego twórców. Szczególnie spontaniczność procesu bez ingerencji człowieka. Przypominająca sprężynkę rurka zaczęła zachowywać się jak owad. Tego typu robot może znaleźć wiele zastosowań praktycznych. Jego praca może być szczególnie cenna w zamkniętych przestrzeniach, do których człowiek ma trudny dostęp. Niewielki robot może działać np. w zakamarkach rur bez konieczności poważnego demontażu całej instalacji.

tju.edu.cn

IAA Mobility w Monachium

Po bardzo długiej przerwie odbył się salon samochodowy IAA. Ekspozycję z Frankfurtu nad Menem przeniesiono do Monachium. Ogromne tereny zastąpiono jeszcze większymi. Tym razem jednak w halach targowych nie dominowały samochody. Były rowery i małe pojazdy elektryczne, odbywały się prelekcje na temat sposobów przemieszczania się w przyszłości. Targi odwiedziło 400 tys. osób z 95 krajów świata. Wśród 744 wystawców można było odwiedzić ekspozycje Renault, Dacia, Hyundaia, Forda, BMW, Mini, Mercedesa, Audi, VW, Porsche, Cupra, WEY i Ora. Wymienić jeszcze warto dużą ekspozycję klasyków w hali Motorworld.

Renault R5

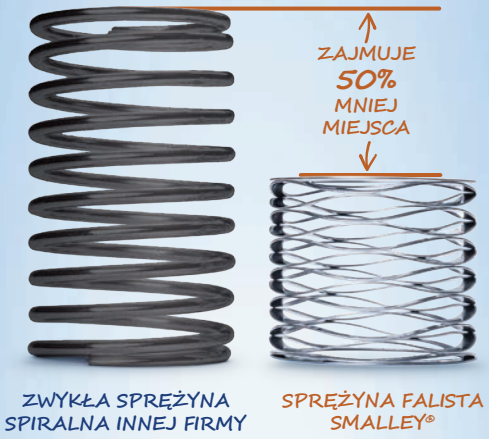
Chyba jedyną prawdziwą premierą była Dacia Jogger. Pozostałe nowości były znane z wcześniejszych, kameralnych prezentacji. Audi zaprezentowało efektowny koncept zaprojektowany przez biuro w USA. Renault po raz kolejny zaprezentował koncepcyjną, elektryczną wersję słynnego R5. Tym razem była to wersja przedprodukcyjna, bo auto już w przyszłym roku ma trafić do produkcji i już zdążyło zebrać wiele nagród i wyróżnień za design. Być może koncepcyjne amerykańskie Audi również doczeka się wersji produkcyjnej.

Dużą część targów zdominowała ogromna liczba firm zajmujących się rozwiązaniami informatycznymi i elektroniką. Niektóre z nich sprawiały wrażenie, że pracują nad rozwiązaniami tymczasowymi, które niebawem przejdą do lamusa techniki. Ktoś zadał pytanie: ile z tych firm przetrwa do następnych targów?

Miejmy nadzieję, że zapowiadane na marzec 2022 r. targi w Genewie będą bardziej tradycyjne.

Dacia Jogger

REKLAMA



ALL SPRINGS ARE NOT EQUAL® (NIE WSZYSTKIE SPRĘŻYNY SĄ TAKIE SAME)

O 50% mniejsza wysokość sprężyn w porównaniu ze zwykłymi sprężynami spiralnymi przy zachowaniu takiej samej siły i ugięcia. Dostępne części standardowe ze stali nierdzewnej i stali węglowej. Potrzebujesz niestandardowego rozwiązania? Żaden problem. Dostarczymy odpowiednią sprężynę wykonaną z materiału dobranego do określonych zastosowań.

SMALLEY®
THE ENGINEER'S CHOICE®
(POLECANY PRZEZ INŻYNIERÓW)

BEZPŁATNE PRÓBKI:
zadzwoń pod numer +33 130 131 575 lub odwiedź witrynę expert.smalley.com/PKI/sprężyny

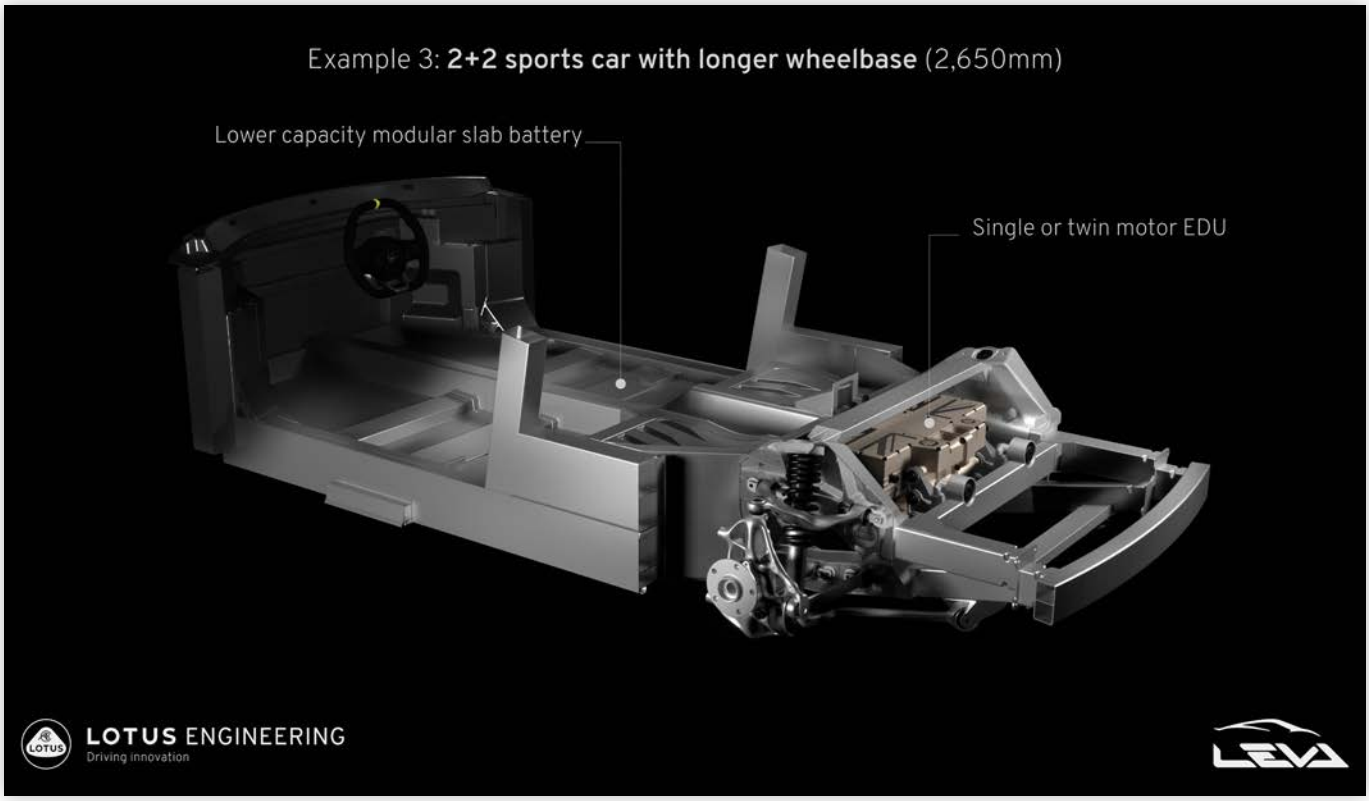
Platforma do sportowych samochodów elektrycznych

Przygotowywane do produkcji seryjnej samochody elektryczne wymagają nowych, zupełnie innych platform niż w przypadku aut spalinowych. Szczególne trudności sprawiają projekty przeznaczone dla niewielkich samochodów sportowych. O ile dotąd szczególną rolę w odpowiednim wyważeniu samochodu odgrywał silnik i układ napędowy, to w przypadku pojazdu elektrycznego rolę tę przejęły zespoły akumulatorów. Podczas projektowania zapewnić należy nie tylko odpowiednie rozłożenie mas lecz również zabezpieczenie wysokonapięciowego układu w razie wypadku, jak również możliwość ewentualnej wymiany na sprawniejszy układ nowej generacji, nawet taki, który jeszcze nigdzie nie trafił do produkcji. Adoptowanie platform z aut spalinowych lub amatorskie konstrukcje oparte na ramach są tutaj zupełnie nie na miejscu.

Jednym z pierwszych producentów samochodów sportowych, który zapowiedział pełne przejście na napęd elektryczny już w kolejnej generacji modeli jest Lotus. Podczas wystawy 22 września zaprezentowano uniwersalną platformę Lightweight Electric Vehicle Architecture (LEVA). Jest ona o 37 procent lżejsza od tej zastosowanej w najnowszym modelu Lotus Emira. Łączenia wykonano spawami punktowymi stosując utwardzanie na zimno. Przewidziano zastosowanie ogniw cylindrycznych.

Platforma LEVA stosowana będzie do przyszłych modeli aut dwuosobowych o rozstawach osi od min. 2470 mm do ponad 2650 mm, z ośmioma lub dwunastoma modułami ogniw, od 66,4 do 99,6 kW/h. Projektowane napędy mają generować od 350 do 650 kW. Platforma służyć będzie również do budowy samochodów o nadwoziach 2+2 i rozstawie osi powyżej 2650 mm.

media.lotuscars.com

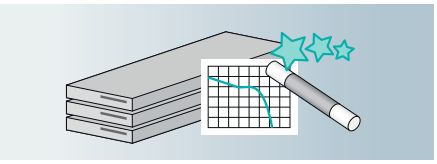


ODPOWIEDNI MATERIAŁ DO KAŻDEGO PROJEKTU

POMOC W WYBORZE MATERIAŁU

Specjalny program – asystent, pomoże Państwu **dokonać właściwego wyboru z szerokiego asortymentu materiałów**, który oferuje firma Meusburger.

- » Wykaz wszystkich rodzajów materiałów z **opisem ich właściwości**
- » Wybór **pożądanych cech materiałowych** przy użyciu różnych filtrów
- » **Dostępność kart katalogowych** do pobrania

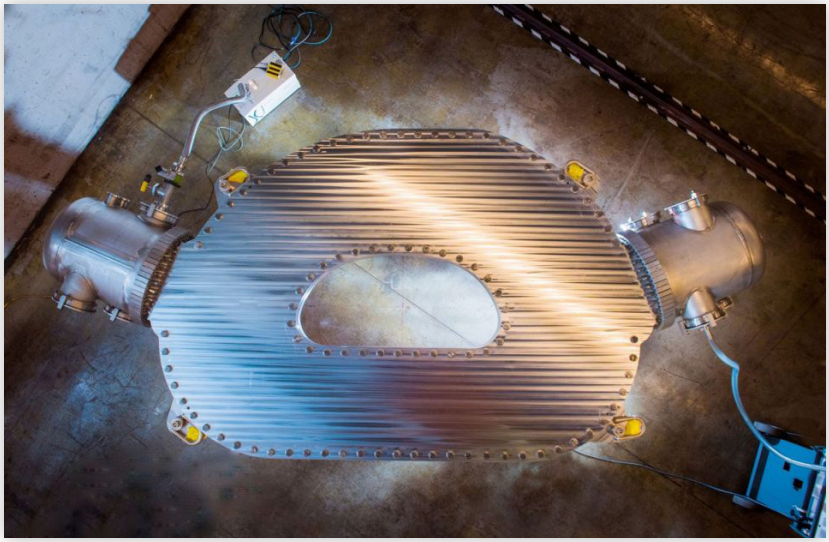


Przekonajcie się Państwo osobiście:
material.meusburger.com

meusburger
SETTING STANDARDS

Zamówcie Państwo już teraz w
sklepie internetowym!
www.meusburger.com

Nowe nadzieje na fuzję jądrową



Dotąd w przeprowadzanych reakcjach termojądrowych nie udało się uzyskać większej ilości energii od tej, poświęconej na wywołanie reakcji. Naukowcy z Massachusetts Institute of Technology wykorzystując reaktor typu tokamak wyeliminowali dotąd stosowany, niezwykle energochłonny i niebezpieczny, chociażby ze względu na konieczność użycia dużej ilości materiałów radioaktywnych, sposób utrzymania wysokich pól magnetycznych. Przy okazji pobili rekord świata, wywołując pole magnetyczne o największym jak dotąd natężeniu 20 Tesli. Pierwszy test odbył się 5 września 2021, a później wielokrotnie osiągano tę wartość. Obecnie magnes jest montowany w reaktorze i być może jeszcze w tym roku zostanie przeprowadzona pierwsza reakcja.

Nadprzewodnikowy, wysokotemperaturowy magnes powstał we współpracy z Commonwealth Fusion System. Nakładany jest on w postaci taśmy, której zużyto 267 km. W rezultacie uzyskano bardzo silne pole magnetyczne w niewielkiej objętości. Naukowcy uważają, że natężenie pola magnetycznego o wartości 20 Tesli jest kluczem do przeprowadzenie reakcji, która pozwoli otrzymać znacznie więcej energii niż dostarczono w celu jej uruchomienia. Mimo to wciąż optymalizowane są systemy zasilania, w tym przewody. Dąży się do ograniczania różnego rodzaju strat. Opracowywane rozwiązania mają na celu nie tylko obniżenie energochłonności lecz również redukcję temperatury optymalnej pracy magnesu.

news.mit.edu

ELEKTRYCZNE **URZĄDZENIE TRANSPORTUJĄCE**

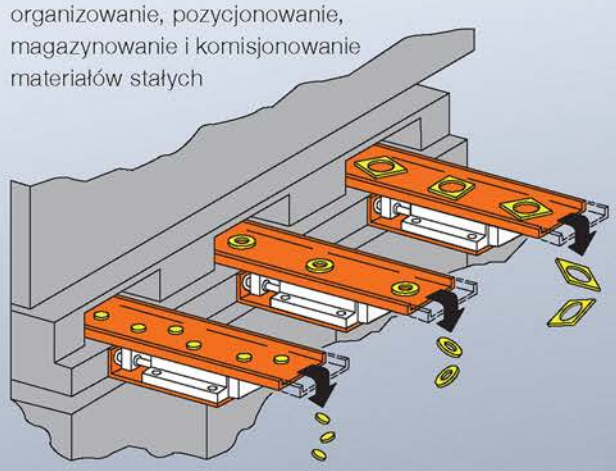
Elektrycznie napędzane i opatentowane urządzenie transportujące to optymalny produkt do transportu części, utylizacji odpadów i sortowania stałych materiałów, jak np. elementy wykrawane i odpady produkcyjne.

Dzięki niskiemu zużyciu energii, płynnej regulacji prędkości, niskiej emisji hałasu i braku przewodu ciśnieniowego nasze nowe elektryczne urządzenie transportujące zwiększa nie tylko Państwa efektywność, ale także poprawia warunki pracy.

Wersja standardowa elektrycznego urządzenia transportującego (BLACK LINE) w szczególności nadaje się do przemysłu samochodowego i obróbki metali. Wersja rozszerzona (CLEAN LINE) została skonstruowana specjalnie w celu wykorzystania zalet elektrycznego urządzenia transportującego w obszarach wrażliwych na higienę, jak np. w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym.

OBSZARY UŻYCIA

- Odprowadzanie elementów wykrawania i odpadów
- Doprowadzanie, rozdzielanie, sortowanie, organizowanie, pozycjonowanie, magazynowanie i komisjonowanie materiałów stałych



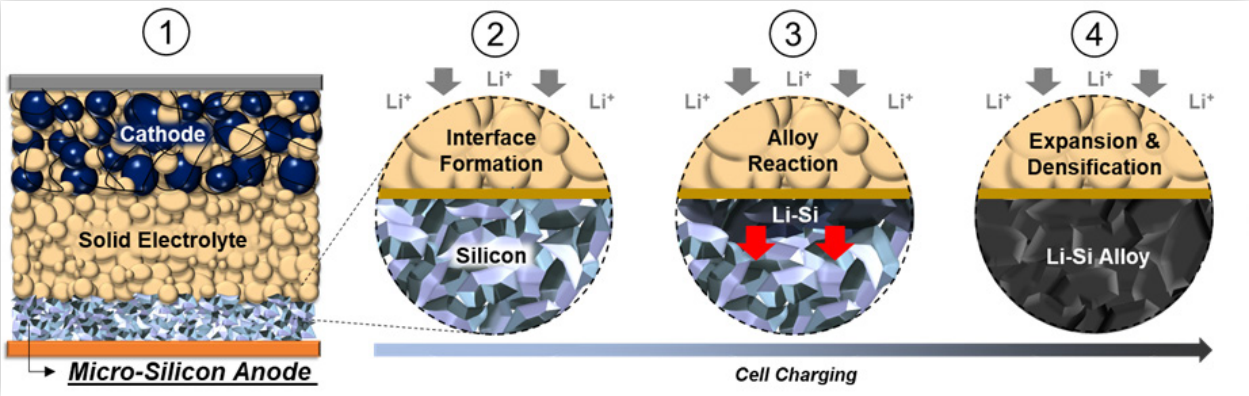
Ogniwa z elektrodą krzemową

Sprawniejsze, tańsze i lżejsze ogniwa są bardzo istotne nie tylko w elektromobilności. W wielu placówkach naukowych na całym świecie trwają intensywne prace nad nowymi rozwiązaniami lub udoskonalaniem już istniejących. Kalifornijski uniwersytet San Diego wraz z LG Energy Solution po raz kolejny rozpoczął analizowanie anod krzemowych, których gęstość energii jest dziesięciokrotnie większa niż stosowanych powszechnie grafitowych. Jak dotąd anody krzemowe nie znalazły praktycznego zastosowania, ponieważ ciekłe elektrolity doprowadzały do ich szybkiej degradacji, m.in. poprzez nieprzewidywalne rozszerzanie się czy kurczenie. Uznano je za bardzo nietrwałe i zaprzestano dalszych badań.

Naukowcy z San Diego powrócili do badań krzemu koncentrując się na wyeliminowaniu niestabilności elektrolitu. Doprowadziło to do zastąpienia ciekłego elektrolitu stałym. Przeanalizowano również budowę elektrody pomijając wielokrotnie i bezskutecznie badaną anodę z kompozytu grafitowo-krzemowego. Wyeliminowano spoiwa i zastosowano tzw. mikrokrzem. Zaobserwowano przy tym, że całkowite usunięcie węgla znacznie ograniczyło tzw. kontakt międzyfazowy. W rezultacie powstało bardzo tanie ogniwo o energii znacznie wyższej niż ogniwa powszechnie stosowane.

Przedstawiciele LG Energy Solution oczekują, że będzie ono w stanie magazynować w stabilny sposób znacznie większą ilość energii niż wymagana w samochodach elektrycznych i być może znajdzie zastosowanie również w energetyce.

ucsd.edu



Kompozyty węglowe dla zastosowań kosmicznych

Naukowcy z Oak Ridge National Laboratory opracowali nowy proces technologiczny, pozwalający na uzyskanie kompozytów węglowych odpornych na działanie ekstremalnie wysokich temperatur. Otrzymany kompozyt zostanie przetestowany we współpracy z NASA tej jesieni.

Opracowany materiał składa się z włókien węglowych w matrycy, którą zamiast z konwencjonalnych żywic wykonano z grafenu. Jest to więc kompozyt węgiel-węgiel. Wytworzone przy użyciu nowej technologii niewielkie stateczniki i stożkową owiewkę wyposażono w zintegrowane czujniki temperatury, których zadaniem będzie monitorowanie parametrów termicznych podczas lotu rakiety.

Jak tłumaczy James Klett z ORNL, elementy zbudowane z nowego kompozytu pomogą w gromadzeniu danych w ekstremalnych warunkach, bardzo trudnych do uzyskania w laboratorium badawczym. Opracowana technologia przyczyniła się do znacznej redukcji czasu potrzebnego na budowę aparatury badawczej rakiety.

ornl.gov

Nowa technologia wytwarzania nadprzewodników

Borek magnezu (MgB_2) ma potencjał stać się tanim i ogólnie dostępnym materiałem nadprzewodzącym na potrzeby wielu różnych zastosowań. Jednak porowata struktura tego materiału ogranicza możliwości jego wykorzystania. Zespół naukowców z japońskiego Shibaura Institute of Technology opracował nową technologię otrzymywania gęstych, masywnych struktur MgB_2 za pomocą spiekania iskrowo-plazmowego (SPS).

Od momentu kiedy w 1911 roku odkryto zjawisko nadprzewodnictwa, naukowcy poszukują dogodnych materiałów do budowy systemów nadprzewodnikowych. Spośród całej gamy materiałów nadprzewodzących borek magnezu wyróżnia się lekkością, łatwością i niewielkim kosztem produkcji, jak też najwyższą temperaturą działania (39 K) wśród konwencjonalnych nadprzewodników. Jednak spiekany w temperaturze pokojowej jest wysoce porowaty, co ogranicza jego wydajność w zastosowaniach elektromagnetycznych.

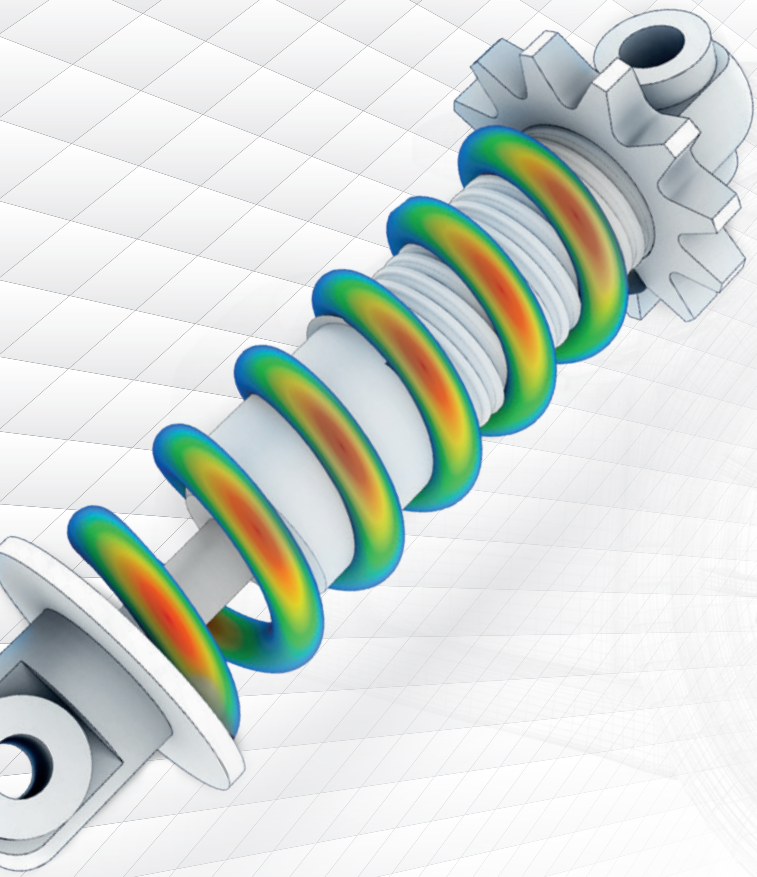
W wyniku procesu spiekania iskrowo-plazmowego japońscy badacze uzyskali masywne próbki borku magnezu o gęstości upakowania rzędu 99,8%, cechujące się ośmiokrotnie większą wytrzymałością na zginanie od porównywalnych próbek wytworzonych w procesie prasowania izostatycznego na gorąco (HIP). Elektromagnesy nadprzewodnikowe na bazie spiekanego w technologii SPS borku magnezu mogą znaleźć zastosowanie w napędach elektrycznych nowej generacji lub w instalacjach elektrycznych do zastosowań kosmicznych.

shibaura-it.ac.jp

▪ REKLAMA

Wydarzenie online | 19.11.2021

Symkom CONFERENCE 2021



Bliskie spotkania z symulacją, dokładne analizy, realne rozwiązania

- nowości w oprogramowaniu
- studia przypadków
- szeroki przekrój omawianych analiz
- modelowanie procesów z wykorzystaniem wodoru
- obliczenia dużej mocy

Sprawdź szczegóły na:
symkom.pl/conference2021
lub skorzystaj z kodu QR

www.symkom.pl

Symkom Ansys

Nowa technologia nitowania

Opracowany przez inżynierów z Pacific Northwest National Laboratory proces nitowania może przyczynić się do obniżenia masy nitowanych podzespołów i przyspieszenia procesów montażowych w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym.

Nowa technika nosi nazwę RHR (*Rotating Hammer Riveting*) i opiera się na założeniach znanych z technologii zgrzewania tarciowego z przemieszaniem. Została opracowana specjalnie z myślą o nitach wykonanych z magnezu, które są o 30% lżejsze od aluminiowych nitów o porównywalnych właściwościach. Magnez jest jednak bardzo kruchy w temperaturze pokojowej, dlatego konwencjonalne nity wykonane z magnezu muszą być rozgrzewane przed aplikacją, co przekłada się na wzrost kosztów i wydłużenie czasu całego procesu.

Technologia RHR nie wymaga podgrzewania nitów, co sprawia, że nitowanie trwa od czterech do dwunastu razy szybciej. Od konwencjonalnej metody różni się sposobem formacji zakuwki, która nie jest zakuwana, tylko kształtuje się pod wpływem tarcia. Podczas przebiegu zgrzewania tarciowego zakuwki dochodzi do przemieszania materiału bazowego z nitem, przy czym zachowany zostaje stały stan skupienia, a w konsekwencji powstaje połączenie nierozłączne, odporne na korozję.

Podstawowymi parametrami procesu nitowania RHR jest prędkość obrotowa narzędzia zgrzewającego i prędkość, z jaką naciska ono na trzpień nitu. W wyniku nitowania dochodzi do zmiany struktury krystalicznej metalu na styku materiału bazowego i nitu.

Metodę RHR można także stosować z użyciem aluminiowych nitów. Podczas gdy nity ze stopu aluminium 2024 muszą być mrożone po hartowaniu, by nie stwardniały przed montażem konwencjonalną metodą, proces RHR nie wymaga zmiękczania i chłodzenia nitów, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie dużych oszczędności technologicznych. Przy czym nitowanie RHR przebiega w zaledwie 0,25 sekundy, a więc znacznie szybciej niż metodą konwencjonalną. Nowo opracowana technologia może więc przyczynić się do znacznej optymalizacji procesów produkcyjnych, przede wszystkim w przemyśle lotniczym, gdzie wykonuje się tysiące nitów.

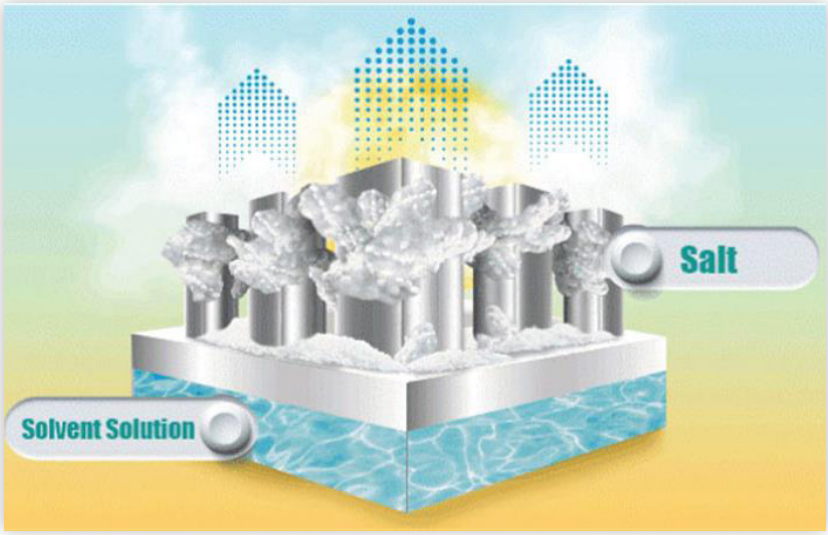
pnnl.gov

Chłodzenie bez prądu

Obniżanie temperatury w celu przechowywania żywności lub chłodzenia pomieszczeń jest problemem, szczególnie w krajach o gorącym klimacie. Urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne pochłaniają ogromne ilości energii, a utrzymanie niskich temperatur w miejscach gorących i pozbawionych prądu wydaje się niemożliwe. Naukowcy z King Abdullah University of Science and Technology w Arabii Saudyjskiej znaleźli na to prosty sposób.

Zbudowali system chłodzenia oparty na wychwytywaniu pasywnej energii słonecznej. Zauważyli, że pewne sole rozpuszczając się w wodzie pochłaniają duże ilości ciepła szybko ochładzając wodę. Gdy słońce ogrzeje roztwór i woda odparuje, sole wracają do pierwotnej postaci. Przebadano wiele rodzajów soli, o różnych możliwościach w zakresie pochłaniania ciepła w procesie rozpuszczania. Jedną z najlepszych soli do celów chłodniczych okazał się azotan amonu.

– Opracowaliśmy koncepcję konwersji i magazynowania energii słonecznej, aby zapewnić odpowiednie chłodzenie. System jest dwuetapowy – wyjaśnia dr Wenbin Wang.



System chłodzenia oparty na tej zasadzie może być używany w niewielkich styropianowych pojemnikach, również do chłodzenia pomieszczeń. Jak podkreślił naukowiec, to tanie rozwiązanie, niezasilane energią elektryczną może być cenne zarówno dla ubogich osób zamieszkujących odcięte od dostaw prądu obszary o klimacie gorącym, jak i dla właścicieli luksusowych bungalowów ulokowanych w podobnych miejscach.

Na marginesie można wspomnieć, że dawno temu gospodynie używały zwykłej soli kuchennej do obniżania temperatury lodu w tzw. lodowni.

kaust.edu.sa

GOSPODARKA NARZĘDZIOWA
w zakładach produkcyjnych

Narzędziownie, wypożyczalnie (wydajnie) narzędzi to bardzo ważne działy przedsiębiorstwa produkcyjnego, zwłaszcza w branży budowy maszyn. Tak samo ważna jest właściwa gospodarka narzędziowa w takich przedsiębiorstwach. Trudno sobie wyobrazić produkcję w zakładzie, w którym problem narzędzi jest niezorganizowany, narzędzia są u pracowników produkcyjnych w szafkach, często stępione lub do wymiany, a nikt w przedsiębiorstwie nad tym nie panuje. A jednak takie sytuacje się zdarzają.

W artykule przedstawiamy kilka podstawowych zagadnień związanych z właściwym prowadzeniem gospodarki narzędziowej w zakładach produkcyjnych.

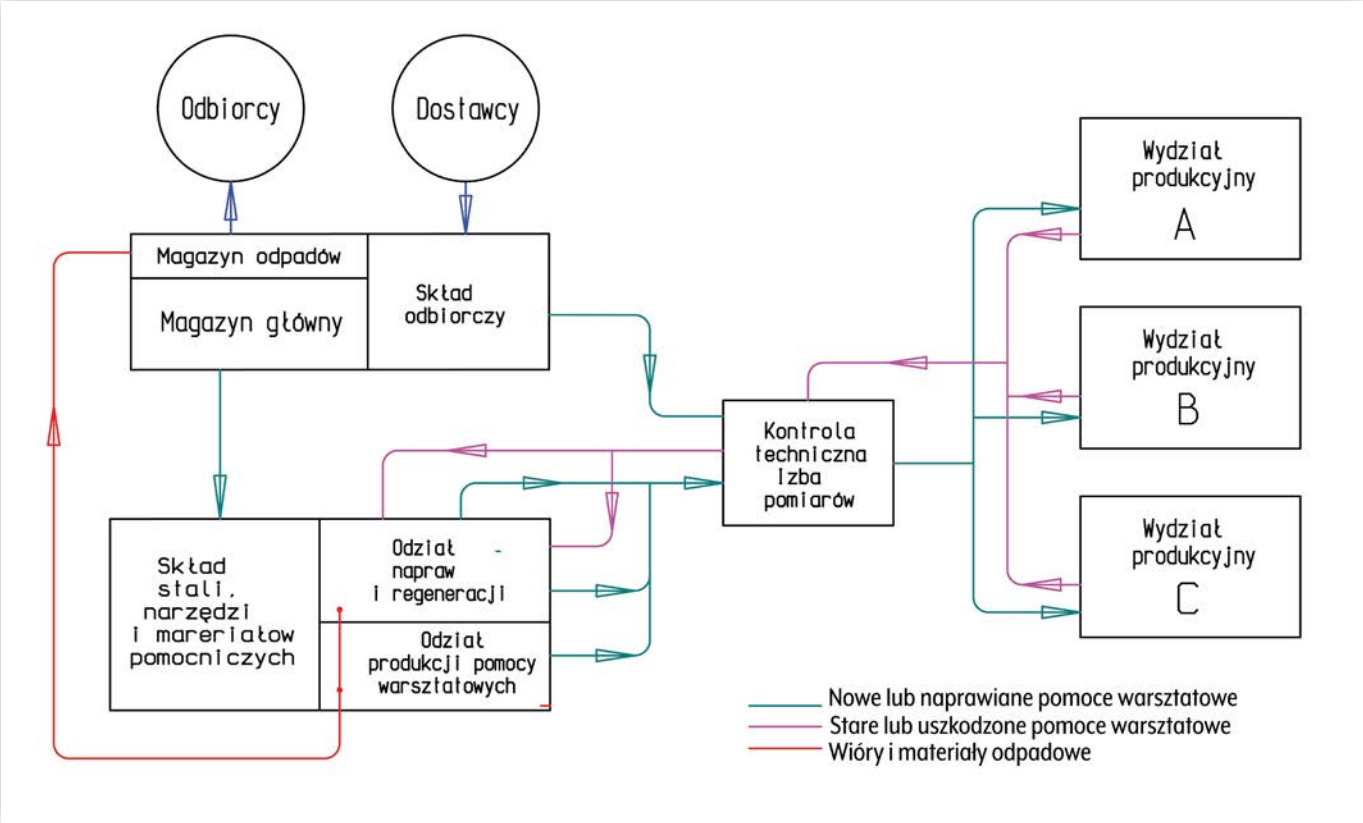
Aleksander Łukomski

Gospodarką narzędziową w zakładzie produkcji mechanicznej zajmuje się specjalny dział gospodarki narzędziowej. Tak jest w dużych fabrykach. W mniejszych przedsiębiorstwach produkcyjnych narzędziami zajmuje się dział utrzymania ruchu, a w bardzo małych zakładach – specjalnie wyznaczona do tego osoba.

Narzędziowniami nazywane są również całe wyodrębnione firmy specjalizujące się w produkcji narzędzi, szczególnie form wtryskowych, wykrojników, tłoczników oraz innych elementów metalowych, przeznaczonych do wykorzystywania w procesach przemysłowych.

Na ogół działowi gospodarki narzędziowej podlegają: narzędziownia, centralny skład (magazyn) pomocy warsztatowych, ostrzalnia, oddział regeneracji narzędzi i pomocy warsztatowych, wypożyczalnia narzędzi, a niekiedy także inne jeszcze komórki, w zależności od profilu produkcji i dysponowanych urządzeń. Głównymi zadaniami tego działu są:

- planowanie zapotrzebowania na narzędzia i pomoce warsztatowe,
- produkcja pomocy warsztatowych, specjalnych,
- przechowywanie, konserwacja, ostrzenie, remonty i regeneracja zużytych narzędzi i pomocy warsztatowych,



Rys. 1 Przykładowy schemat obiegu narzędzi i pomocy warsztatowych w zakładzie produkcyjnym

- dostarczenie narzędzi i pomocy warsztatowych do wydziałów i stanowisk roboczych,
- nadzór techniczny nad stanem i eksploatacją pomocy warsztatowych i narzędzi,
- ewidencja ruchu narzędzi i pomocy warsztatowych w zakładzie.

Dział ten zajmuje się narzędziami i pomocami warsztatowymi.

Narzędzia używane w mechanice są to przedmioty proste lub skomplikowane, wspomagające pracownika w pracy (szczególnie dotyczącej zmiany kształtu obrabianego materiału), która jest trudna lub niemożliwa do wykonania gołymi rękami.

Mogą one być użytkowane bezpośrednio przez człowieka lub być wyposażeniem różnych maszyn. W przemyśle mechanicznym, jako narzędzia są klasyfikowane m.in.: handlowe noże tokarskie, frezy, wiertła, rozwiertaki, ale też narzędzia specjalne, jak np. długie wiertła lub wielostopniowe o stopniowanych średnicach, wytaczadła, głowice frezarskie, specjalnie wykonywane przyrządy tłoczne, wykrojniki lub formy do gumy czy tworzyw sztucznych itp.

Pomoce warsztatowe w mechanice to całe wyposażenie pomocnicze stanowiska pracy, którego celem jest rozszerzenie możliwości obróbkowych, czy to obrabiarki, czy też stanowiska pracy i które jest dostosowane do obróbki konkretnej części w trakcie określonej operacji technologicznej.

Pomoce warsztatowe mogą być handlowe lub specjalnie wykonane. Mogą być zgodne z normami europejskimi, branżowymi lub zakładowymi, lub też wykonane jako nieznormalizowane. Podstawowy podział pomocy warsztatowych podano poniżej:

Przyrządem nazywa się pomoc warsztatową:
– stanowiącą przedłużenia łańcucha kinematycznego obrabiarki i przeznaczoną do rozszerzenia jej możliwości technologicznych, na przykład głowice wiertarskie wielowrzecionowe, stoły obrotowe, podzielnice;
– służącą do ustalania i zamocowania przedmiotów obrabianych, a niekiedy też narzędzi, bezpośrednio lub przy użyciu uchwytu obróbkowego albo oprawki narzędziowej, np. przyrządy wiertarskie, ale też przyrządy spawalnicze lub montażowe.

maxsafaniuk.gmail.com / Photogenica

Uchwyt to pomoc warsztatowa przeznaczona do ustalania i zamocowania przedmiotu dla wykonania obróbki lub montażu. Uchwyty mogą być niekiedy z mechanizmami mocującymi wyposażonymi w napędy i dodatkowo w elementy prowadzące narzędzia, a także w elementy umożliwiające nadanie przedmiotowi obrabianemu kilku kolejnych położeń do obróbki, bez potrzeby ponownego przemocowania i bazowania.

Oprawką nazywa się pomoc warsztatową przeznaczoną do ustalania i zamocowania narzędzi.

Sprawdziany to pomoce warsztatowe służące do kontroli wymiarów, kształtów i powierzchni.

Pomocami warsztatowymi są np. trzpienie tokarskie i szlifierskie, różne oprawki do narzędzi handlowych, specjalne uchwyty, np. frezarskie lub specjalne tarcze tokarskie, ale też przyrządy spawalnicze czy montażowe, niekiedy znacznych rozmiarów. Stosuje się też specjalne ustawiaki i kontrustawiaki do narzędzi, czy też mostki do tuszowania przy dokładnej obróbce powierzchni, np. skrobaniu prowadnic. Występuje tu jeszcze mnóstwo innych niewymienionych specjalnych pomocy warsztatowych, przyrządów, różnego rodzaju uchwytów. Bardzo często wyroby te spełniają różne funkcje, które wzajemnie się przenikają i mogą wtedy być klasyfikowane pod różnymi nazwami.

Dział gospodarki narzędziowej zajmuje się też elektronarzędziami, a także aparatami, narzędziami i przyrządami pomiarowo-kontrolnymi.

Wielkość działu gospodarki narzędziowej i zakres jego działania powinien wynikać z projektu technologicznego, który określa potrzebną załogę i odpowiednią organizację działu oraz środki umożliwiające właściwe funkcjonowanie gospodarki narzędziowej w zakładzie.

W dużych zakładach występuje na ogół potrzeba oddzielnego oddziału produkcji narzędzi i oprzyrządowania, odpowiednich magazynów oraz jednostek zajmujących się ostrzeniem i naprawą, a także wypożyczaniem narzędzi, zorganizowanych niekiedy przy wydziałach produkcyjnych. Przy niewielkich wydziałach produkcyjnych jest to najczęściej tylko wypożyczalnia narzędzi.

Projektując szczegółowo wypożyczalnię narzędzi i pomocy warsztatowych należy określić przede wszystkim:

- ilość i asortyment narzędzi i pomocy warsztatowych będących jednocześnie w użyciu,
- okres, na jaki powinien wystarczyć zapas,
- wielkość pomieszczenia potrzebnego do ich przechowywania,
- ilość i rodzaj potrzebnego wyposażenia (regały, półki, stoły),
- system ewidencji wypożyczania narzędzi i pomocy warsztatowych wraz z odpowiednim sprzętem do jego obsługi.

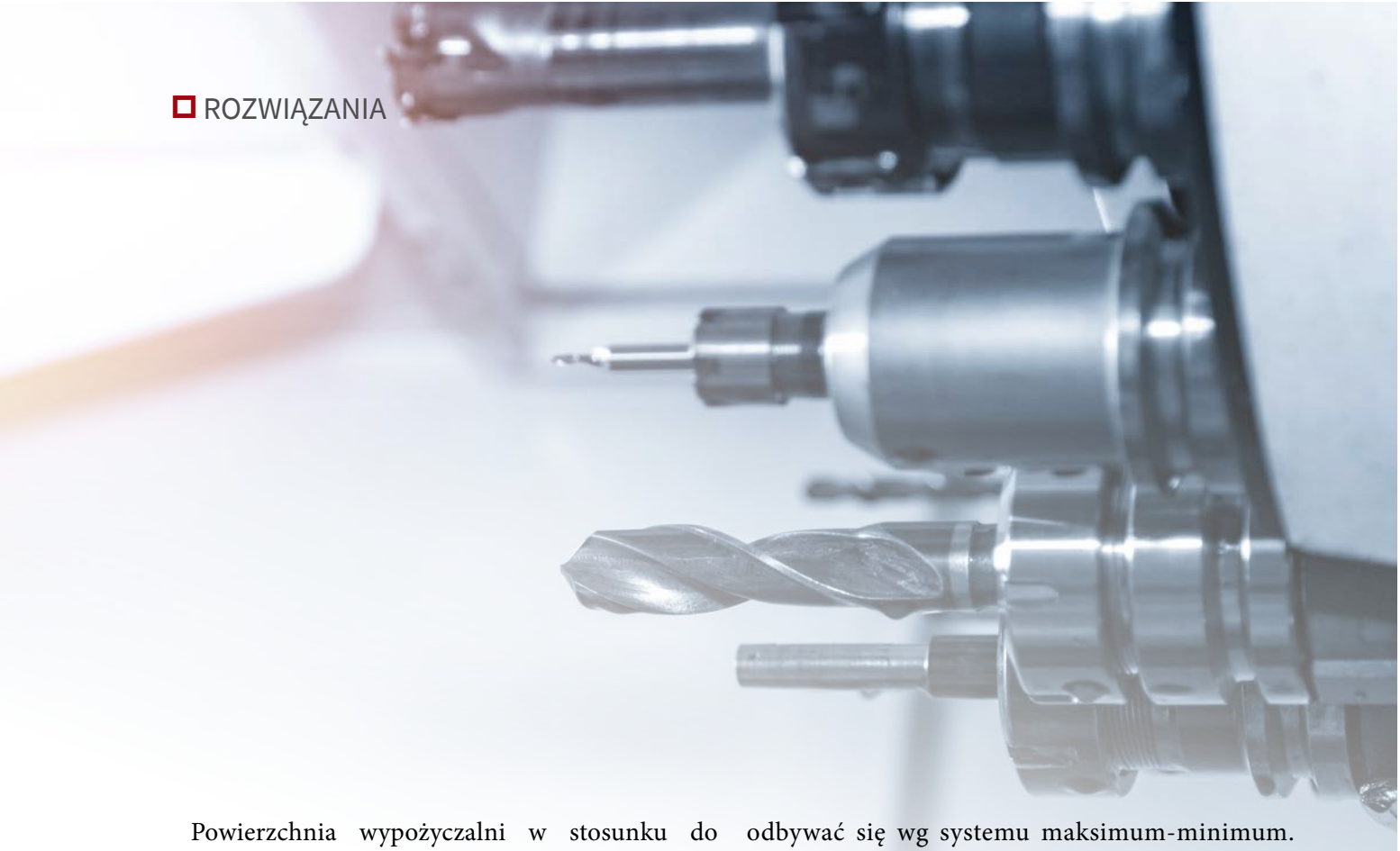
Wielkości zapotrzebowania na narzędzia i inne pomoce warsztatowe określa się na podstawie: planu produkcji zakładu, planu uruchomienia nowych wyrobów, wykazu stosowanych pomocy warsztatowych. Dla produkcji wielkoseryjnej powinny one być opracowane dla każdej produkowanej części, a niekiedy nawet dla operacji technologicznej. Trzeba też wziąć pod uwagę normy zużycia narzędzi i innych pomocy warsztatowych. Mogą to być normy uzyskane na drodze analitycznej lub statystycznej. Dla narzędzi skrawających normy zużycia określa się ze wzoru:

$$N_Z = \frac{T(n+1)}{60}[h]$$

gdzie: n – liczba możliwych ostrzeń narzędzia aż do zupełnego zużycia, T – trwałość ostrza ustalana na podstawie odpowiednich wzorów lub w drodze badań.

Dla uzyskania rzeczywistej normy zużycia należy obliczoną normę pomnożyć przez współczynnik przedwczesnego zużycia – k, który uzyskuje się z analizy zużycia narzędzi w okresie 12 miesięcy. Trzeba tu jeszcze wziąć pod uwagę rzeczywisty czas pracy narzędzia, czyli „czysty" czas pracy, gdy narzędzie skrawa materiał, bez dobiegów i wybiegów, oraz innych czasów pomocniczych.

Wypożyczalnia narzędzi i pomocy warsztatowych w małych zakładach jest zwykle jedna, centralna. W większych istnieje przy każdym z wydziałów produkcyjnych.



Powierzchnia wypożyczalni w stosunku do powierzchni produkcyjnej stanowi niewielki procent. Orientacyjnie przyjmuje się 0,5-0,8 m^2/m, gdzie m jest liczbą obrabiarek produkcyjnych obsługiwanych przez wypożyczalnię. Jednak wielkość wypożyczalni zależy przede wszystkim od rodzaju produkcji, stopnia oprzyrządowania, zmianowości pracy i liczby obsługiwanych stanowisk.

Podobnie jest z ostrzalnią narzędzi, gdzie liczbę ostrzarek określa się w zależności od liczby obrabiarek i rodzaju używanych narzędzi. Dla większych wydziałów, czy zakładów liczba ta stanowi ok. 4%, a dla mniejszych ok. 7%. Wyposażenie ostrzalni w drogie maszyny specjalne powinno być uzasadnione dokładnymi obliczeniami ich obciążenia oraz opłacalności ich zainstalowania. W przeciwnym razie może się okazać, że korzystniej jest ostrzyć narzędzia na zewnątrz przedsiębiorstwa, w wyspecjalizowanej firmie.

Drobne naprawy pomocy warsztatowych oraz przyrządów powinno się wykonywać w specjalnym warsztacie naprawy oprzyrządowania, a nie w narzędziowni, która przeznaczona jest w zasadzie do produkcji nowych narzędzi i pomocy warsztatowych.

Uzupełnianie stanu zapasów narzędzi i pomocy warsztatowych w wypożyczalni powinno odbywać się wg systemu maksimum-minimum. W sytuacji gdy jest jeszcze zapas zamówieniowy, ale osiąga on już stan zamówieniowy wystawia się zapotrzebowanie na narzędzia w takiej ilości, aby osiągnąć stan maksymalny. Powinno to się odbyć zanim stan osiągnie poziom minimalny.

W wypożyczalni prowadzi się kartotekę obrotu narzędziami i pomocami warsztatowymi, gdzie ewidencjonowane są wszystkie narzędzia znajdujące się w wypożyczalni i w obrocie tzn. w wydziałach, ostrzalni, naprawie i na stanowiskach pracy. Kierownikowi wypożyczalni podlega też najczęściej ostrzalnia narzędzi. Narzędzia po naostrzeniu sprawdzane są przez kontrolera i przekazywane z powrotem do wypożyczalni. Oddział napraw i regeneracji pomocy warsztatowych najczęściej organizacyjnie podlega narzędziowni. Wykonuje się tam wszelkiego rodzaju remonty przyrządów oraz regeneracji narzędzi przez szlifowanie ich na inny wymiar, napawanie, chromowanie itp.

Osobną sprawą są narzędzia dla obrabiarek zespołowych i centrów obróbczych, gdzie konieczne jest ich zamontowanie w oprawkach, np. dla magazynów narzędzi w obrabiarce. Trzeba też ustalić ich długość w stosunku do czoła wrzeciona. Stosuje się tu specjalne ustawiaki i niekiedy kontrustawiaki.

Pomoce regenerowane zostają rozchodowane i następnie zaprzychodowane, podobnie jak pomoce nowe.

Niezwykle ważną sprawą w gospodarce narzędziowej przedsiębiorstwa jest ewidencja narzędzi. Dawniej w okresie przed powszechnym użyciem komputerów stosowano do ewidencji narzędzi papierowe rewersy, podobnie jak w bibliotekach, przy wypożyczaniu książek. Powodowało to kolejki przed okienkiem wypożyczalni narzędzi, bo długo trwało wypisywanie kwitów i wypełnianie książek narzędziowych. Później pojawił się system marek. Istniał system tzw. jednomarkowy i dwumarkowy. Były to najczęściej nieduże metalowe okrągłe znaczki z przypisanym numerem pracownika (wybitym lub wygrawerowanym) i małym otworem do nanizania na specjalnym krążku z drutu, na którym pracownik trzymał te marki. W systemie jednomarkowym pracownik otrzymywał pewną ilość marek, na które mógł pobrać narzędzia. Markę kładło się lub zawieszało w wypożyczalni na regale, w miejsce pobranego narzędzia. Po zwrocie narzędzia pracownik otrzymywał markę z powrotem. W systemie dwumarkowym, oprócz marki pracownika istniały jeszcze marki związane z narzędziem, gdzie tę drugą markę dodatkowo wieszało się na tablicy z nazwiskami pracowników. W systemie dwumarkowym można było zawsze stwierdzić ile i jakie narzędzia są u którego pracownika.

Prawidłowe zorganizowanie gospodarki narzędziowej w zakładzie produkcyjnym jest trudne. Jednak w interesie wszystkich uczestników procesu produkcyjnego jest aby gospodarka narzędziowa działała niezawodnie i płynnie

Komputery spowodowały wprowadzenie oprogramowania do obsługi gospodarki narzędziowej. W latach dziewięćdziesiątych wprowadzono arkusze kalkulacyjne do prowadzenia ewidencji. Znacznie przyspieszyło to proces czynności wypożyczania narzędzi i określania ich stanu, spowodowało też duże oszczędności w samej gospodarce narzędziowej. W ostatnich latach nastąpił dalszy postęp w ewidencjonowaniu narzędzi.

Oprogramowanie komputerowe, żeby mogło zostać w pełni wykorzystane, potrzebuje najpierw fizycznego uporządkowania narzędzi w przedsiębiorstwie. Należy pozbierać narzędzia i inne pomoce warsztatowe, które mogą znajdować się w różnych miejscach przedsiębiorstwa, a najczęściej u pracowników, i je odpowiednio skatalogować. Trzeba też stworzyć system identyfikacji, tzn. każdemu narzędziu nadać unikalne, jednoznacznie identyfikowalne oznaczenie, które powinno być związane z narzędziem. Obecnie najpowszechniejszymi metodami znakowania są kody kreskowe i znaczniki RFID. Zaletą tych pierwszych jest możliwość wykorzystania kodów nadanych przez producenta. Można też umieszczać je nie bezpośrednio na narzędziu, ale na skrzynce, która jest w odpowiednim miejscu w regale, w którym narzędzia są składowane.

W praktyce większość przedsiębiorstw tworzy swoją własną, wewnętrzną nomenklaturę znaków, nanosząc je w formie drukowanych etykiet lub coraz częściej stosowanych kodów grawerowanych laserowo. Do ich sczytywania wykorzystywane są różnorodne urządzenia – od skanerów ręcznych po przenośne komputery z czytnikami kodów kreskowych.

Coraz częściej stosuje się też znaczniki RFID. Skrót RFID – *Radio Frequency Identification* oznacza technikę polegającą na wykorzystaniu fal radiowych w celu przesyłu danych, a także zasilania. Stąd znaczniki nie muszą być wyposażone w baterie. Technika RFID pozwala na odczytywanie oraz zapisywanie znaków RFID, a ich odczyt – w zależności od zastosowanego rozwiązania – możliwy jest z odległości od kilkudziesięciu centymetrów nawet do kilkudziesięciu metrów. Dużą zaletą tego systemu jest możliwość odczytywania wielu etykiet jednocześnie, o ile tylko znajdują się w polu odczytu (zasięgu anteny) czytnika.

Znaczniki RFID, skanowane bezkontaktowo za pomocą odbiorników ultra wysokiej częstotliwości

Regał ze skrzynkami na narzędzia ze znakowaniem kodem kreskowym

UHF, mogą być sczytywane z dużych odległości w tempie nawet 100 etykiet na sekundę. Są one coraz częściej stosowane jako podstawowa metoda identyfikacji wyposażenia, ale też i samych pracowników. Dla jednoznacznego powiązania narzędzia z jego użytkownikiem konieczne jest wyposażenie pracowników w kartę zbliżeniową lub breloczek RFID skanowany w procesie wydawania i zwrotu sprzętu. Znacznie usprawnia to pracę zakładowych wypożyczalni redukując kolejki przy okienku wydawczym i pozwalając na szybką lokalizację narzędzi pozostających w obiegu.

W wielkich przedsiębiorstwach, w których

Breloczki ze znacznikami RFID

wypożyczalnie wydają setki narzędzi dziennie, dobrym rozwiązaniem może okazać się zastosowanie automatów vendingowych, tzn. skomputeryzowanych szaf narzędziowych. Działają one podobnie do automatów wydających napoje, słodycze czy kanapki, tylko wyposażono je w bardziej skomplikowane systemy rejestracji. Automaty vendingowe są przeznaczone do przechowywania, wydawania i zarządzania zasobami wszelkiego typu narzędzi, oprzyrządowania, a także innych produktów wykorzystywanych w procesach produkcji w zakładach przemysłowych, które automatycznie po zeskanowaniu karty zbliżeniowej lub znacznika RFID wydają konkretne narzędzie wybrane z listy dostępnego wyposażenia. Automatycznie przypisują je do danego użytkownika. Dużą zaletą tych automatów jest dostępność do nich przez całą dobę, co ma znaczenie w przypadku pracy trzyzmianowej. Proces wydawania narzędzia trwa kilkanaście sekund, a więc maszyny tego typu przyspieszają i zwiększają efektywność produkcji, a jednocześnie możliwość przypisania narzędzia do konkretnego pracownika pozwala lepiej kontrolować obieg narzędzi i stany magazynowe. Można stosować automaty vendingowe przy pewnym nakładzie pracy również i w małych zakładach produkcyjnych, nawet przy stosowaniu ostrzenia narzędzi na zewnątrz przedsiębiorstwa.

Prawidłowe zorganizowanie gospodarki narzędziowej w zakładzie produkcyjnym jest trudne. Jednak w interesie wszystkich uczestników procesu produkcyjnego jest aby gospodarka narzędziowa działała niezawodnie i płynnie.

Aleksander Łukomski

REKLAMA

Efektywne śledzenie aktywów za pomocą etykiet RFID

Dzięki etykietom RFID z możliwością pełnego dostosowania i odpowiednim dla każdej powierzchni można bardziej efektywnie śledzić aktywa i zarządzać zapasami w złożonych środowiskach przemysłowych. Pozwól nam zaprojektować dla Ciebie optymalne rozwiązanie w zakresie etykietowania RFID z wybranymi antenami, chipami, opcjonalnymi czujnikami, materiałami etykiet, klejami i nadrukami.

Wykorzystaj zalety technologii RFID w swoim środowisku przemysłowym!

Pobierz bezpłatny przewodnik
www.bradyeurope.com/rfid

BRADY Polska
T: +48 22 104 6262
E: central_europe@bradycorp.com
www.brady.pl

BRADY

Druk 3D z metali i *metal injection molding* (MIM) jako technologie komplementarne

Technologie wytwarzania przyrostowego i wtrysku proszków metali (MIM), klasyfikowane jako zaawansowane metody produkcji, wzajemnie się uzupełniając stanowią alternatywę dla konwencjonalnych technologii produkcyjnych. Komplementarność obu metod przejawia się na różnych etapach procesu powstawania wyrobu, co otwiera wiele możliwości do wykorzystania w zakładach produkcyjnych.

Jacek Zbierski

WYTWARZANIE PRZYROSTOWE ZIELONEJ CZĘŚCI

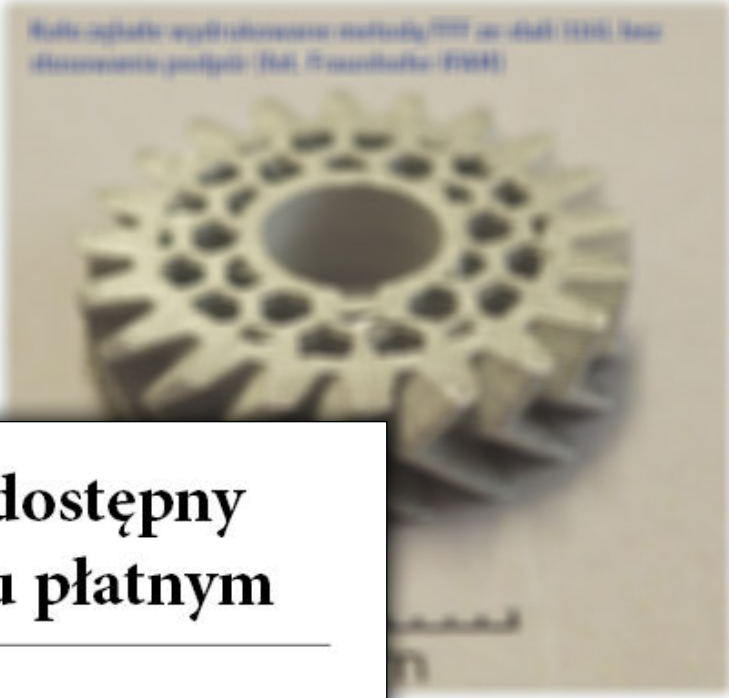
Druk 3D metodą ekstruzji stopionego filamentu (FFF – *Fused Filament Fabrication*) to najbardziej rozpowszechniona – pod względem liczby urządzeń – technika druku przyrostowego. Obok popularnych filamentów z tworzyw termoplastycznych, takich jak PLA czy ABS, obecnie na rynku dostępnych jest coraz więcej specjalistycznych rozwiązań, które wykorzystują filamenty kompozytowe, a także metaliczne. Ze względu na wymogi technologiczne filament do druku 3D z metalu stanowi połączenie sproszkowanego metalu (do 90% w stosunku masowym) z komponentem wiążącym na bazie tworzyw sztucznych i dodatków. Właściwości filamentu i parametry ekstruzji mają wpływ na jakość uzyskanego wyrobu. Rozwiązaniem ułatwiającym druk detali o bardziej złożonej geometrii jest zastosowanie osobnej głowicy ekstruzyjnej do druku struktur podtrzymujących, tzw. supportów, przy pomocy filamentu z łatwo usuwalnego materiału. Rozmieszczenie podpór należy uwzględnić przygotowując model do druku.

Filament z wysoką zawartością metalu (fot. Fraunhofer IFAM)

Podstawowe parametry druku zielonych części metodą FFF:

- minimalna wysokość warstwy – 50 µm,
- prędkość druku – kilka-kilkunaście-kilkaset cm^3/h (w zależności od średnicy dyszy i parametrów ekstruzji).

Na rynku dostępne są komercyjne systemy w tej technologii oferujące dedykowane filamenty do druku części ze stali nierdzewnej, narzędziowej, Inconelu, miedzi, aluminium czy tytanu.

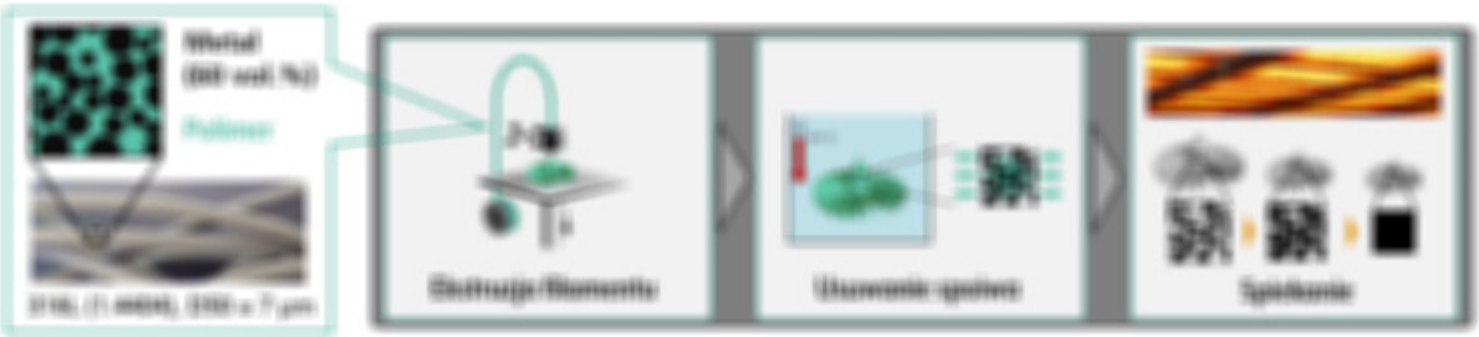


Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl



Drukarki przestrzenne SLM Solutions: selektywne stapianie proszków metalicznych

Mariusz Ambroziak

WADIM PLAST

Firma Wadim Plast z Reguł k. Warszawy ma ponad 25-letnie doświadczenie w promocji i dostawie na polskim rynku technologii przyrostowych do szybkiego wykonywania prototypów i narzędzi (*Rapid Prototyping, Rapid Tooling*). W 1998 roku firma dostarczyła drukarkę Stereolitograf (SLA) – pierwsze takie urządzenie w kraju – do rzeszowskiego Zelmera.

Jej partnerami były firmy 3D Systems oraz MCP HEK (później przekształcone w MTT Technologies, a potem w SLM Solutions). Wadim Plast dostarczał maszyny do druku przestrzennego z wosku odlewniczego, z światłoczułych żywic polimerowych (SLA), z proszków polimerowych i metalicznych (*Selective Laser Sintering*). Firma miała w swojej ofercie także odlewanie tworzyw w formach silikonowych (*Vacuum Casting*), odlewanie metali w formach ceramicznych (*Metal Part Casting*) oraz wytwarzanie form wtryskowych z napylaniem metalu np. cynku (TAFA).

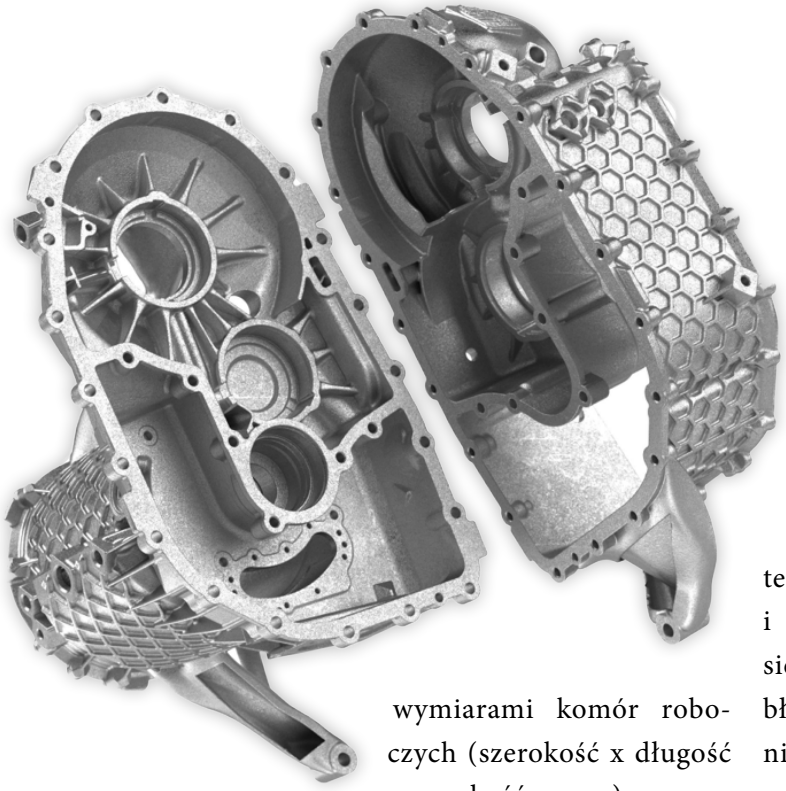
W zakresie dostaw urządzeń i technologii druku z metali od ponad dziesięciu lat Wadim Plast skupia się wyłącznie na współpracy z firmą SLM Solutions z Niemiec. Klientami są głównie wyższe uczelnie techniczne, instytuty czy firmy komercyjne z branży medycznej czy narzędziowej.

Maszyny do druku 3D z metalu, będące w ofercie firmy Wadim Plast, wykorzystują technologię SLM (*Selective Laser Melting*) czyli selektywnego stapiania proszków metalicznych wiązką lasera. Przykładowe proszki metaliczne z których można wykonywać wydruki to:

- stal nierdzewna
- stal narzędziowa
- aluminium i jego stopy
- stopy kobalt chromu
- stopy niklu
- stopy miedzi
- tytan i jego stopy

Oczywiście możliwe jest wykonywanie wydruków także z innych spawalnych materiałów, o ile zachowane zostaną odpowiednie parametry rozkładu wielkości ziaren, sypkości, pływności, refleksyjności, wilgotności, zawartości pustych objętości w granulce i innych parametrów proszku.

Cały proces wydruku odbywa się w atmosferze gazu ochronnego, głównie argonu lub azotu (w zależności od rodzaju materiału). Po zakończeniu działania wiązki lasera następuje obniżenie stołu (*Powder Bed*) o grubość nakładanej warstwy (rzędu 20-50 mikrometrów) oraz ponowne nałożenie warstwy proszku na stół. Obecnie dostępne są drukarki z następującymi



Obudowa elektrycznego napędu osi przedniej Porsche E-Drive wykonana w technologii SLM na maszynie NXG XII 600

masa – **15,5 kg**

wymiary – **590 x 650 x 367 mm**

materiał – **AlSi10Mg**

czas druku – **21 godzin**

wymiarami komór roboczych (szerokość x długość x wysokość w mm):

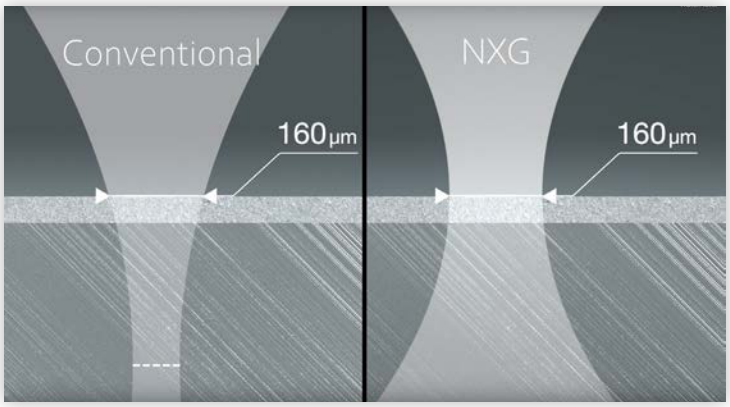
- SLM 125 (125 x 125 x 125), jeden laser 400 W, jeden system optyczny kierowania wiązką lasera
- SLM 280 (280 x 280 x 365), jeden lub dwa lasery 400 lub 700 W, jeden lub dwa systemy optyczne
- SLM 500 (500 x 280 x 365), cztery lasery 400 lub 700 W, cztery systemy optyczne
- SLM 800 (280 x 280 x 850), cztery lasery 400 lub 700 W, cztery systemy optyczne
- NXG XII 600 (600 x 600 x 600), dwanaście laserów 400 lub 700 W z dwunastoma systemami optycznymi

Dobór mocy lasera zależy od rodzaju proszku i jego parametrów. Aktualnie stosowane są lasery 400 lub 700 W, opcjonalnie 1000 W. Są to głównie lasery na ciele stałym (włóknowe, jednomodowe, chłodzone cieczą). Średnica wiązki lasera może się zawierać w przedziale 85-115 mikrometrów lub w niektórych przypadkach więcej.

Najmniejsze drukarki mogą służyć do prac na uczelniach technicznych bądź do produkcji małych implantów medycznych. Największe drukarki mogą produkować duże części maszyn dla przemysłu samochodowego lub lotniczego.

Wybrane standardowe cechy drukarek firmy SLM Solutions:

- Optyka 3D, gdzie jedna z soczewek jest ruchoma i koryguje ogniskową (zamiast standardowego pakietu soczewek F-Theta). Dzięki temu zapewnione jest powtarzalne skupienie i stała jakość wiązki lasera w szerokim zakresie mocy 10-100%, bez negatywnego wpływu błędów termicznych. Brak szybszego zużywania się optyki, jak ma to czasem miejsce przy soczewkach F-Theta pracujących z laserami o większej mocy.
- Dwukierunkowy zgarniacz (*Bidirecional Recoater*) zamiast jednokierunkowego. Jest to patent firmy SLM Solutions. Dwukierunkowa praca oznacza, że wystarczy tylko jeden ruch zgarniacza zamiast jak dotychczas dwóch (do przodu lub do tyłu) aby móc ponownie działać wiązką lasera – co istotnie skraca czas wydruku (do 35%).
- Elastyczna, szybko wymienialna warga (zamiast stalowej czy ceramicznej), eliminująca uszkodzenia zgarniacza i systemu jego napędu.
- Podgrzewana platforma budowy detali do 200 °C lub opcjonalnie do 550 °C (co wiąże się z ograniczeniem wielkości komory). Podgrzewanie platformy redukuje naprężenia i deformacje w wytwarzanych wyrobach.



Drukarki firmy SLM Solutions wyposażone są w dedykowany system optyki 3D, w którym jedna z soczewek jest ruchoma i koryguje ogniskową

• Zoptymalizowany przepływ gazu ochronnego polegający na zapewnieniu bardziej wydajnego i laminarnego przepływu (technika wąskiej szczeliny i porowatej ściany). Dzięki temu gazowe produkty spalania z komory odprowadzane są bardziej intensywnie niż poprzednio, przy zachowaniu wciąż gładkiej powierzchni proszku na stole (jednakowej grubości warstwy na całej powierzchni).

• Wizyjny system jakości nakładanych warstw (kamery w górnej części komory). W przypadku jakiegokolwiek błędu następuje automatyczne powtórzenie pracy zgarniacza.

• „Otwarte" sterowanie maszyny: tzn. dostęp do 150 parametrów w celu ich optymalizacji i doboru dla nowych proszków.

Wybrane możliwe opcje konfiguracji drukarek firmy SLM Solutions:

• W pełni automatyczny, podciśnieniowy system transportu proszku pomiędzy drukarką a stacją do przesiewania. Dzięki temu użytkownik nie ma fizycznego kontaktu z proszkiem i nie zmienia jego wilgotności.

• Pomniejszenie komory roboczej.

• Monitoring mocy wiązki lasera poprzez pomiar i rejestrację mocy wiązki odbitej. System pracuje w pętli sprzężenia zwrotnego w celu kompensacji mocy lasera, stosownie do wartości zadanej i bieżących warunków w komorze roboczej.

• Monitoring ciekłego jeziorka metalu poprzez analizę termicznej radiacji. Pomiar, rejestracja i analiza jakości przetopu.

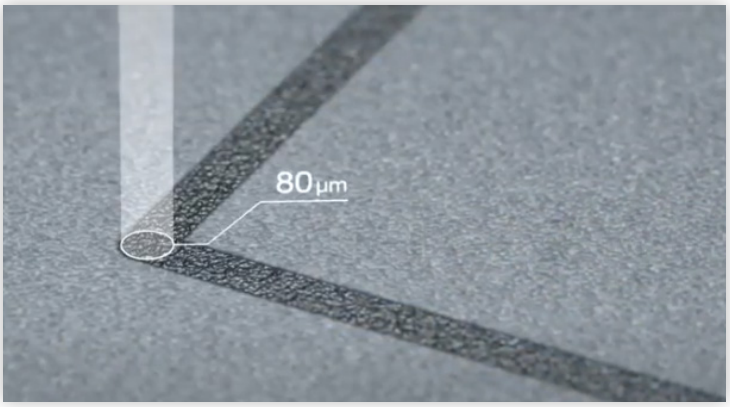
• Systemy z dwoma lub więcej laserami i systemami optycznymi – zapewniające wzrost szybkości drukowania. Lasery są zsynchronizowane i mogą dzielić się polami obróbczymi, współdziałając przy budowie jednego dużego detalu.

• System automatycznego transportu całej komory roboczej do drukarki i z drukarki, stacja rozładowcza detali z komory, system wstępnego podgrzewania komory itd.

Wyżej wymienione cechy drukarek SLM Solutions dają gwarancję jednych z najwyższych na rynku wydajności produkcji i jakości wytwarzania.

Ostatnią nowością firmy SLM Solutions jest **NXG XII 600** – największa drukarka o komorze 600 x 600 x 600 mm, z dwunastoma laserami i systemami optycznymi. Służy ona głównie do produkcji pojedynczych, wielkogabarytowych detali dla przemysłu. Tak duża drukarka, z tak dużą ilością laserów, postawiła przed producentem szereg wyzwań i zmusiła do wielu udoskonaleń technologii. W pierwszej kolejności usprawniono współdziałanie wiązek lasera, w celu uzyskania detalu o jednorodnych właściwościach w całej objętości, a w szczególności na obszarze wspólnym dla sąsiadujących wiązek. Ponadto opracowano system, w którym w pierwszym etapie stapiania lasery pracują ze średnicą 80 mikrometrów w celu odwzorowania konturów danej warstwy, a później ze średnicą 160 mikrometrów w celu szybkiego wypełnienia danej warstwy (wcześniej do tego celu służyły dwa oddzielne lasery pracujące na przemian). Udoskonalono też system wyrównujący naprężenia termiczne w danej warstwie. Powierzchnia warstwy podzielona jest teraz na wiele obszarów, które są wypełnione według określonej kolejności, po czym w kolejnej warstwie

NXG XII 600 – wysoka wydajność dzięki zastosowaniu dwunastu laserów i systemów optycznych



NXG XII 600 – precyzyjne odwzorowanie konturów przy użyciu wiązki o średnicy 80 mikrometrów

Tu i poniżej – przykłady detali wydrukowanych z minimalnym użyciem podpór

zmieniana jest ta kolejność, tak aby w jak najlepszy sposób wyrównać temperaturę w danej warstwie.

Jak wiadomo proces wydruku wiąże się z koniecznością wykonywania podpór podtrzymujących detal lub jego fragmenty, tak aby mógł on w ogóle powstać lub/i aby można go było łatwo oddzielić od platformy budowy. Obecność podpór jest zjawiskiem niepożądanym ponieważ wydłuża czas budowy i prowadzi do większego zużycia proszku. Po procesie budowy należy usunąć podpory oraz ślady po nich, co dodatkowo prowadzi do wydłużenia czasu i kosztów wytwarzania detali.

Firma SLM Solutions opracowała oprogramowanie (*Free Float*) pozwalające na drastyczne zmniejszenie lub eliminację podpór wykorzystując trzy wielkości zmniejszania ich ilości. Program analizuje geometrię detalu pod kątem możliwości wprowadzenia kształtów niewymagających podpór, wykorzystując w ogólności zasadę łuków samopodtrzymujących się, jakie można zobaczyć w wielu starożytnych budynkach.

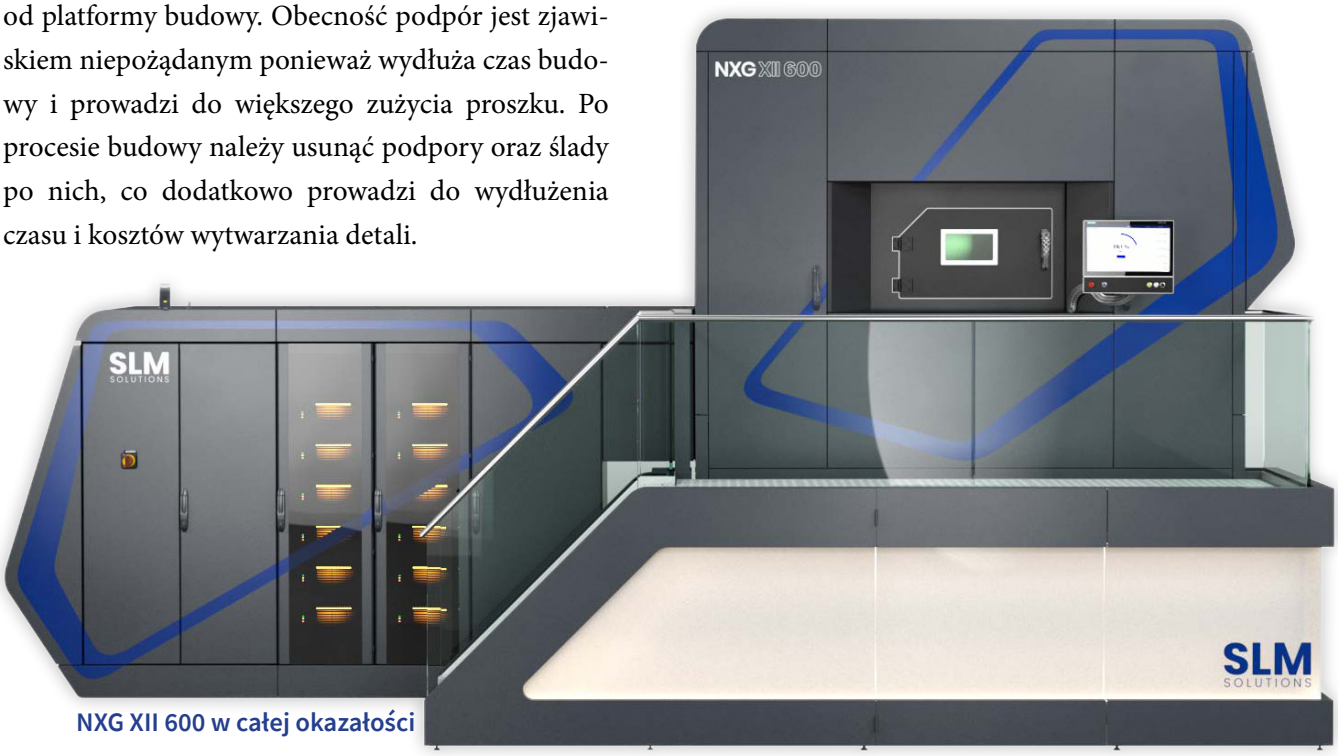
dr inż. Mariusz Ambroziak

Wadim Plast Sp. z o.o.

www.wadim.com.pl

dr inż. Mariusz Ambroziak 609 09 76 00

Marek Bronikowski 601 22 50 91



NXG XII 600 w całej okazałości

ITA – usługi pomiarowe na wysokim poziomie

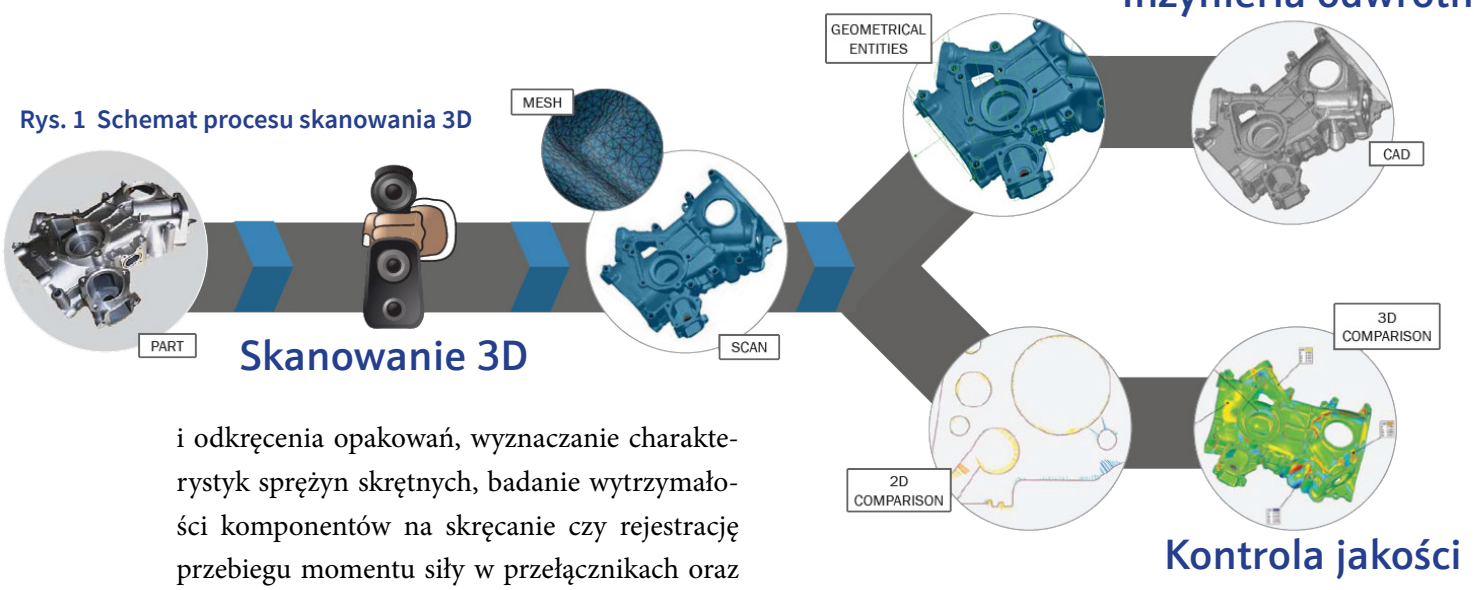
Firma ITA działa na polskim rynku od 1999 roku. Oprócz szerokiej oferty systemów pomiarowych i narzędziowych świadczy również wszechstronne usługi metrologiczne i kalibracyjne, między innymi we własnym dobrze wyposażonym laboratorium. Korzystanie z tego typu usług zapewnia możliwość uzyskania wysokich standardów jakości wytwarzanych produktów bez konieczności ponoszenia wysokich kosztów związanych z zakupem zaawansowanego sprzętu pomiarowego. To co uwiarygadnia firmę ITA jako solidnego partnera dla polskiego przemysłu i nauki to Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego od Polskiego Centrum Akredytacji, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025. Dzięki akredytacji klienci mają ułatwioną ścieżkę przechodzenia audytów, w szczególności tych, które wykonywane są przez podmioty zewnętrzne. Artykuł przedstawia ofertę usługową firmy ITA.

Mateusz Matuszak

ITA specjalizuje się w usługach z zakresu metrologii. Polegają one na wykonywaniu bardzo dokładnych pomiarów z wykorzystaniem najwyższej klasy urządzeń pomiarowych. W ofercie można znaleźć między innymi:

- Skanowanie 3D – pomiar przedmiotów zarówno w skali mikro, jak i o dużych gabarytach (np. 20 m), w celach metrologicznych lub inżynierii odwrotnej; z wykorzystaniem mobilnych skanerów laserowych, zrobotyzowanej stacji pomiarowej lub przy użyciu skanerów wykorzystujących światło strukturalne.
- Badania na przemysłowym tomografie rentgenowskim (CT) – szeroki zakres badań ukrytych wad wewnętrznych (jak np. analiza porów) lub w celach metrologicznych, do oceny cech pomiarowych niedostępnych dla innych metod pomiarowych.
- Współrzędnościowe pomiary optyczne – pomiary precyzyjnych wyrobów na mikroskopach warsztatowych oraz za pomocą automatycznej, współrzędnościowej maszyny pomiarowej zaopatrzonej w dotykową sondę pomiarową.
- Pomiary chropowatości i konturu – precyzyjne pomiary za pomocą przenośnych chropowatościomierzy lub zaawansowanego laboratoryjnego, stykowego urządzenia pomiarowego lub też przy użyciu laboratoryjnych systemów optycznych.
- Badania wytrzymałości materiałów i pomiary sił (pomiary realizowane w zakresie sił od kilku miliniutonów do 50 kN). W razie potrzeby mogą być przeprowadzone badania z użyciem ekstensometru. Cykle pomiarowe wg obowiązujących norm lub niestandardowe, zgodnie z wewnętrznymi procedurami odbiorcy. Dzięki szerokiemu zakresowy uchwytów oraz elastycznemu oprogramowaniu możliwe są również badania półwyrobów lub gotowych produktów.
- Pomiary momentu obrotowego – precyzyjne oznaczenie momentu zakręcenia

Rys. 1 Schemat procesu skanowania 3D



i odkręcenia opakowań, wyznaczanie charakterystyk sprężyn skrętnych, badanie wytrzymałości komponentów na skręcanie czy rejestrację przebiegu momentu siły w przełącznikach oraz wiele innych aplikacji.

- Pomiary deformacji 3D – nieniszcząca metoda optyczna (DIC – *Digital Image Correlation*) pozwalająca na analizę odkształceń (naprężeń) 3D dla przedmiotów poddanych obciążeniom.
- Badanie twardości materiałów – pomiary dla stopów metali metodą Rockwella i Brinella oraz tworzyw sztucznych i gum metodą Shore'a.
- Spektrometryczne badanie składu – badanie składu pierwiastkowego stopów metali metodą emisji optycznej ze wzbudzeniem iskrowym oraz analizy na zgodność z RoHS i badanie składu metali szlachetnych poprzez fluorescencje rentgenowską (XRF).
- Nieniszczące pomiary grubości powłok – analiza metodami elektromagnetycznymi (powłoki zarówno metaliczne jak i niemetaliczne na różnych podłożach) oraz metodą fluorescencji rentgenowskiej (wielowarstwowe powłoki metaliczne, pomiary na bardzo małych przedmiotach).
- Pomiary zawartości ferrytu w stalach – dokładne, nieniszczące badanie zawartości ferrytu w stalach, zwłaszcza austenicznych i duplexowych.

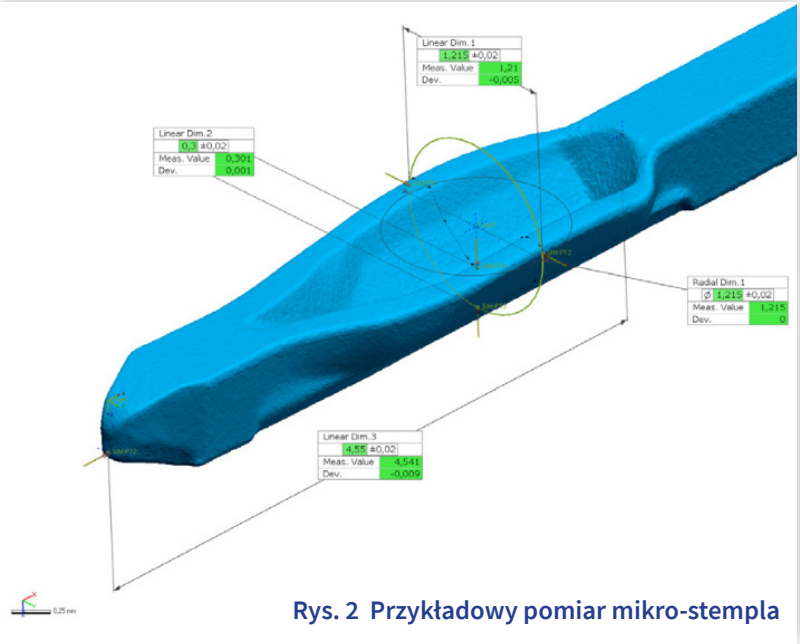
USŁUGI POMIAROWE Z WYKORZYSTANIEM METOD SKANOWANIA 3D

Skanowanie 3D to proces akwizycji danych obiektów rzeczywistych, nazywany digitalizacją. Wynikiem skanowania jest uzyskana przestrzenna chmura punktów lub siatka trójkątów, która poddawana jest dalszej obróbce. Otrzymane wyniki wykorzystywane są głównie do inżynierii odwrotnej – przygotowania modelu CAD obiektu, oraz kontroli jakości – pomiaru obiektu rzeczywistego w stosunku do jego nominału.

Dzięki zastosowaniu technologii skanowania 3D możliwa jest szybka akwizycja bardzo dużej ilości danych w porównaniu do klasycznych metod współrzędnościowej techniki pomiarowej, niezależnie od poziomu skomplikowania powierzchni. Umożliwia to zastosowanie skanerów 3D do bardzo szybkich pomiarów kontrolnych części, przyrządów, narzędzi oraz wykorzystanie ich do inżynierii odwrotnej. Obecnie wiele różnych firm wykorzystuje technologię skanowania 3D do procesu odtwarzania narzędzi lub wykonywania ich dokumentacji w przypadku jej braku lub gdy jest ona przestarzała.

Obecne systemy skanowania 3D pozwalają na pozyskiwanie bardzo dużej ilości informacji w bardzo krótkim czasie, jednak przede wszystkim zapewniają one bardzo wysoką jakość otrzymywanych danych. Przykładem mogą być wykorzystywane w firmie ITA skanery OTTO-VISION FLEX3A marki JENOPTIK. Maksymalny dopuszczalny błąd pomiaru występujący w tych urządzeniach to zaledwie kilka mikrometrów przy rozdzielczości pomiaru na poziomie aż 5 mikrometrów. Pozwala to na rzetelne pomiary obiektów nawet po precyzyjnej obróbce mechanicznej.

Tak wysoka precyzja pomiaru możliwa jest do uzyskania dla obiektów o rozmiarach od 2 mm do nawet 250 mm. Dodatkowym atutem może być możliwość pełnej automatyzacji systemu co zapewnia wykonywanie pomiarów seryjnych, a finalnie



Rys. 2 Przykładowy pomiar mikro-stempla

przygotowanie pełnej statystyki charakterystyk zmierzonych części.

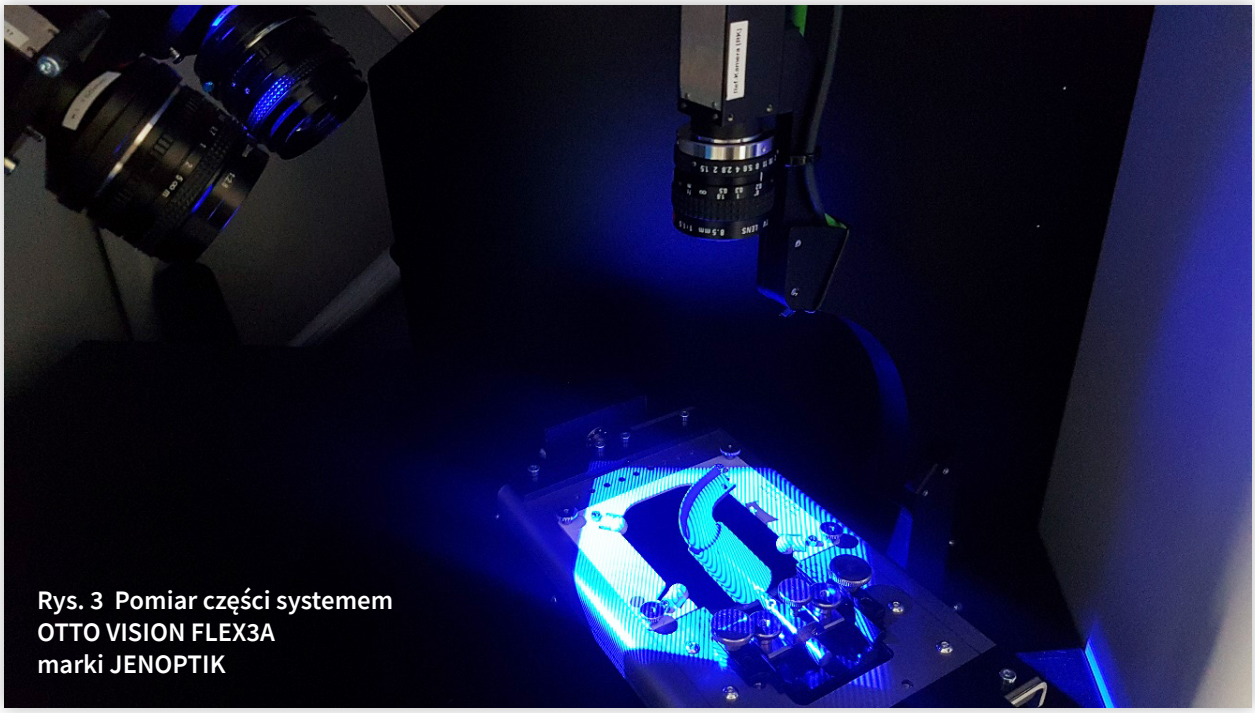
Dla obiektów o większych wymiarach gabarytowych stosowane są elastyczne, szybkie, ręczne oraz automatyczne systemy laserowe marki CREAFORM. Pozwalają one na pomiary elementów o wielkościach od kilkuset milimetrów nawet do 20 m długości, z zachowaniem bardzo niskiego maksymalnego błędu dopuszczalnego.

Systemy te są również bardzo szybkie – pozwalają na pomiar blisko 2 milionów punktów na sekundę. Zastosowana technologia niebieskiego lasera umożliwia skanowanie bardzo refleksyjnych powierzchni bez konieczności ich matowienia. Dzięki wysokiej szybkości skanowania przy użyciu skanerów 3D czas realizacji usług jest znacznie krótszy w porównaniu do innych rozwiązań dostępnych na rynku, a ponadto, po wykonanej pracy, na mierzonej części nie zostaje nawet ślad. Ta ostatnia właściwość skanerów laserowych Creaform okazuje się niezwykle ważna przy realizacji pewnych zadań, gdzie skanowane powierzchnie muszą pozostać nienaruszone.

Zgodnie z przedstawionym na rysunku 1 schematem procesu skanowania 3D firma ITA oferuje dwa rodzaje usług.

Pierwszym rodzajem są współrzędnościowe pomiary 3D obiektów o wymiarach od kilku milimetrów do nawet 20 m. W zależności od potrzeb i wymagań możliwe jest przygotowanie pełnego raportu pomiarowego składającego się z pomiarów liniowych, pomiarów odchyłek kształtu i położenia (GD&T i GPS), porównania z modelem CAD w postaci kolorowej mapy odchyłek czy realizacją wirtualnego złożenia celem sprawdzenia występujących kolizji.

Przekazane raporty pomiarowe są zawsze przejrzyste, czytelne i zgodne z wymaganiami przekazanymi przez klienta. Generowane są one w postaci plików



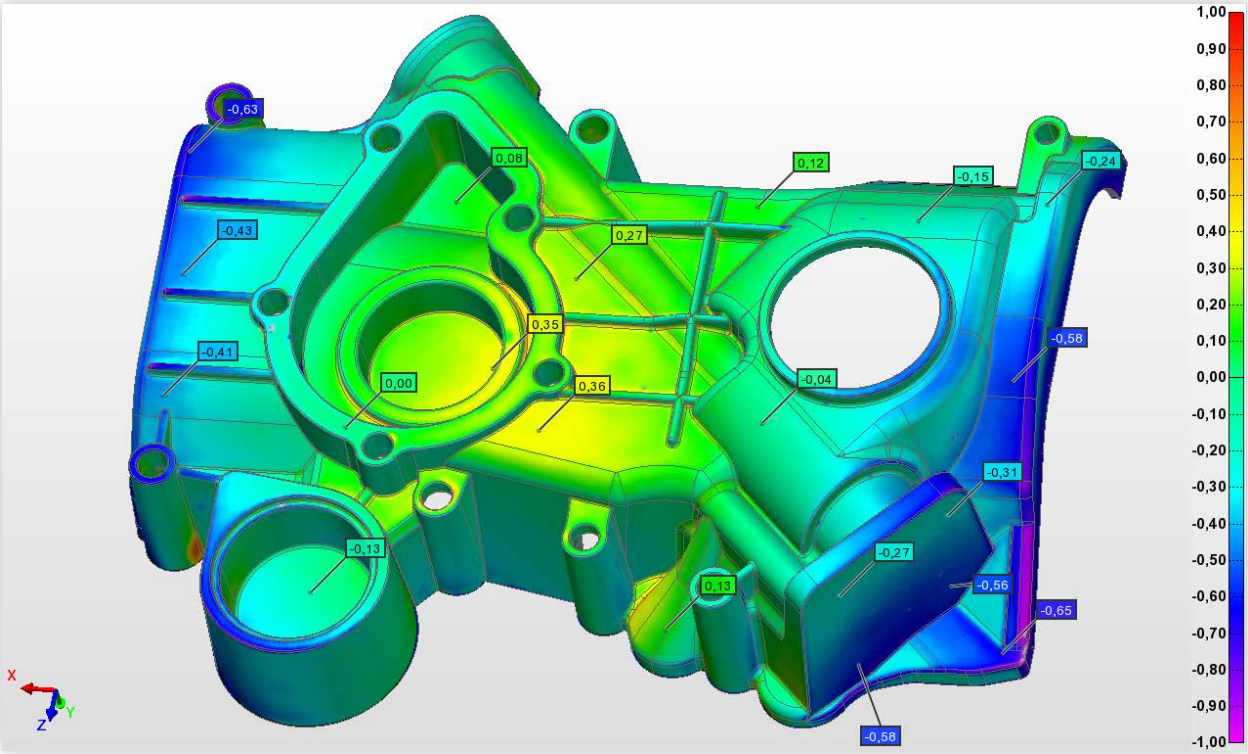
Rys. 3 Pomiar części systemem OTTO VISION FLEX3A marki JENOPTIK

Rys. 4 Przykład skanowania wymagającej powierzchni systemem MetraSCAN BLACK marki CREAFORM

PDF lub .xls/.csv. Dodatkowo na życzenie klienta możliwe jest przekazanie całego programu pomiarowego, który można otworzyć w interaktywnej przeglądarce wyników. Wszystkie pomiary można przeglądać w widoku 3D, co pozwala na jeszcze bardziej dogłębną analizę wyników pomiarowych.

Drugim rodzajem usług oferowanym przez firmę ITA są realizacje procesu inżynierii odwrotnej na podstawie danych uzyskanych ze skanowania 3D powierzonego obiektu. Z otrzymanych ze skanera plików możliwe jest przygotowanie modeli CAD 3D, dokumentacji technicznej 2D, wizualizacji obiektów, teksturowanie, złożenia całych zespołów czy modyfikacje istniejących konstrukcji.

Pojęcie inżynierii odwrotnej jest bardzo szerokie i obejmuje wiele branż. Możemy przyjąć, że jest to



Rys. 5 Przykładowy widok reprezentacji kolorowej mapy odchyłek

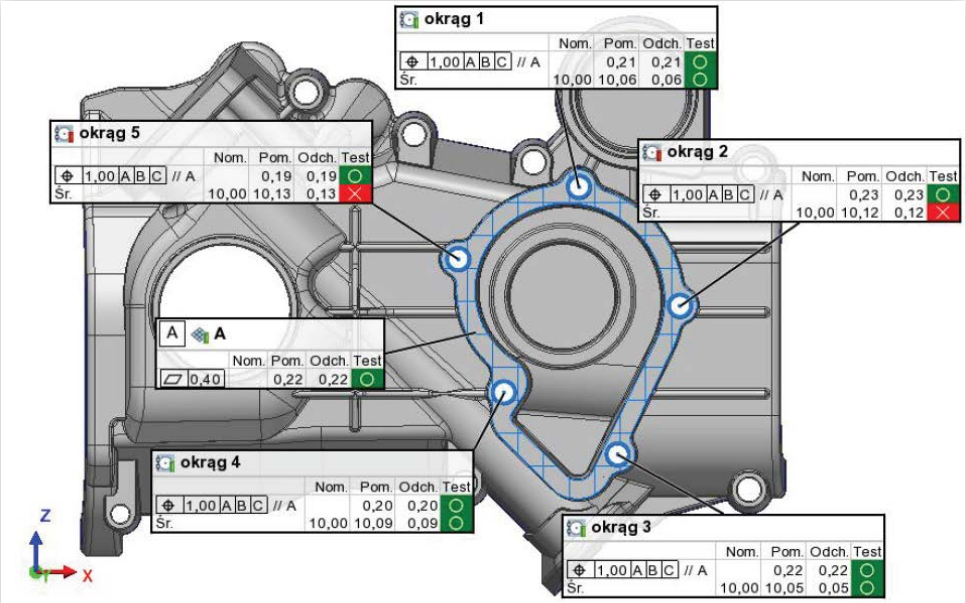


Tabela cechy

Jednostki długości	Milimetry
Układy współrzędnych	world
Wyrównania danych pomiarowych	baz ramka ref - A B C

Nazwa	Parametr	Nom.	Pom.	Tol.	Odch.	Test	Poza tol
A	0,40		0,22	0,40	0,22	Dobry	
okrąg 1	1,00 A B C // A		0,21	1,00	0,21	Dobry	
	Średnica	10,00	10,06	±0,10	0,06	Dobry	
okrąg 2	1,00 A B C // A		0,23	1,00	0,23	Dobry	
	Średnica	10,00	10,12	±0,10	0,12	Poza tol.	0,02
okrąg 3	1,00 A B C // A		0,22	1,00	0,22	Dobry	
	Średnica	10,00	10,05	±0,10	0,05	Dobry	
okrąg 4	1,00 A B C // A		0,20	1,00	0,20	Dobry	
	Średnica	10,00	10,09	±0,10	0,09	Dobry	
okrąg 5	1,00 A B C // A		0,19	1,00	0,19	Dobry	
	Średnica	10,00	10,13	±0,10	0,13	Poza tol.	0,03

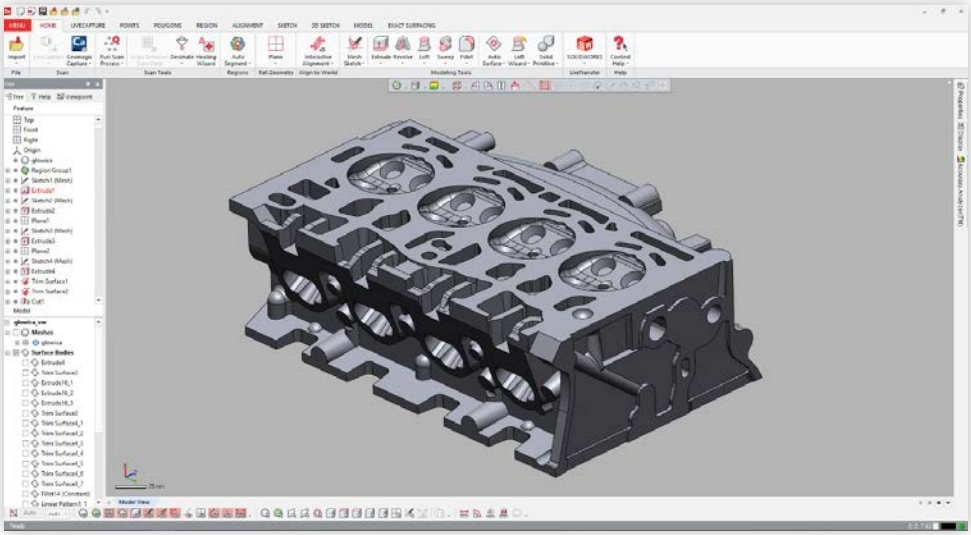
Rys. 6 Przykładowy widok strony raportu – widok 3D i tabela

podejmowanie takich działań, które pomogą poznać jak dany obiekt (oprogramowanie, maszyna, część zespołu) został zaprojektowany, i które wraz ze wszystkimi niezbędnymi informacjami odnośnie materiału, sposobu wykonania czy montażu, pozwolą na wierne odwzorowanie tego konkretnego obiektu.

W przypadku inżynierii odwrotnej w aspekcie geometrii przedmiotów możliwe jest wykorzystanie bardzo dokładnej technologii odwzorowywania kształtów, czyli wspomnianego już skanowania 3D. Dzięki uzyskanej po skanowaniu siatce trójkątów możemy przejść do przygotowywania trójwymiarowego modelu CAD 3D. Wyróżniamy trzy metody przygotowania modeli CAD 3D:

1. Model parametryczny (bryłowy) – opisany jest za pomocą parametrycznych cech konstrukcyjnych – prymitywów, konkretnych wymiarów, więzów, zależności oraz wykonywanych na nich operacjach. Pozwala to na uzyskanie bryły sztywnej, możliwej do edycji za pomocą przypisanych parametrów.

W prosty sposób możliwe jest edytowanie takiego modelu w oprogramowaniu CAD 3D czy przygotowanie dokumentacji 2D. Modele parametryczne pozwalają również na stosowanie ich w systemach CAM. Ich wykonanie jest jednak pracochłonne i często wymaga iteracyjnego podejścia w celu otrzymania gotowego modelu.



Rys. 7 Przykład modelu parametrycznego

2. Model powierzchniowy – wykonany za pomocą powierzchni nieparametrycznych, np. powierzchni NURBS.

Model powierzchniowy różni się funkcjonalnością od modelu parametrycznego. Nie

można go łatwo edytować czy bezproblemowo używać do obróbki CAM. Z powodzeniem jednak możliwe jest jego zastosowanie do przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej MES, wizualizacji, wirtualnego złożenia czy zastosowania w druku 3D. Głównym atutem modeli powierzchniowych jest czas przygotowania, który jest znacznie krótszy w porównaniu z modelem parametrycznym.

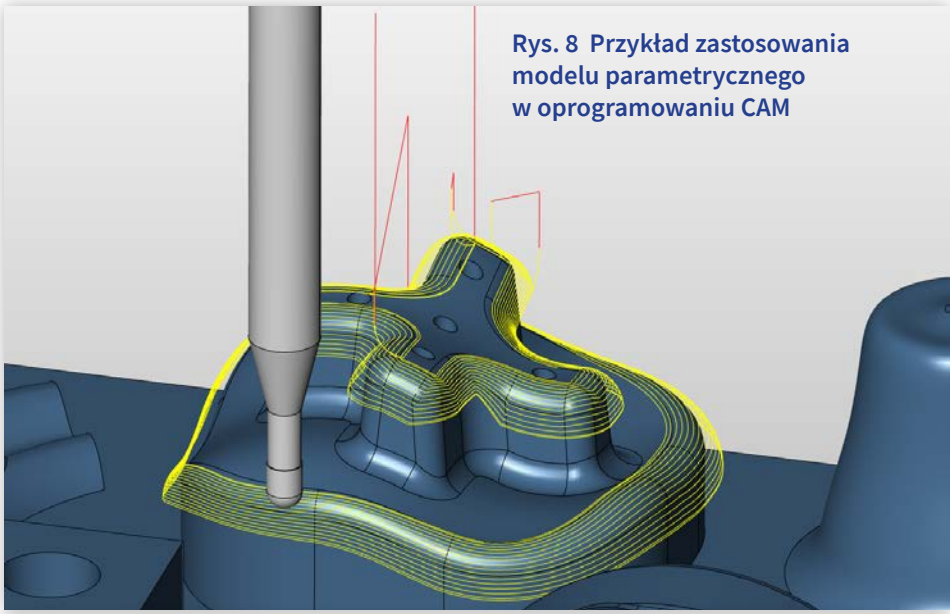
3. **Model hybrydowy** – połączenie powierzchniowego i parametrycznego sposobu projektowania. Zazwyczaj parametrycznie projektowane są powierzchnie współpracujące np. otwory czy płaszczyzny przylegania, natomiast powierzchnie mniej istotne opisywane są za pomocą powierzchni NURBS. Jest to statystycznie najczęściej wykorzystywana metoda modelowania, która łączy w sobie zalety metody parametrycznej oraz powierzchniowej. Pozwala ona na uzyskanie najważniejszych elementów obiektu w postaci parametrycznych cech konstrukcyjnych, a jednocześnie zapewnia krótki czas przygotowania.

Za wyborem oferty firmy ITA przemawia przede wszystkim wieloletnie doświadczenie, wykwalifikowana kadra inżynierska oraz wysoki poziom jakości świadczonych usług.

Zapraszamy do współpracy.

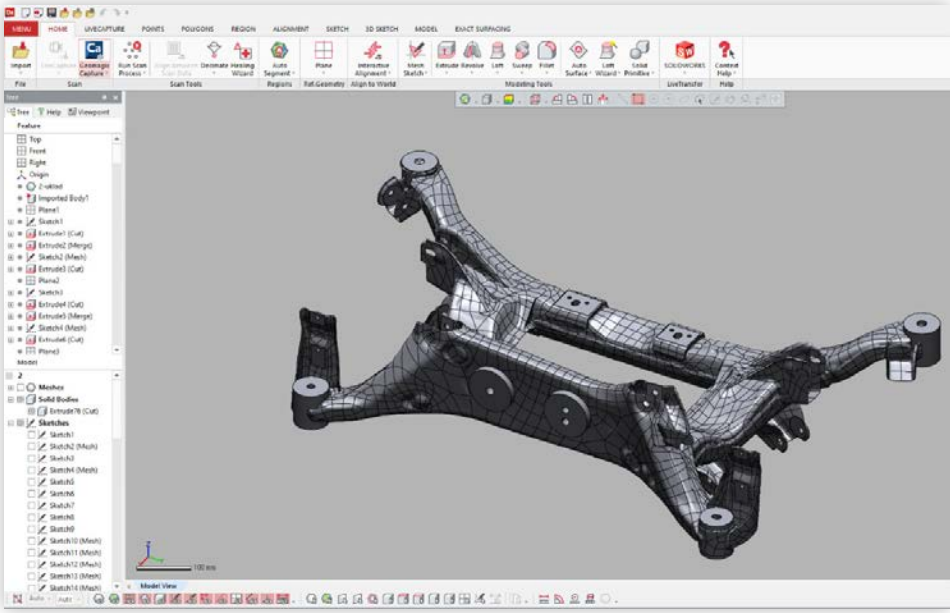
Mateusz Matuszak

ITA spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. k.
www.ita-polska.com.pl



Rys. 8 Przykład zastosowania modelu parametrycznego w oprogramowaniu CAM

Rys. 9 Przykład modelu powierzchniowego



Rys. 10 Przykład modelu hybrydowego

AirFish ekranoplan z Singapuru

Ryszard Romanowski

Bywa, że dawne projekty ożywają na nowo. Nowe metody badawcze pozwalają uniknąć dawnych wad. Zmieniają się również potrzeby i preferencje, szczególnie w dziedzinie transportu.

Lot ekranowy, kilka metrów nad powierzchnią wody, od lat fascynował inżynierów. Już piloci z czasów I wojny zauważyli, że lecąc bardzo nisko nad powierzchnią morza zużywa się znacznie mniej paliwa. Potwierdziły to doświadczenia z następnej wojny, szczególnie z Bitwy o Anglię, kiedy to często zdarzało się pilotom dolecieć poprzez kanał La Manche na resztkach paliwa. Podobnych efektów nie udawało się uzyskiwać nad lądem, ponieważ zabudowania, drzewa, linie energetyczne itp. nie pozwalały latać na pułapie od 3 do 5 m.

Zjawisko to, znane pilotom, badali inżynierowie, wśród których znajdował się również twórca m.in. skrzydła w układzie delta Alexander Martin Lippisch. Podobnie jak wielu niemieckich inżynierów lotniczych, po wojnie znalazł się w USA. W latach 1950-1964 pracował w firmie Collins Radio Corporation w Cedar Rapid. Podobno tam otrzymał zamówienie od swojego szefa na projekt niekonwencjonalnej, szybkiej łodzi motorowej i tak powstał X-112. Malejące zainteresowanie armii takimi konstrukcjami i tym samym ograniczanie dofinansowania sprawiły, że wstrzymano dalszy rozwój projektu.

Konstruktor w 1966 roku założył własną firmę Lippisch Research Corporation, w której rozwijano kolejne projekty X-113 i X-114. Lippisch zmarł w 1976 roku, ale wcześniej projektami zainteresowali się jego rodacy z firmy Rhein Flugzeugbau. Próby kontynuowano na Jeziorze

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

ANALIZY WYTRZYMAŁOŚCIOWE POJAZDÓW DWUDROGOWYCH

w oparciu o wytyczne normy EN-280 i EN-13001

Znając standardowe i powszechnie stosowane rozwiązania często nie zdajemy sobie sprawy z możliwości ich modyfikacji i dostosowania do konkretnych potrzeb. Bardzo ciekawym, inżynierskim przykładem, wpisującym się w działania szerokiej adaptacji i modyfikacji pod zakres zastosowania są pojazdy dwudrogowe. Pojazdy takie zasadniczo pełnią taką samą funkcję do jakiej zostały zaprojektowane, z tą małą różnicą, że prace mogą wykonywać na różnych nawierzchniach.

Piotr Harnatkiewicz, Leszek Musik

W niniejszym artykule przybliżymy problematykę procesu projektowania w zakresie analiz wytrzymałościowych pojazdów dwudrogowych w oparciu o wytyczne normy EN-280 i EN-13001 na przykładzie technicznego pojazdu drogowo-szynowego.

Wychodząc naprzeciw potrzebom utrzymania infrastruktury kolejowej podjęto działania mające na celu dostarczenie kompleksowego rozwiązania mobilnego podnośnika koszowego, mogącego poruszać się zarówno po zwykłych drogach kołowych, drogach nieutwardzonych i lekkim terenie,

Rys. 1 Pojazd dwutorowy ART17 TH na bazie platformy Manitou (fot. Rail Products)

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Katalizatory dla hipersonicznych statków powietrznych drukowane w 3D z metalu

Wysoko efektywny katalizator nowej konstrukcji może pomóc w przezwyciężeniu problemu przegrzewania się komponentów hipersonicznych statków powietrznych, a także przyczynić się do rozwiązania trudności z chłodzeniem w wielu gałęziach przemysłu.

Opracowane w Royal Melbourne Institute of Technology katalizatory są wszechstronne, efektywne i ekonomiczne. Jak tłumaczy Roxanne Hubesch z RMIT, zastosowanie paliwa jako środka chłodzącego było od dawna przedmiotem badań i doświadczeń. Do tej pory jednak brakowało katalizatorów, zapewniających odpowiednią efektywność, a przy tym zajmujących stosunkowo niewiele miejsca.

Do produkcji katalizatorów australijscy badacze wykorzystali druk 3D z użyciem specjalnych kompozycji stopowych. Następnie wymienniki ciepła zostały pokryte powłoką zeolitową (z syntetycznych minerałów glinokrzemianowych). Powstały w ten sposób miniaturowe reaktory chemiczne, w których cząstki rozgrzanego metalu wnikają w strukturę mineralną. Uzyskanie odpowiednich dla przebiegu reakcji struktur było możliwe dzięki technologii przyrostowej *Laser Powder Bed Fusion*. Konstrukcja katalizatorów jest skalowalna i może być dostosowana do różnych zastosowań.

Zdaniem dr. Macieja Mazura z RMIT, opracowany wynalazek to dobry przykład innowacji, która była możliwa dzięki interdyscyplinarnej kooperacji. Połączenie potencjału druku 3D z osiągnięciami z dziedziny chemii zaowocowało imponującymi rezultatami.

Dotychczasowe doświadczenia wykazały sprawność katalizatorów w warunkach ekstremalnych temperatur i ciśnień, którym poddane jest paliwo w układzie napędowym hipersonicznych statków powietrznych. Obecnie zespół naukowców prowadzi badania katalizatorów z wykorzystaniem synchrotronu i innych technik eksperymentalnych.

rmit.edu.au

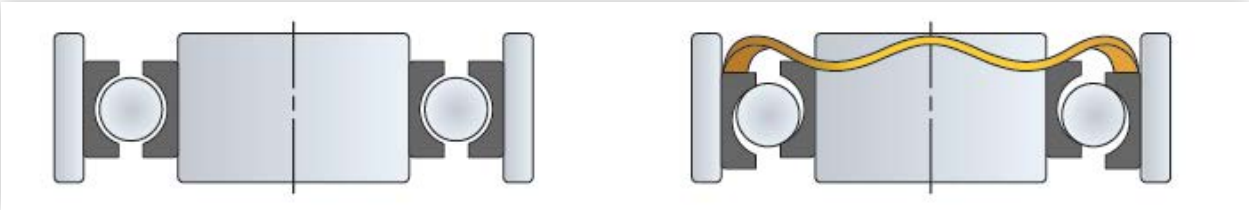
Sprężyny faliste do wstępnego obciążania łożysk: co, jak i dlaczego?

Czym jest wstępne obciążanie łożyska? Jak to się robi? Dlaczego warto wstępnie obciążać łożyska? Co mamy na myśli, kiedy mówimy o wstępnym obciążaniu łożyska?

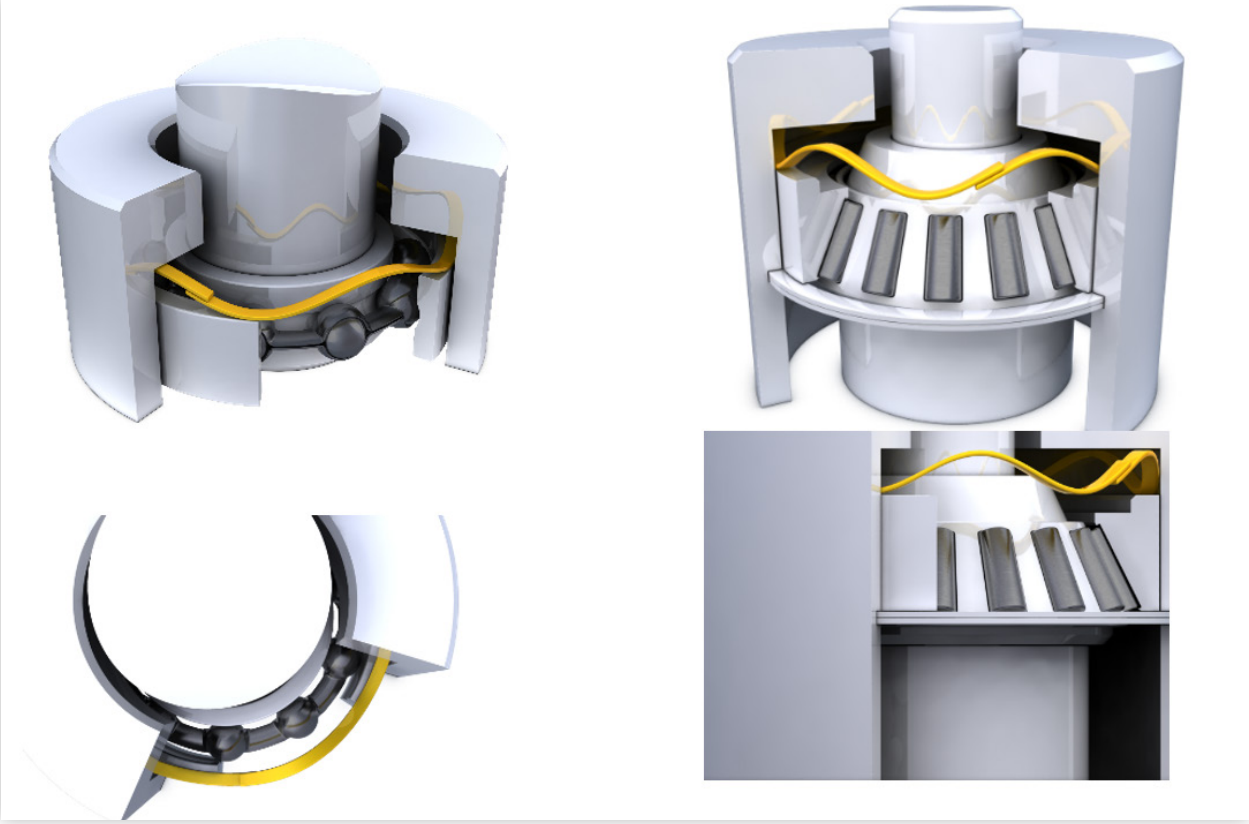
Łożyska są konstruowane z myślą o swobodnym poruszaniu się i składają się z wielu komponentów, które pracują razem w złożeniu. Dodawanie tolerancji wynikających zarówno z procesu produkcji komponentów, jak i z montażu finalnego produktu łatwo może skutkować wystąpieniem problemów. Właśnie wtedy ujawniają się zalety wstępnego obciążania łożysk.

Wstępne obciążanie wiąże się z przyłożeniem ciągłej siły osiowej do łożyska. Jak uzyskać taki efekt? Czy są rożne rodzaje obciążeń wstępnych? Zasadniczo są dwie metody obciążania łożyska. Jedną z nich jest metoda obciążania „na stałe" z wykorzystaniem mechanizmu, który odpowiednio utrzymuje wewnętrzny i zewnętrzny pierścień łożyska.

Bardziej popularna, a zarazem prostsza i tańsza jest metoda obciążenia wstępnego z wykorzystaniem sprężyny, która zapewnia przyłożenie stałej siły osiowej z danej strony łożyska. Jednozwojowe sprężyny faliste Smalley zapewniają niezbędną siłę nacisku wstępnego między wewnętrznymi i zewnętrznymi pierścieniami łożyska, jednocześnie kompensując różnego rodzaju dodane tolerancje czy niewspółosiowość termiczną. Luz ulega redukcji, zarówno w wymiarze promieniowym, jak i osiowym, co ilustruje rysunek poniżej.



Po lewej: łożysko bez obciążenia wstępnego. Luzy mogą powodować wibracje i przyspieszone zużycie komponentów. *Po prawej:* łożysko z obciążeniem wstępnym. Kulki i pierścienie przylegają do siebie, co skutkuje redukcją drgań i chroni przed zużyciem



Dlaczego więc obciążamy wstępnie łożyska?

Kontrolowanie luzu ma zasadnicze znaczenie dla zachowania funkcjonalności i długotrwałości łożyska. Nacisk zapewnia stały kontakt między elementami łożyska (typu kulki czy igiełki) a pierścieniami. Wśród zalet takiego rozwiązania jest między innymi redukcja luzów osiowych i promieniowych. Głównym celem wstępnego obciążania jest przedłużenie trwałości łożyska, a co za tym idzie, także Państwa urządzeń.

ZALETY WSTĘPNEGO OBCIĄŻANIA ŁOŻYSK

Prawidłowe obciążenie łożyska przedłuży jego trwałość. Użycie do tego celu sprężyny sprawdzi się w zastosowaniach o znaczeniu krytycznym, a więc o wysokiej precyzji, czy też o wysokich prędkościach obrotowych. Zasadniczo wykorzystanie sprężyny wiąże się z zmniejszeniem wymagań w zakresie tolerancji samego łożyska, a jednocześnie pomaga wytrzymać wyższe prędkości robocze.

Zalety:

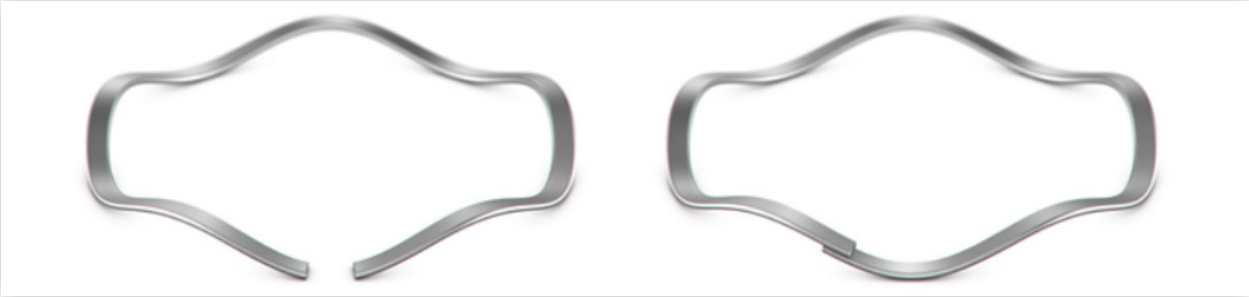
- **Kontrola luzu osiowego i promieniowego**
  Komplet kulek i pierścienie przylegają pewnie i przejmują różnice wymiarowe.
- **Mniejsze zużycie łożyska**
  Lepszy rozkład obciążeń między łożyskami dzięki konstrukcji falistej.
- **Redukcja wibracji i hałasu**
  Ciche złożenia, nawet w zastosowaniach o wysokim poziomie drgań.
- **Eliminacja poślizgu kulek**
  Oddziaływanie stałej siły zapewnia płynny ruch.
- **Precyzyjne pozycjonowanie wału**
  Sprężyna falista utrzymuje wał w pozycji centralnej, co powoduje optymalne rozłożenie siły odśrodkowej.

WYBÓR SPRĘŻYNY DO WSTĘPNEGO OBCIĄŻENIA ŁOŻYSKA

Jakiego rodzaju sprężyny użyć?

Każde zastosowanie ma unikalny charakter, co powoduje, że dobór właściwej sprężyny jest bardzo istotny.

Należy wziąć pod uwagę tolerancje całościowe, gdyż umieszczenie zbyt dużego obciążenia wstępnego na łożysku może skutkować jego przyspieszonym zużyciem. Z kolei zbyt małe obciążenie



Sprężyna falista z luką (po lewej) i sprężyna z końcówkami „na zakładkę" (z prawej)

może wiązać się ze zwiększeniem poziomu hałasu w układach o wysokim poziomie drgań.

Seria SSB sprężyn falistych firmy Smalley do wstępnego obciążenia łożysk została precyzyjnie zaprojektowana pod kątem potencjalnych zastosowań. Podstawowe dwa typy jednozwojowych sprężyn falistych w naszej ofercie to sprężyny z luką i sprężyny „na zakładkę".

Jak sama nazwa wskazuje, sprężyny z luką mają odstęp pomiędzy końcówkami zwoju, podczas gdy w przypadku sprężyn „na zakładkę" końcówki zwojów zachodzą na siebie. Sprężyny w obu konfiguracjach mogą swobodnie obracać się po obwodzie łożyska, również podczas ugięcia i kompresji, co stanowi istotną zaletę w porównaniu do konwencjonalnych podkładek falistych. Zbyt mocno wciśnięte podkładki mogą ulec zakleszczeniu czy usztywnieniu, co sprawia, że obciążenie sprężyste staje się nieprzewidywalne.

Możemy zaoferować ponad 300 standardowych części wykonanych ze stali nierdzewnej lub węglowej, odpowiadających najbardziej popularnym rozmiarom łożysk. Właściwy rozmiar znajdą Państwo w tabeli odnośników.

Jeśli interesują Państwa sprężyny do zastosowań wymagających większej siły, mogą Państwo wziąć pod uwagę sprężyny zagnieżdżone z naszej oferty, zapewniające mocniejsze obciążenie wstępne. Na dole strony przedstawiono zagnieżdżoną sprężynę falistą o trzech zwojach w przykładowym zastosowaniu.

ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

Nasz zespół inżynierów jest do Państwa dyspozycji – chętnie pomożemy zaprojektować niestandardową sprężynę na potrzeby Państwa aplikacji.

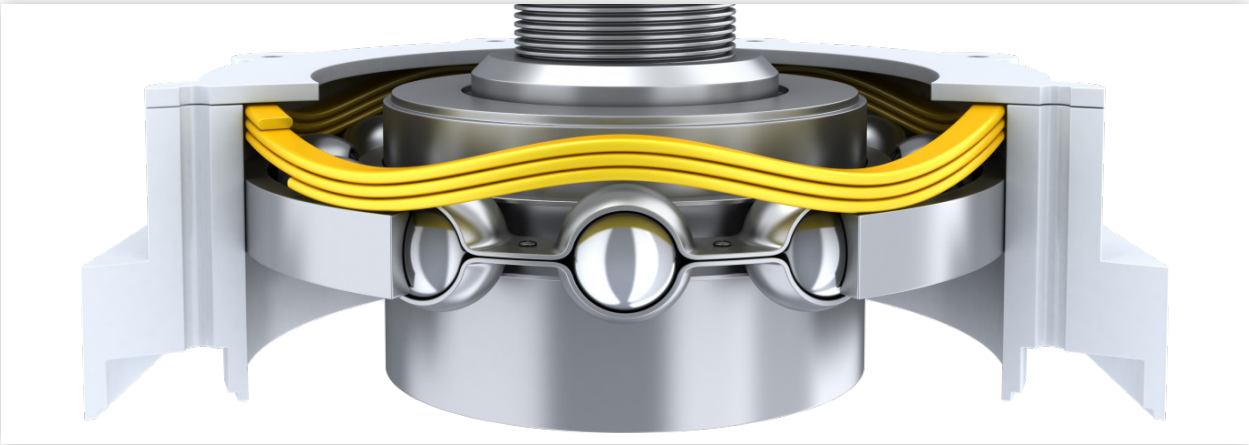
□

Pobierz Smalley's Parts & Engineering Catalog lub zamów egzemplarz papierowy

Pobierz broszurę serii Smalley SSB

Zamów bezpłatne próbki do testów

Prześlij nam swoje wymagania, a dobierzemy lub zaprojektujemy odpowiednią część



Aspekty i elementy HYDRAULIKI OBRABIARKOWEJ cz. 1

Hydromechanika stosowana jest w technice od zarania dziejów. Już starożytni Egipcjanie, a później Grecy i Rzymianie próbowali opisać zjawiska hydrauliki i zastosować je w obronności, do manipulowania rzeszami ludzi, czy do poprawy jakości życia. Mistrzami w budowie wielkich akweduktów, kanałów i rurociągów byli Rzymianie. Ich systemy kanalizacyjne czy doprowadzające wodę do mieszkań w kilkupiętrowych kamienicach budzą podziw do dzisiaj. Do naszych czasów nastąpił postęp w opanowaniu i zastosowaniach zjawisk fizycznych związanych z hydromechaniką, która jest nauką o prawach jakim podlega ciecz w spoczynku i w ruchu.

W cyklu kilku artykułów omówimy niektóre praktyczne aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej, będącej specyficzną częścią hydrauliki, która z kolei jest częścią hydromechaniki. Podstawy budowy i działania poszczególnych elementów układów hydraulicznych znajdują się pozycjach ujętych w bibliografii, na końcu artykułu.

Aleksander Łukomski

Hydraulika rozwinęła się wcześniej od hydromechaniki, która natrafiała na poważne przeszkody związane z fizyką cieczy i z matematyką. Hydraulika obejmuje prawa ruchu cieczy empirycznie, choć uwzględnia ogólne prawa mechaniki, ale w sposób przybliżony, jednak wystarczający w praktyce inżynierskiej.

Cieczą może być gaz lub płyn. W praktyce gazami zajmuje się część hydrauliki nazwana pneumatyką, a nazwa hydraulika dotyczy głównie płynów.

Hydromechanika, a także hydraulika są obszernymi dziedzinami nauki i techniki opisującymi własności fizyczne cieczy, w różnych warunkach temperaturowych, ciężary właściwe, współczynniki rozszerzalności objętościowej i wiele innych. Obejmują one też prawa Eulera, Pascala, Reynoldsa, równanie Bernoulliego – jedno z podstawowych równań hydrodynamiki płynów idealnych, regułę Blasiusa, przepływy ustalone, burzliwe i wiele innych praw i zasad.

W hydraulice występuje szereg znanych i nie do końca rozstrzygniętych problemów z pogranicza teorii i praktyki, np. wypływ cieczy przez mały otwór, wypływ cieczy przez duży otwór o dowolnym zarysie, wypływ cieczy przez króćce, straty ciśnienia z różnych powodów. Choć jest tych problemów wiele to jakoś praktyka inżynierska sobie z nimi radzi. Jest wiele wzorów matematycznych i wykresów pomagających wybrnąć

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Jedyny wyścigowy Junak

Junak to jedyny seryjnie produkowany duży, czterosuwowy motocykl PRLu. Maszyna obrosła w mity i stała się kultowa. Bezskutecznie próbowano poprawiać rekord szybkości z lat pięćdziesiątych. Tymczasem od niemal dekady opolanin Robert Kopiec ściga się Junakiem w wyścigach motocykli zabytkowych. Niestety w Polsce mamy jedyny, ciągle niedoinwestowany tor w Poznaniu. Pozostają więc mistrzostwa Czech. U naszych południowych sąsiadów Polski Junak konkuruje z maszynami, które zawsze były daleko poza zasięgiem tego motocykla. Jego czeski rówieśnik CZ Walter w seryjnej wersji miał 32 KM z 350 ccm i wałek rozrządu w głowicy. Włoski odpowiednik Aermacchi Ala d'Oro rozwijał 42 KM z 350 ccm. Jak to się dzieje, że Junak, który seryjnie miał 17, a nieco później 19 KM potrafi im dorównać?

Z Robertem Kopcem, w przerwie pomiędzy wyścigami w Brannie podczas XXIII Kolstejnskego Okruhu o nagrodę Vaclava Parusa, rozmawia Ryszard Romanowski

– *Dlaczego właśnie Junak, a nie motocykl, który już w seryjnej wersji dysponował odpowiednią mocą silnika?*

– Wyścigowy Junak powstał trochę przypadkowo. Pojechaliśmy kiedyś z kolegą do Lublina na wyścigi „staruszków". Ja swoim M-72 z koszem, bo była tam klasa sidecar. Kolega na NSU. Pojeździliśmy tam troszkę i wtedy na dobre dojrzał pomysł aby zbudować coś na wyścigi w Brannie. Jak widziałem w Lublinie Junaki, które tak fajnie składają się w zakręty, co dla mnie było nieosiągalne, to coraz intensywniej myślałem o Junaku.

Junak gotowy do startu

Wyścigowy Junak Roberta Kopca; widoczne suche sprzęgło

I w końcu padło na Junaka. Głównie dlatego, że była w domu rama. Od niej się zaczęło. Junak został po prostu poskładany, głownie z części złomowych, ale nie tylko. Nie ma w nim nic z jednego motocykla. Wszystko jest pozbierane z czegoś. Można powiedzieć, że uratowałem wiele części Junaków, które trafiłyby do huty.

– *Rozmawiając podczas próby bicia rekordu z inż. Kuleszą dowiedziałem się, że silnik Junaka w zasadzie nie nadaje się do sportu. Ponadto zdarza się, że części poszczególnych egzemplarzy są niewymienne. Jaka jest Twoja opinia?*

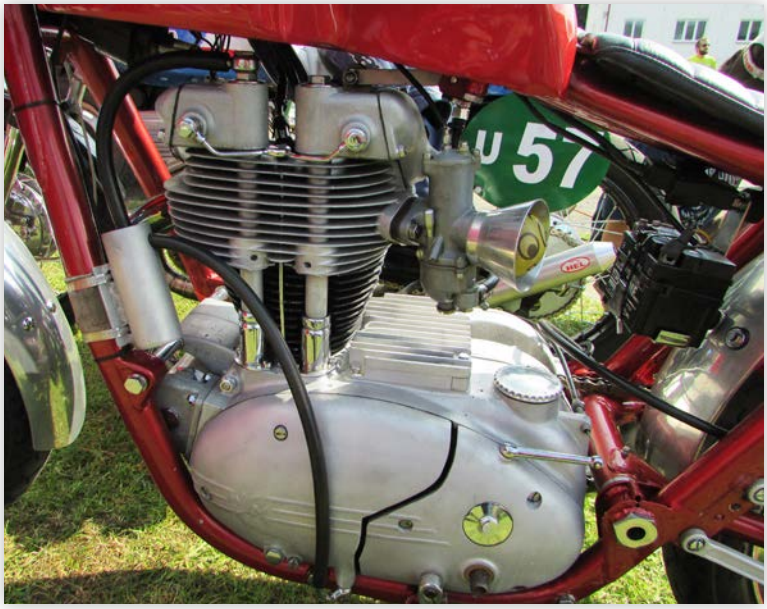
– Junak to ciężka materia jeżeli chodzi o sport. Siedem lat walczyłem aby dojeżdżał do mety. Jakoś się udało. W silniku jest tylko obudowa oryginalna, reszta okazała się do poprawy lub do dorobienia, a w najlepszych przypadkach do poważnych przeróbek. Żelastwo było strasznie toporne.

Jest tak, że najlepiej się robi i składa Junaka, który był zawsze kompletny. Wtedy wszystko pasuje do siebie. Fabryka to była taka troszkę manufaktura, jak to bywało dawniej, za komuny. Więc jeżeli nie ma się kompletnego motocykla i chce się go składać z części, to trzeba trochę się napracować.

– *Jak wyścigowego Junaka przyjęli Czesi?*

– Motocykl zrobił furorę z samego faktu, że to Junak. Czesi w ogóle go nie znali. Wiedzieli, że coś takiego było, ale nigdy go nie widzieli i nie

Przedni hamulec z dodatkowym chłodzeniem



Junak – lewa strona silnika

Robert Kopiec w przerwie między wyścigami

mieli. Zresztą nie musieli go mieć, bo mieli swoje bardzo dobre motocykle. To że Junak jechał to już było coś.

Gdy pierwszy raz wystartowałem to dla mnie on strasznie pędził. Ale jak zobaczyłem, że wszyscy są przede mną to uznałem, że jednak nie jedzie jak trzeba, że jest coś nie tak. Zaczęło się grzebanie, żeby dodać trochę mocy.

Czechy to kraj, który żyje wyścigami motocyklowymi od lat. To motoryzacyjna Mekka. Walczyć z nimi nie jest łatwo. Do dzisiaj mam problem, bo są trzy Jawy dla Junaka nieosiągalne. Wygrać z nimi się nie da. Ale CZ Waltery 350, które są typowymi wyścigówkami, jeżdżą na metanolu, mają tę samą pojemność, też jeden cylinder – już są w zasięgu. Da się radę z nimi powalczyć. Doszedłem do takiego etapu, że Junak stał się konkurencyjny i chyba już go tak zostawię, chociaż w głowie ciągle powstaje jakiś nowy pomysł, bo wszystko da się poprawić.

– Zapewne dlatego zbudowałeś wyścigowego Urala?

– Ural sidecar powstał gdzieś w głowie. Zobaczymy co dalej z nim będzie. Na razie dojechał. Może nie do końca treningów, bo zjechałem wcześniej, ale jechał, oleju nie wypluł, nie zatarł się. Jakoś się udało.

Jeden z konkurentów – CZ Walter 350

Ural z załogą Robert Kopiec, Leszek Pietrzyk na trasie wyścigu (fot. Mirek Škoda)

Zapowiada się co najmniej taka droga jak z Junakiem. To też jest bardzo toporna materia.

– *Być może będzie mniej kłopotów z doborem części i ich dopasowywaniem?*

– Silnik Urala jest tylko pozornie łatwiejszy. A naprawdę jest dużo trudniejszy od Junaka. Szczególnie głowice to kompletna porażka. Nie wiem kto to konstruował, ale nie udało mu się. Jest to poważny problem i zapowiada się robota na całą zimę. Cylindry, tłoki, wał, rozrząd to już mniejszy problem. Silnik ma katalogowo 45 KM, chociaż nie wiem gdzie one są. Myślę, że kiedyś dojdę do 55. Zobaczymy jak to wyjdzie.

Urali ściga się kilka, a Junak jest tylko jeden. Czekam cały czas na konkurencję. Wielu mówi, że robi Junaka, ale jak na razie ich nie widać.

– *Mierzyłem amatorsko czasy na długiej prostej i wychodziło, że jedziesz około 160 km/h. Jaką ten motocykl ma moc?*

– Nigdy nie byłem na hamowni. Nie wiem, może nie chcę się rozczarować. Ja porównuję cały czas tego Junaka do CZ Waltera, która katalogowo ma 32 KM. Myślę że mam podobną moc. Poza tym na Walterach jeżdżą doświadczeni i utytułowani zawodnicy, przy których ja jestem zupełnym amatorem i myślę, że moja jazda nie jest kluczem do zwycięstw, a udaje się wygrywać. Na tej podstawie sądzę, że Junak ma około 30 KM. To jest najlepszy sprawdzian. Może pojadę kiedyś na hamownię, nie wiem.

– *Czy wtedy jak w głowie pojawią się nowe pomysły, a w motocyklu kolejne zmiany?*

– Znalazłem się w takiej sytuacji, że dojeżdżam do mety i nic się nie psuje. Nie wiem czy więcej grzebać i kombinować. Dojeżdżam, potrafię powalczyć i chyba to tak zostawię. Siedem lat męki przy tym żelastwie trochę dało popalić, teraz mam drugą mękę – Urala. Chyba chcę Junakiem dojeżdżać do mety i niewiele przy nim robić. Jak to mówią Amerykanie: nie ingerować w rzeczy, które działają.

– *Dziękuję za rozmowę.*

z Robertem Kopcem
rozmawiał Ryszard Romanowski

Ural

PS. Robert Kopiec zakończył na Junaku wyścig na drugim miejscu pozostawiając za sobą 11 motocykli, w tym Jawy, Ducati i CZ Waltery. Wygrał Zdenek Paznocht na Aermacchi Ala d'Oro. W klasie Sidecar 1, Ural z załogą Robert Kopiec, Leszek Pietrzyk minął metę na siódmym miejscu na jedenaście sklasyfikowanych załóg.

Chomąto i elektrowstrząsy

No to doczekaliśmy się. Galernicy, niewolnicy w kieratach, ludzie w chomątach itp. atrakcje wieków minionych wracają. Wszystko rzecz jasna na fali walki o lepsze jutro, o świetlaną przyszłość i dbałość o planetę.

Tomasz Gerard

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Prenumerata

PRENUMERATA ROCZNA

e-wydanie: 1 egzemplarz na 1 komputer (dla wielu użytkowników) lub dla 1 osoby (na wiele urządzeń)

- prenumerata zwykła, krajowa: 105 zł
- dla uczniów i studentów: 84 zł
- prenumerata z licencją do wykorzystania na większej liczbie stanowisk – od 10 do powyżej 200 stanowisk (koszt zależny od liczby stanowisk)

Prenumeratę można rozpocząć od dowolnego miesiąca w roku.
Prenumerata obejmuje 6 kolejnych wydań w wersji elektronicznej.

Koszt pojedynczego e-wydania: 17,50 zł

WYDANIA ARCHIWALNE

- dostępne pojedyncze wydania i całe roczniki (w wersji elektronicznej, jak i papierowej – oprócz numerów o wyczerpanym nakładzie oraz wybranych wydań z 2020 r.)

Pojedyncze wydania archiwalne z lat 2009-2020 dostępne są w cenie:
17,50 zł – wersja papierowa
12,50 zł – wersja elektroniczna
Przy zamówieniach większej liczby egzemplarzy oferujemy korzystne upusty cenowe.

DANE DO ZAMÓWIENIA

Wpłat prosimy dokonywać na konto wydawcy:
ITER, ul . Marszałkowska 111, 00-102 Warszawa
mBank SA, nr konta: 10 1140 2017 0000 4102 0885 4194

W tytule przelewu prosimy podać szczegóły zamówienia
(np. rodzaj prenumeraty, numer i rok zamawianego wydania).
Prosimy także o podanie dokładnych danych adresowych i adresu email.

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

tel. +48 532 493 072,
tel. +48 22 112 86 90,
prenumerata@iter.com.pl