ISSN 1899-699X cena 20,25 zł (w tym 8% VAT)

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

7/8 (190/191) lipiec/sierpień 2023

- Narzędzia do frezowania gwintów
- Due diligence – ocena i wycena zakładów produkcyjnych
- Obrabiarki do metalu – szlifierki

Symulacje i analizy inżynierskie

Modelowanie szoku mechanicznego – porównanie metod

Definiowanie materiału na użytek symulacji obróbki skrawaniem, wytłaczania, odlewania i kucia

Nowości salonu lotniczego PARIS AIR SHOW 2023

ZWCAD 2024

Co pojawiło się w najnowszej wersji?

- obsługa chmury punktów
- edytor bloków parametrycznych - Flexiblock
- nowe funkcje 3D & perspektywa
- możliwość podkładania plików DGN
- szybki pomiar i opisywanie powierzchni
- nowy dynamiczny panel właściwości
- i wiele innych

Poznaj
nowy ZWCAD MFG
dla branż mechanicznej,
produkcyjnej i wytwórczej!
Sprawdź na **zwcad.pl**

Testuj, pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

ZWCAD.pl

Usługi Informatyczne SZANSA Sp. z o.o.
33 488 07 20 biuro@zwcad.pl

Sprawdź i pobierz
www.zwcad.pl

ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 7/8 (190/191)
lipiec/sierpień 2023

rok XVII
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

fot. na okładce: Alex Marc | siae.fr

ITER © 2023

Drodzy Czytelnicy,

Duch walki, tak usilnie wypierany z naszej współczesności przez rozmaitych decydentów w tzw. nowoczesnym świecie ostatnich dziesięcioleci, dziś w społeczeństwie jest już cechą recesywną, jak by to powiedzieli biolodzy, czyli w zaniku. Wizja świata przyszłości zakłada, że wszystko dla wszystkich ma być lekko, łatwo, przyjemnie i bezstresowo, a jeśli komuś coś nie będzie się udawać to w pogotowiu będzie cała armia zawodowych „pomagaczy", dbających by neutralizować stres, wyrównywać szanse, uruchamiać programy pomocowe, uważać by nikt nie czuł się wykluczony pod jakimkolwiek względem.

Normalne życie jest jednak ciągłym zmaganiem się z przeciwnościami różnego gatunku i rodzaju.

Próby stworzenia świata bez problemów to zamach na istotę tej normalności – od kołyski przecież człowiek musi radzić sobie z rozmaitymi przeszkodami, niedoborami, kłopotami, i dzięki temu się rozwija. Taki świat bez problemów, jaki próbuje nam się stworzyć, podobny jest raczej do „domu bez klamek", ze ścianami wyłożonymi miękkim materiałem, aby jego pensjonariuszom nie stała się krzywda.

Św. Maksymilian Maria Kolbe, w odniesieniu do kształtowania woli i charakteru tłumaczył, że bez przeszkód nie byłoby walki, bez walki nie byłoby zwycięstwa, a bez zwycięstwa nie ma nagrody.

Każdy człowiek może być zwycięzcą, nawet ten z pozoru najmniejszy i najsłabszy. Każdy jeden może przecież zwyciężać własne słabości – choć to wcale nie najłatwiejsza walka, a wręcz przeciwnie. Bo moc w słabości właśnie się doskonali.

Zapraszam do lektury kolejnego wydania naszego magazynu, życząc jednocześnie siły i wytrwałości w życiowych zmaganiach.

Przemysław Zbierski

Spis treści

Nr 7/8 (190/191)
LIPIEC/SIERPIEŃ 2023

Topologiczny półmetal i nowa odmiana elektroniki 6

Nanofoam ma zapewnić bezpieczeństwo sportowcom i kierowcom 7

Zaskakujący interfejs grafit-grafen 8

Przechowywanie wodoru w stanie stałym 8

Elektrochemiczna metoda otrzymywania żelaza 9

Metaliczny żel do druku 3D/4D 10

Miękkie roboty sterowane magnesem 12

Mobile Smart Factory dla zabezpieczenia technicznego sił zbrojnych 13

Elektryczny Caterham 14

24-godzinny lot stratosferyczny PHASA-35 15

Obrabiarki skrawające do metalu: szlifierki 16
Aleksander Łukomski

Paris Air Show 2023 26
Ryszard Romanowski

Definiowanie materiału na użytek
symulacji kształtowania wyrobów metalowych 32
Sumit Hazra

Demontaż samoblokujących pierścieni ustalających *Tab and Slot* 40

Porównanie metod modelowania impulsu mechanicznego 42
Maciej Majerczak — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Narzędzia do frezowania gwintów 44
Julian Kiełczewski, Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

System szybkiego montażu rurociągów stalowych 46

ZS 800 – motocykl w wielkim stylu 49
Jacek Zbierski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Automatyzacja procesu kontroli jakości
z wykorzystaniem skanerów 3D 52
Damian Dziura — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Lotus 7 54
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Due diligence – ocena i wycena zakładów produkcyjnych 58
Aleksander Łukomski

KONSTRUKCJE

49 ZS 800 – motocykl w wielkim stylu

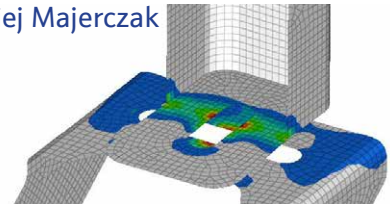
Jacek Zbierski

Jak objaśnia Jan Žuži, główny konstruktor ZS 800, wytrzymałe i lekkie materiały, takie jak kompozyt węglowy, tytan, stal chromowo-molibdenowa i lotnicze duraluminium umożliwiły odkrycie na nowo takich rozwiązań jak sztywna rama tylna, przednie zawieszenie typu girder i hydrauliczne hamulce bębnowe.

ANALIZY i SYMULACJE

42 Porównanie metod modelowania impulsu mechanicznego

Maciej Majerczak

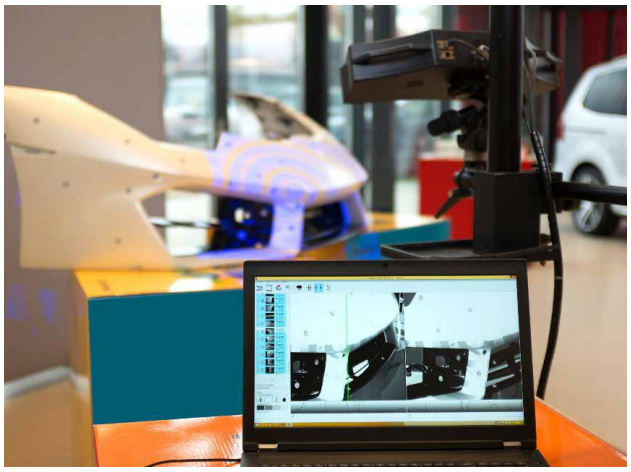


CZĘŚCI MASZYN i URZĄDZEŃ

44 Narzędzia do frezowania gwintów

Julian Kiełczewski, Aleksander Łukomski

Frezowanie gwintu może zapewnić lepszą jakość gwintu niż gwintowanie gwintownikiem, gdyż daje lepsze odprowadzanie wiórów.



MASZYNY i URZĄDZENIA

16 Obrabiarki skrawające do metalu – szlifierki

Aleksander Łukomski

ROZWIĄZANIA

52 Automatyzacja procesu kontroli jakości z wykorzystaniem skanerów 3D

Damian Dziura

Zaplanowano zamianę procesu kontroli jakości, wykonywanej przez operatorów pięciu stanowisk obróbczych, na stację kontroli jakości, która w automatycznym procesie pozwoliłaby zweryfikować produkowane detale.

Topologiczny półmetal i nowa odmiana elektroniki

W wielu firmach i uczelniach prowadzi się badania nad możliwościami zwiększenia mocy obliczeniowej komputerów, powiększenia pamięci, przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia energii.

Udało się to naukowcom z Uniwersytetu Minnesoty. Zainteresowali się oni klasą materiałów kwantowych zwanych półmetalami topologicznymi. W materiałach tych elektrony zachowują się w zupełnie inny sposób niż w przewodnikach i izolatorach, co czyni je idealnym budulcem nowej klasy elektroniki – *spintronics*, w której, w przeciwieństwie do tradycyjnych półprzewodników, wykorzystywany jest nie ładunek, lecz spin elektronów.

Stosując domieszkowanie magnetyczne osiągnięto taki efekt, że materiał raz jest przewodnikiem raz izolatorem. Po raz pierwszy zsyntetyzowano cienką warstwę półmetalu topologicznego. Otrzymanie nowego materiału jest zgodne z przemysłowym procesem rozpylania katodowego. Pozwala to na łatwe przejęcie technologii przez funkcjonujący obecnie przemysł.

– Normalnie w polu magnetycznym oporność materiału rośnie, a tu spada, aż do wartości ujemnych – ogłosił Tony Low, profesor College of Science and Engineering Uniwersytetu Minnesoty. W konsekwencji opracowany materiał może zostać wykorzystany do budowy elektroniki wykazującej znacznie mniejsze zużycie energii elektrycznej.

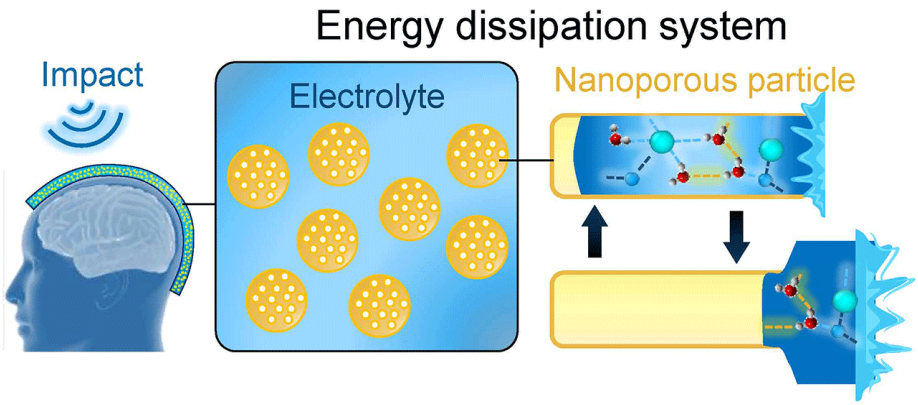
twin-cities.umn.edu

Nanofoam ma zapewnić bezpieczeństwo sportowcom i kierowcom

Obecnie używane kaski i poduszki powietrzne dalekie są od ideału. Często wytrzymując siłę uderzeń nie zabezpieczają przed przeciążeniami, co prowadzi do poważnych urazów. Zespół naukowców z University of Virginia, kierowany przez Baoxinga Xu, po wielu latach badań opracował nowe tworzywo Nanofoam. Jest to pianka wypełniona zjonizowaną cieczą na bazie wody. Ciecz nie zwilża otaczających ją materiałów. Doskonale łączy się z nanopianką, a także jest wystarczająco miękka i sprężysta. W przeciwieństwie do dotychczas stosowanych rozwiązań zapewnia wysoki stopień rozproszenia energii, by następnie powrócić do pierwotnego kształtu.

Całość jest lekka. Po uderzeniu nie występuje typowe dla innych rozwiązań zagęszczenie materiału, jego twardnienie w miejscu uderzenia lub zapadanie się. Materiał jest tani, ma dynamiczną zdolność dopasowania i jest bardzo obiecujący, nie tylko w przypadku kasków sportowych, lecz również w przemyśle samochodowym.

engineering.virginia.edu



BALIQ® TISINOS – przełom w zastosowaniu CBN

oerlikon balzers

Regularny azotek boru (CBN) to materiał syntetyczny twardy niczym diament. Stosowany jest do obróbki materiałów o wysokiej wytrzymałości. Firma BSW poprzez zastosowanie powłoki BALIQ® TISINOS na produkowanych przez siebie płytkach skrawających wyznacza nowy standard na rynku.

Cel – złoty medal

Połowę sprzedaży firmy BSW GmbH z Saarwellingen w Niemczech stanowią produkty wykonane z CBN. Są to płytki skrawające wykorzystywane w branżach: samochodowej, e-mobility, przemyśle lotniczym i medycznym. BSW już wcześniej współpracowało z Oerlikon Balzers, stosując różne powłoki, w tym BALINIT® ALCRONA PRO oraz BALINIT® LATUMA. Ze względu na jednolity szary kolor powłok, łatwo było o pomyłkę. Doprowadzić to mogło do spadku jakości procesu lub przedwczesnej wymiany płytki na nową. Powłoki BALINIT® ALCRONA PRO Gold, czy BALINIT® A rozwiązały problem tego wskaźnika. Złoty kolor umożliwia bowiem szybkie stwierdzenie początków zużycia, nawet gołym okiem.

Lepsza wydajność

CBN jest materiałem odpornym na wysokie temperatury pracy, nawet do 1 000 °C, dzięki czemu idealnie sprawdza się przy skrawaniu na sucho. Jeden z klientów BSW oczekiwał powłoki, która pozwoliłaby na łatwą identyfikację zużycia oraz wzrost wydajności płytek. „Zawsze pracujemy nad doborem rozwiązań szytych na miarę do konkretnych zastosowań" – mówi Oliver Roski, dyrektor techniczny BSW. Wiedza, kompetencje i doświadczenie BSW pozwoliło na zrealizowanie tego projektu z pełnym sukcesem.

Wymagający cel

Powlekanie CBN nie jest łatwym zadaniem: naprężenia podłoża i powłoki mogą bardzo łatwo prowadzić do pęknięć i delaminacji powłoki. „Jednym z kluczowych aspektów była niezawodność procesu, brak awarii i najwyższa jakość. Płytki są bardzo drogie, ich koszt kilkukrotnie przekracza wartość powlekania" – tłumaczy Felek Cifci – dyrektor zakupów BSW.

Technologia S3p

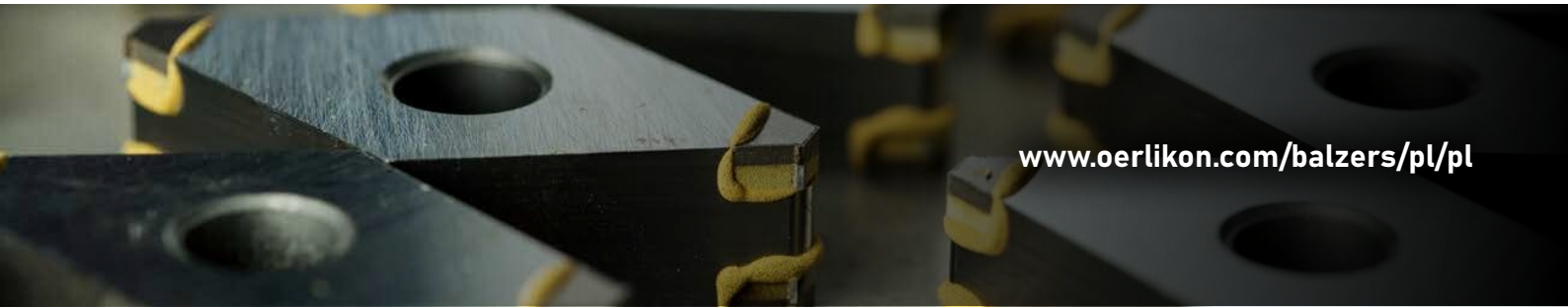
Współpraca specjalistów z BSW i Oerlikon Balzers reprezentowanego przez opiekuna klienta, pana Metina Cetin pozwoliła na znalezienie optymalnego rozwiązania. Powłoka BALIQ® TISINOS spełniła wymagania odbiorcy i okazała się najlepszą propozycją do wskazanego zastosowania. Powłoka na bazie AlTiSiN, wytwarzana w technologii S3p i zaprojektowana przez Oerlikon Balzers pozwala na pracę w temperaturze 1 000 °C (podobnie jak CBN). Dodatkowo powłoka cechuje się: odpornością na utlenianie, wysoką gęstością, jednorodnością, jednolitą grubością oraz wysoką gładkością powierzchni.

Najlepsze dopasowanie

BSW ceni sobie współpracę z Oerlikon Balzers, szczególnie za doradztwo techniczne oraz obsługę okołosprzedażową, w tym logistykę. Wartość dodaną stanowi także spersonalizowane oprzyrządowanie i precyzyjne pakowanie płytek. „Płytki zawsze produkowane są dla konkretnych klientów lub pod specjalne zamówienie, dlatego bardzo ważne jest to, aby nasz partner był w stanie wykonać powłokę dla poszczególnych partii" – mówi pan Ciftci. Taka usługa jest możliwa do realizacji tylko w centrum powlekania Oerlikon Balzers w Bielefeld, które specjalizuje się w technologii S3p. BSW i Oerlikon to partnerzy, którzy z optymizmem patrzą w przyszłość, wierząc, że BALIQ® TISINOS znajdzie zastosowanie w innych aplikacjach.

2 w 1

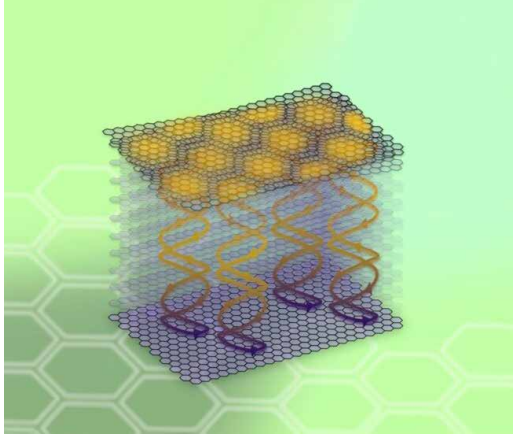
Brązowa powłoka BALIQ® TISINOS pozwoliła BSW rozwiązać dwa zagadnienia: funkcjonować jako wskaźnik zużycia oraz zwiększać trwałość narzędzia. „W zależności od aplikacji, narzędzia mogą pracować aż o 50% dłużej" – mówi pan Roski.



www.oerlikon.com/balzers/pl/pl

Zaskakujący interfejs grafit-grafen

Grafen to płaska struktura złożona z atomów węgla w układzie sześciokątnym, przypominającym plaster miodu, o grubości pojedynczego atomu. Ze względu na swoje właściwości – wytrzymałość na rozciąganie, elastyczność, a także przewodnictwo elektryczne i cieplne – jest bardzo ceniony w różnych zastosowaniach, np. w elektronice, budowie materiałów kompozytowych i medycynie. Od dawna prowadzone są badania nad potencjalnymi metodami otrzymywania przestrzennych struktur grafenowych.



Naukowcy z Uniwersytetu Washington eksperymentowali z układaniem spiętrzonych warstw grafenu w różnych konfiguracjach. Przełom osiągnięto aplikując pojedynczą warstwę grafenu na cieniej warstwie krystalicznego grafitu, obracając wierzchnią warstwę o jeden stopień względem podkładu, co spowodowało wystąpienie tzw. efektu moiré, wpływającego na przepływ ładunków.

Zaobserwowano niespodziewane właściwości elektryczne, nie tylko w obrębie samego interfejsu, lecz także wnikające w głąb struktury krystalicznej grafitu. Potencjalnie analogiczną metodologię można zastosować wobec materiałów zbliżonych do grafitu, np. tellurków tungstenu czy cyrkonu. Odkrycie otwiera szerokie możliwości łączenia zjawisk typowych dla struktur 2D z właściwościami przestrzennych struktur krystalicznych.

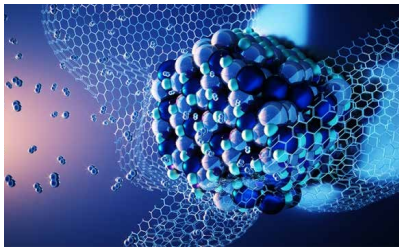
uw.edu

Przechowywanie wodoru w stanie stałym

Magazynowanie i transport wodoru, ogłoszonego „zielonym" paliwem przyszłości, sprawia wiele kłopotów. W stanie gazowym wodór jest bardzo rzadki, co wymusza stosowanie instalacji wysokiego ciśnienia. Z kolei jego skroplenie wymaga użycia aparatury kriogenicznej. Jak wyjaśnia Sichi Li z Lawrence Livermoore National Laboratory, ciekawą alternatywą może być przechowywanie wodoru w stanie stałym, w postaci wodorków metali.

Za najbardziej obiecujące substancje wiążące wodór w stanie stałym uznaje się wodorek magnezu (MgH_2) i amidek litu ($LiNH_2$). Jako samodzielne nośniki wodoru nie nadają się one jednak do aplikacji w wielu zastosowaniach przemysłowych ze względu na niską wydajność i dalekie od ideału charakterystyki termodynamiczne.

Jak odkryli specjaliści z LLNL, wspomniane mankamenty można przezwyciężyć mieszając obie powyższe substancje razem i wprowadzając w porowatą strukturę zredukowanego tlenku grafenu. Z teoretycznych kalkulacji wynika, że obecność tlenku grafenu sprzyja rozluźnieniu wiązań chemicznych wodoru z litem i azotem, co oznacza wzrost wydajności odzysku wodoru. Zakładany efekt udało się potwierdzić doświadczalnie.



Dalsze badania będą miały na celu zbadanie możliwości dalszej optymalizacji proponowanej metodologii za pomocą wyselekcjonowanych domieszek. Całość przebiega pod egidą amerykańskiego Departamentu Energii w ramach programu HyMARC (*Hydrogen Materials – Advanced Research Consortium*) realizowanego we współpracy z laboratoriami badawczymi Berkeley i Sandia.

llnl.gov

Elektrochemiczna metoda otrzymywania żelaza

Od stuleci żelazo otrzymuje się z rudy za pomocą wysokotemperaturowych procesów w wielkich piecach. Szacuje się, że produkcja stali powoduje od 7 do 8% światowej emisji dwutlenku węgla.

Uniwersytet Case Western Reserve wspomagany prze wiele firm i instytucji takich jak np. Departament Energii USA oraz Cleveland Cliffs (jedną z największych walcowni stali dla przemysłu motoryzacyjnego na świecie) opracował bezemisyjny, chemiczny proces otrzymywania żelaza.

Prof. Rohan Akolkar przedstawił różnicę pomiędzy procesem tradycyjnym i elektrolitycznym. W konwencjonalnej metodzie następuje redukcja rudy do surówki przy pomocy wysokiej temperatury i węgla. Tlen z rudy w połączeniu z węglem generuje dwutlenek węgla.

W nowym procesie elektrochemicznym następuje elektroliza z wykorzystaniem stopionej soli. Zupełnie zrezygnowano z użycia węgla. Elektroliza prowadzona jest w umiarkowanie wysokich temperaturach. Opracowany proces pozwala uzyskać nie tylko żelazo, ale również tzw. metale krytyczne, jak np. neodym.

thedaily.case.edu

▪ REKLAMA

Metaliczny żel do druku 3D/4D

Badacze z Uniwersytetu Stanowego Karoliny Północnej opracowali metaliczny żel o bardzo dobrej przewodności elektrycznej, nadający się do zastosowania w procesie druku 3D w temperaturze pokojowej.

Żel utworzono w oparciu o mikrometryczne drobiny miedzi zawieszone w roztworze wodnym. Następnie dodano niewielką ilość stopu indu i galu, utrzymującego się w stanie ciekłym w temperaturze pokojowej. Wymieszane składniki pozwoliły otrzymać żel, w którym cząstki miedzi i płynnych metali łącząc się ze sobą, tworzą metaliczną sieć zawieszoną w cieczy.

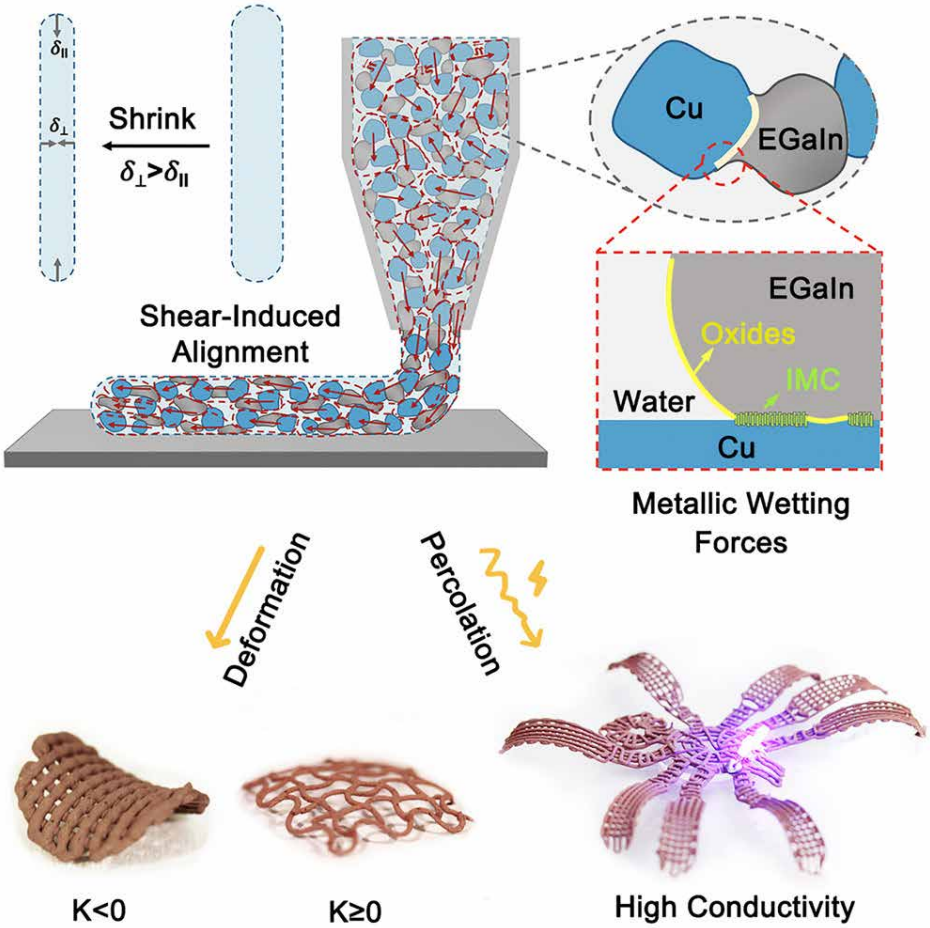
Jak wyjaśnia Michael Dickey, profesor inżynierii chemicznej i biomolekularnej NC State, uzyskanie żelowej konsystencji jest bardzo istotne, gdyż zapewnia jednorodne rozmieszczenie cząstek miedzi w materiale. To zaś z kolei ma podwójne znaczenie – po pierwsze powoduje, że sieci cząstek łączą się ze sobą, tworząc ścieżki przewodzące prąd – a po drugie zapobiega wytrącaniu się cząstek miedzi, co powodowałoby zapychanie się dyszy drukarki.

W konsekwencji otrzymany żel nadaje się do druku przy użyciu konwencjonalnej dyszy ekstruzyjnej. Po wydrukowaniu nie podlega deformacji i zachowuje kształt. Po wyschnięciu w temperaturze pokojowej ulega utrwaleniu. Zaobserwowano jednak, że zaraz po wydrukowaniu metaliczne struktury w żelu mogą ulegać odkształceniu pod wpływem wyższej temperatury.

Zależność odkształceń od temperatury i pierwotnej geometrii wyrobu sprawia, że proces deformacji cieplnej materiału ma charakter przewidywalny, co umożliwia opracowanie technologii druku 4D, w której uzyskany kształt jest zmienny w wymiarze czasu.

Dzięki zawartości metalu rzędu 97.5% materiał wydrukowany z żelu ma dobre właściwości przewodzące. Jak zauważa Dickey, taki materiał nie dorównuje pod tym względem przewodom z czystej miedzi, ale przewyższa inne materiały do druku 3D i może być drukowany w temperaturze pokojowej. Do eksploracji potencjału produkcyjnego opracowanego materiału zaproszono partnerów przemysłowych. Współpraca z przemysłem zadecyduje o kierunkach dalszego rozwoju wynalazku.

news.ncsu.edu



Źródło: Ruizhe Xing et al., *Metallic gels for conductive 3D and 4D printing*, Matter, vol. 6, nr 7, 2023.

Nowoczesne rozwiązania optymalizacji produkcji

AWEXIM to ponad 500 wdrożeń w Polsce

BEHRINGER
przecinarki taśmowe i tarczowe

Światowy lider w produkcji przemysłowych przecinarek taśmowych i tarczowych.

Ponad 350 wdrożeń przemysłowych maszyn i automatycznych linii tnących w Polsce.

MATER
automatyczne systemy magazynowe

Szeroka gama automatycznych i bardzo szybkich (do 60 cykli/h) systemów magazynowych dla elementów długich oraz blach.

Istnieje możliwość pełnej integracji z linią produkcyjną.

UPMOVIOM
manualne systemy magazynowe

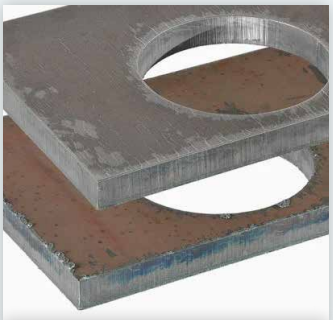
Manualne systemy magazynowe UPMOVIOM zapewniają ponad 50% oszczędności powierzchni względem konwencjonalnych rozwiązań. Dostępne rozwiązania także dla blach.

ROSLER
śrutownice

Od małych śrutownic kabinowych po w pełni zrobotyzowane systemy śrutowania.

VERNET
obrabiarki do konstrukcji

Linie produkcyjne do obróbki kształtowników oraz blach – cięcie, wiercenie, frezowanie, znakowanie.



LISSMAC
szlifierki gratowarki

Automatyczne gratowarki do blach – jednostronne, dwustronne, do pracy na sucho oraz na mokro.

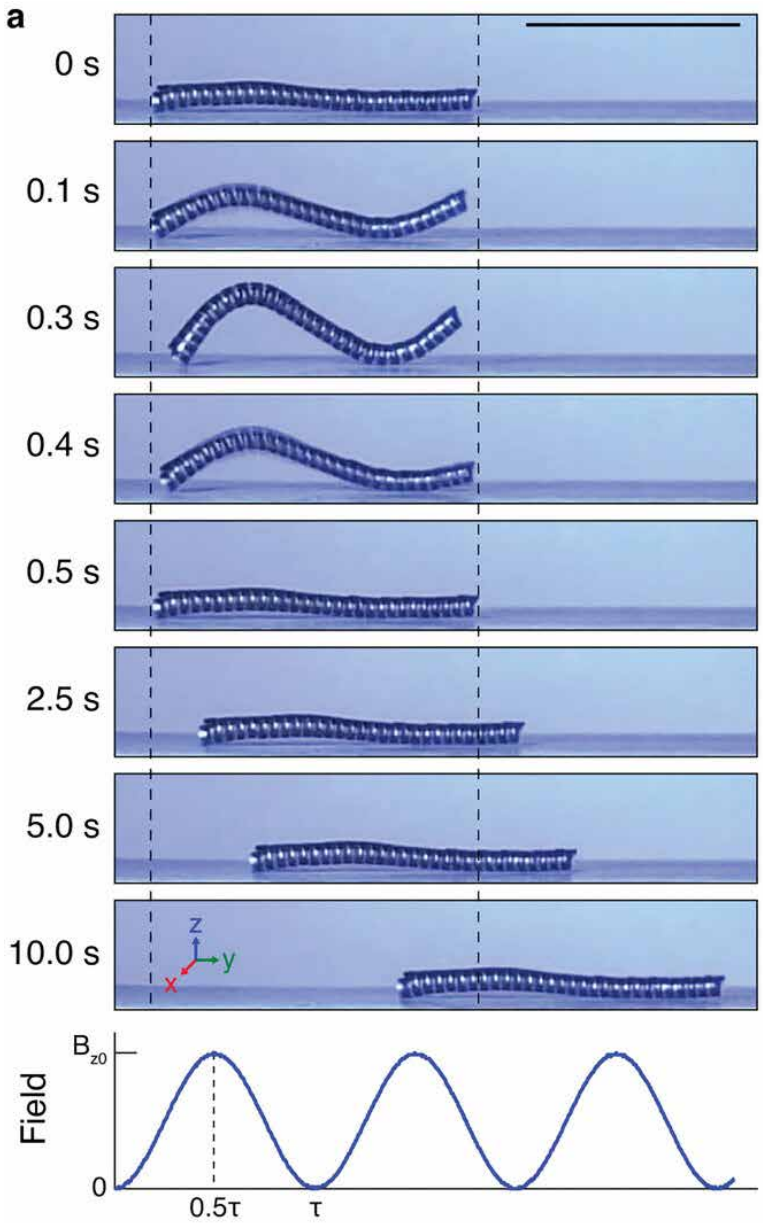
FARSOON
drukarki 3d SLS

Przemysłowe drukarki SLS (selektywne spiekanie laserowe) do metalu oraz do plastiku.

Miękkie roboty sterowane magnesem

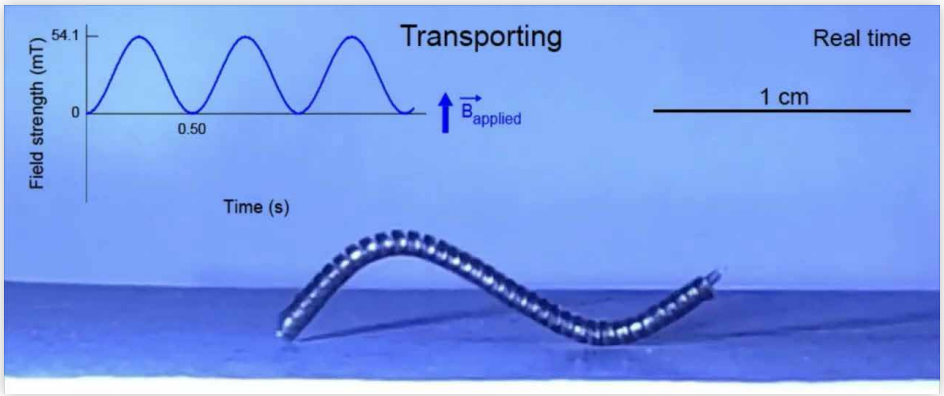
Nad mikroskopijnymi miękkimi robotami pracuje wielu robotyków. Urządzenia te znajdują wiele zastosowań, jednak najbardziej obiecującą rolę mogą odegrać w medycynie. Mikroskopijny miękki robot może przenosić np. dawki leku arteriami układu krwionośnego. Podczas gdy uzyskanie miękkich polimerów pozwalających zbudować takiego robota nie sprawia już większych trudności, to ciągle problem stanowi mechanika poruszania.

Naukowcy z Massachusetts Institute of Technology rozwiązali ten problem stosując pole magnetyczne. O ile eksperymenty z polami magnetycznymi stosowanymi do napędu miękkich robotów nie są niczym nowym, to rozwiązanie zespołu kierowanego przez prof. Polinę Ankeevę wydaje się proste i niezawodne. Dotąd ruchy wywoływał magnes wzbudzający zmienne pola magnetyczne i poruszający się razem z robotem. W MIT zastosowano jednowymiarowe pole magnetyczne. Roboty aktywowane są polem magnetycznym prostopadłym do kierunku ruchu.



Urządzenie zbudowane zostało z dwóch rodzajów gumy o różnej sztywności. Wewnątrz, poprzez kanał pomiędzy gumami przechodzą spiralne włókna. Wystarczyło ustalić jak operować polem magnetycznym aby wzbudzić pożądaną sekwencję ruchu. Taki napęd może zostać wykorzystany nie tylko do transportu, lecz również do budowy sztucznych mięśni.

news.mit.edu



Źródło: Lee, Y. et al., *Magnetically Actuated Fiber-Based Soft Robots*. Adv. Mater. 2023, 2301916

Mobile Smart Factory dla zabezpieczenia technicznego sił zbrojnych

Koncern zbrojeniowy Rheinmetall Landsysteme GmbH zaprezentował rozwiązanie w zakresie wytwarzania części zamiennych dla pojazdów wojskowych w terenie, które może przyczynić się do przeobrażenia systemu logistyki i zabezpieczenia technicznego sił zbrojnych.

Niezależnie od rosnącego udziału technologii wytwarzania przyrostowego w przemyśle zbrojeniowym, coraz wyraźniej możemy obserwować rosnące zainteresowanie drukiem przestrzennym na użytek zabezpieczenia technicznego sił zbrojnych w wielu krajach na świecie. Szerzej ten temat omawialiśmy w artykule: ***Wytwarzanie przyrostowe w zastosowaniach militarnych***.

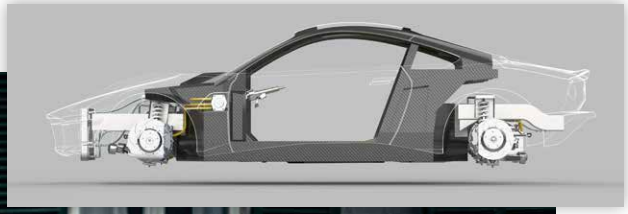
Przedstawione przez Rheinmetall rozwiązanie to zespół MSF (Mobile Smart Factory), złożony z dwóch standardowych kontenerów 20-stopowych, z których jeden mieści pracownię komputerową, a drugi – warsztat produkcyjny. Pracownia wyposażona została w stację roboczą, skaner 3D i drukarkę 3D do materiałów polimerowych. W kontenerze produkcyjnym zainstalowano centrum hybrydowe Metrom P7000, łączące możliwości wydajnego (600 cm^3/h) wytwarzania przyrostowego z metalu w technologii WAAM (*wire arc additive manufacturing*) z 6-osiową obróbką CNC.

W pełni mobilny zespół MSF stanowi demonstrację potencjału nowych technologii w zastosowaniach militarnych. Jego siłę stanowi integracja z systemem komputerowym IRIS, zapewniającym dostęp do katalogu części zamiennych i dokumentacji technicznej, z uwzględnieniem specyfiki procesów addytywnych.

Głowica WAAM w centrum hybrydowym Metrom P7000

rheinmetall.com

Elektryczny Caterham

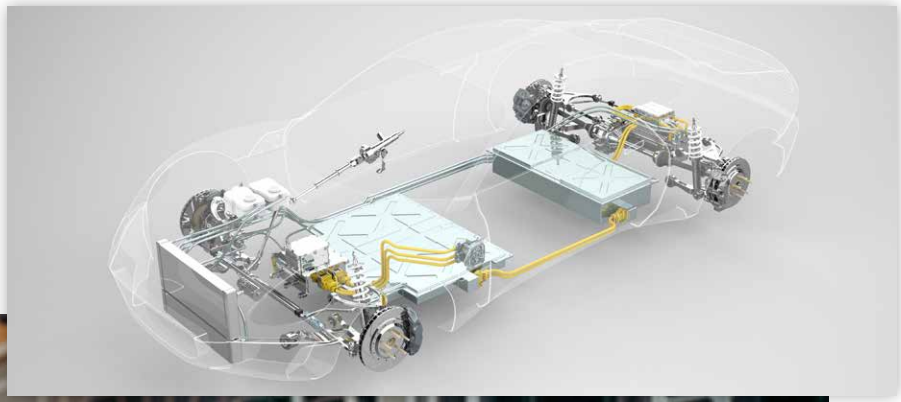


Firma, która od lat zajmuje się budową i modyfikacjami Lotusa 7, podczas Goodwood Festival of Speed zaprezentowała elektryczny samochód koncepcyjny Project V. Nie ma on wiele wspólnego konstrukcyjnie z legendarnym Lotusem, choć wykazuje te same charakterystyczne cechy co model 7 – lekkość, prostotę i zwinność. Jego twórcą jest konstruktor od lat zatrudniony w firmie – Anthony Jannarelli. Nadwozie typu coupé jest dziełem Italdesign.

W zależności od wymagań klientów auto moż być budowane w wersji 2+1 (jedno miejsce dla pasażera z tyłu) lub 2+2.

Samochód ma umieszczony z tyłu elektryczny silnik o mocy 200 kW (272 KM). Prąd magazynowany jest w akumulatorze 55 kWh, co ma wystarczać na przejechanie 400 km. Samochód rozpędza się od 0 do 100 km/h w czasie 4,5 sekundy. Prędkość maksymalna wynosi 230 km/h.

caterhamcars.com



24-godzinny lot stratosferyczny PHASA-35

Latem tego roku koncern BAE Systems przeprowadził próby w locie bezzałogowego systemu HAPS (High Altitude Pseudo Satellite) o nazwie PHASA-35, który przez ponad 24 godziny lotu znajdował się na wysokości powyżej 20 km nad poligonem rakietowym White Sands, by następnie bezpiecznie wylądować na terenie Spaceport America w stanie Nowy Meksyk.

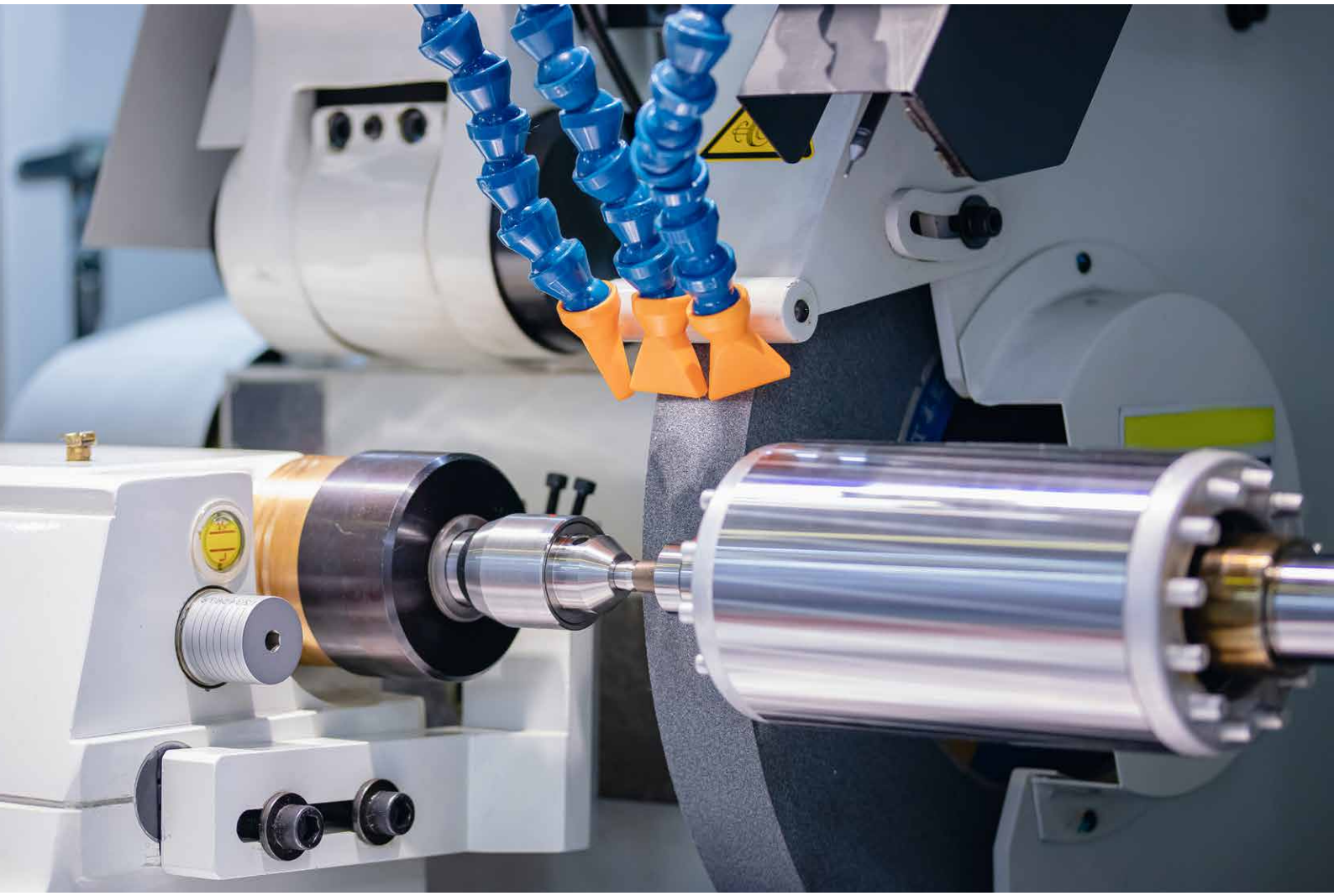
Opracowany z myślą o długotrwałych lotach stratosferycznych bezzałogowiec systemu PHASA oznaczono liczbą 35, co w tym przypadku odnosi się do rozpiętości skrzydeł, wynoszącej właśnie 35 metrów. Płatowiec wykonano z zaawansowanych materiałów kompozytowych i wyposażono w napęd elektryczny, zasilany przez instalację fotowoltaiczną w ciągu dnia i zmagazynowaną energię w nocy. PHASA 35 waży 150 kg i może przenosić ładunek o masie nieprzekraczającej 15 kg, na który zasadniczo składać się będą systemy optyczne i łączności, związane z wykonywanymi zadaniami zwiadowczymi ISR (*intelligence, surveillance, reconnaissance*).

Majestatycznie unoszący się na wysokości ponad 20 km, a więc powyżej górnej granicy ruchu lotniczego, chmur i zjawisk pogodowych, bezzałogowiec systemu PHASA oprócz funkcji rozpoznawczych może także pełnić rolę pseudosatelity komunikacyjnego, dostarczającego łączność sieciową standardu 4G i 5G. Może także zastępować zarówno satelity, jak też tradycyjne lotnictwo podczas akcji poszukiwawczych w następstwie klęsk żywiołowych, czy też w zadaniach związanych z monitorowaniem granic państw.

Przed PHASA 35 cała seria testów, weryfikujących założenia konstrukcyjne i działanie systemów pokładowych. Ciekawe, czy zespół BAE Systems podejmie się próby bicia rekordu długości lotu bezzałogowego – ostatnim razem opracowany przez koncern Airbus Zephyr ustanowił rekord 64 dni lotu, jednak następnie uległ awarii i spadł na pustynię w Arizonie.

baesystems.com

Obrabiarki skrawające do metalu: szlifierki



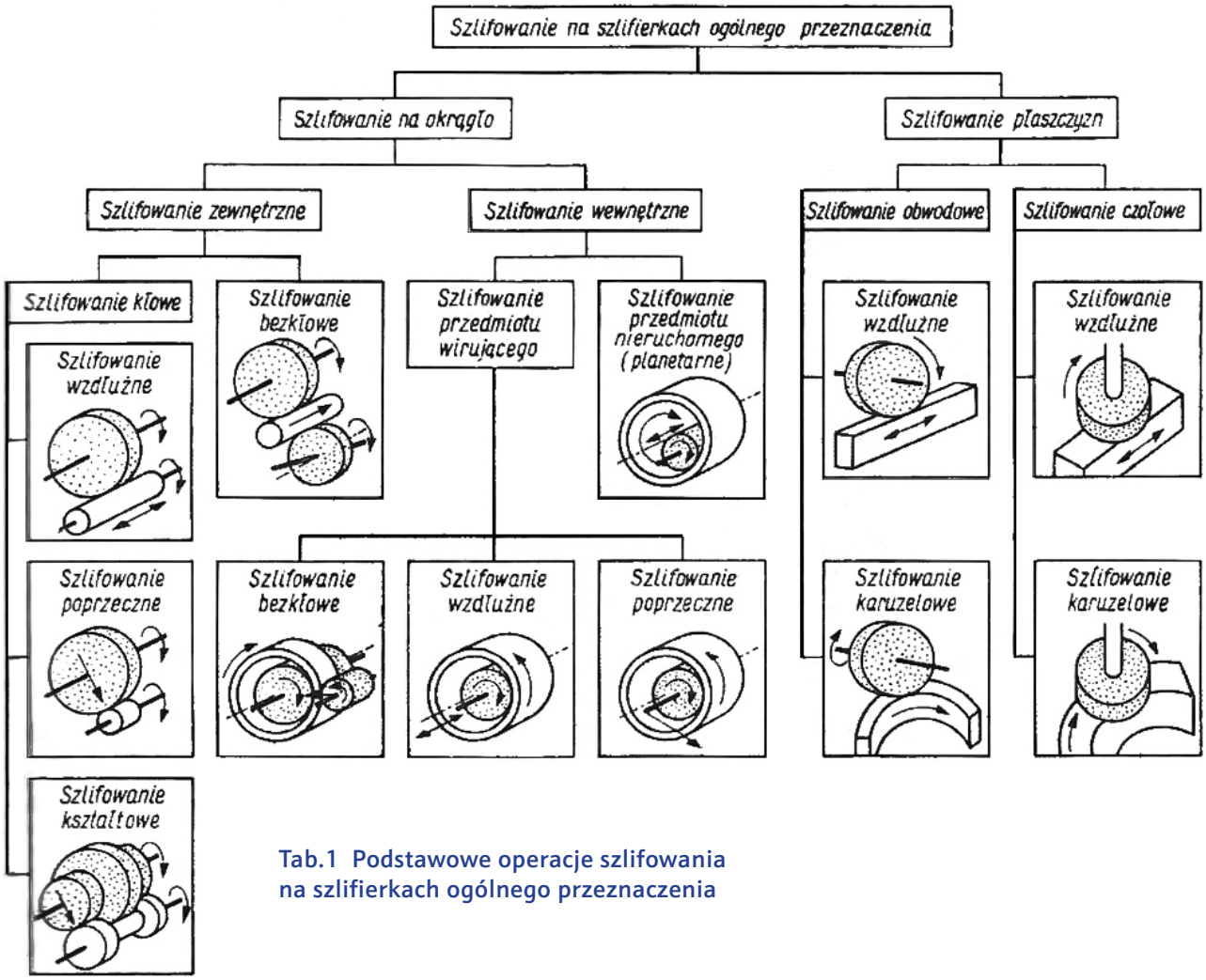
Aleksander Łukomski

Szlifierki są obrabiarkami przeznaczonymi w szczególności do obróbki wykańczającej przedmiotów stalowych i z tworzyw sztucznych skrawalnych, za pomocą ściernic, przy małych naddatkach obróbkowych. Szlifowaniem można dokonywać obróbki wykańczającej materiałów o różnej twardości: stopów metali nieżelaznych lekkich, stali miękkich i w stanie ulepszonym lub utwardzonym oraz węglików spiekanych.

W trakcie szlifowania zespoły szlifierek wykonują następujące ruchy: ruch obrotowy ściernicy, ruch wgłębiający ściernicą w przedmiot szlifowany czyli dosuw, posuw poprzeczny i posuw wzdłużny.

Narzędziami stosowanymi w szlifierkach są wirujące ściernice o nieoznaczonej liczbie i o nieoznaczonym kształcie ostrzy skrawających. W wyniku nierównomiernego rozłożenia ziaren ściernych tylko część z nich skrawa materiał o założonej głębokości skrawania, a pozostała część ziaren trze o obrabiany materiał dogniatając go. Aby nastąpiło skrawanie, ziarno ścierne musi się zagłębiać w materiał na głębokość około połowy zaokrąglenia jego wierzchołka, czyli na głębokość kilku µm. Tarcie i skrawanie wiórów o bardzo małym przekroju ziarnami o ujemnym kącie powodują, że szlifowanie zalicza się do obróbek najtrudniejszych energetycznie. Przykładowo usunięcie tej samej objętości materiału przez szlifowanie wymaga dziesięciokrotnie większej mocy niż usunięcie tej samej objętości przez toczenie. Wydzielają się w związku z tym, podczas procesu szlifowania, duże ilości ciepła, które trudno jest odprowadzić. Mogą one powodować tzw. przegrzanie warstwy szlifowanej materiału przedmiotu i dalej powstawania niekorzystnych mikropęknięć. Dlatego dobierając parametry technologiczne i inne czynniki mające wpływ na jakość szlifowania należy dążyć do uzyskania tzw. „szlifowania chłodnego".

Najczęściej stosowanymi materiałami ściernymi na ściernice są: korund lub elektrokorund Al_2O_3, węglik krzemu SiC, węglik boru B_4C, regularny azotek boru B_4N i diament.



Tab.1 Podstawowe operacje szlifowania na szlifierkach ogólnego przeznaczenia

Uzyskiwane klasy dokładności za pomocą szlifowania to IT7-IT2 i chropowatość powierzchni szlifowanej w granicach V9-V13.

Najważniejszymi parametrami technologicznymi szlifierek są:

- duże prędkości skrawania, ściernicy. Najczęściej stosowana prędkość to 30 do 35 m/s, podwyższona 60 m/s, szlifowanie szybkościowe 90 do 120 m/s, szlifowanie ultraszybkie 120 do 250 m/s;
- małe siły skrawania oraz duża moc skrawania wynikająca z dużej siły odporowej P_y;
- ostrzenie ściernicy bez jej zdejmowania z wrzeciona;
- wysokie wymagania dokładnościowe – zagłębianie w materiał rzędu 1 μm i związane z tym wyposażenie szlifierki w urządzenia pomiarowo-kontrolne o wysokiej precyzji;
- wysoka dokładność łożyskowania wrzecion i prowadnic;
- duża sztywność i trwałość najważniejszych elementów szlifierki;
- ewentualna automatyzacja cyklu pracy.

Szlifowanie wymaga obfitego chłodzenia chłodziwem w celu odprowadzenia dużych ilości ciepła powstających przy skrawaniu. Przy szlifowaniu stopów z metali lekkich i żeliwa na ogół nie stosuje się chłodzenia. Szlifuje się „na sucho". Powoduje to powstawanie pyłu z drobnych wiórów, co wraz z wysoką temperaturą może grozić pożarem lub wybuchem. Szlifierki przeznaczone do takiej obróbki są wyposażone w cyklony do wychwytu pyłu oraz w automatycznie działającą instalację gaśniczą z butlą CO_2 pod ciśnieniem.

Szlifierki tak jak inne obrabiarki występują jako szlifierki ogólnego przeznaczenia, specjalizowane i specjalne. Spośród różnych rodzajów szlifierek najczęściej spotykane są:

1. Szlifierki kłowe do wałków, stosowane do obróbki zewnętrznych powierzchni walcowych i stożkowych na wałkach i wałach, ustalanych i mocowanych w kłach wrzeciona i konika.

2. Szlifierki bezkłowe, stosowane np. w przemyśle łożyskowym do szlifowania wałeczków i kulek oraz w przemyśle motoryzacyjnym do obróbki sworzni tłokowych i zaworów. Przedmiot szlifowany umieszczony jest tu na podtrzymce, między ściernicą i tarczą prowadzącą, od której otrzymuje ruch obrotowy i posuwowy wzdłużny.

3. Szlifierki do otworów, stosowane do obróbki powierzchni wewnętrznych walcowych i stożkowych oraz czół i powierzchni zewnętrznych, przy jednym zamocowaniu przedmiotu.

4. Szlifierki do płaszczyzn, wyposażone w stół magnetyczny, które pozwalają na prostoliniową obróbkę wzdłuż ruchu stołu i prostoliniową lub profilową obróbkę w przekroju poprzecznym przedmiotu. Szlifierki mają zwykle stół krzyżowy, zamontowany na podstawie, służący do przesuwu poprzecznego albo też posuw poprzeczny odbywa się przez przesuwanie wrzeciennika ściernicy, realizującego również pionowy ruch dosuwu ściernicy. Mocowanie przedmiotów odbywa się na stołach z elektromagnesami. Po obróbce detali powinny one być rozmagnesowane w specjalnym urządzeniu przeznaczonym do tego celu.

5. Szlifierki ostrzałki, służące do ostrzenia narzędzi nowych, jak i stępionych. Konstrukcja ostrzałek jest dostosowana do rodzaju narzędzi ostrzonych. Ze względu na przeznaczenie szlifierki te należy zaliczyć do obrabiarek specjalnych.

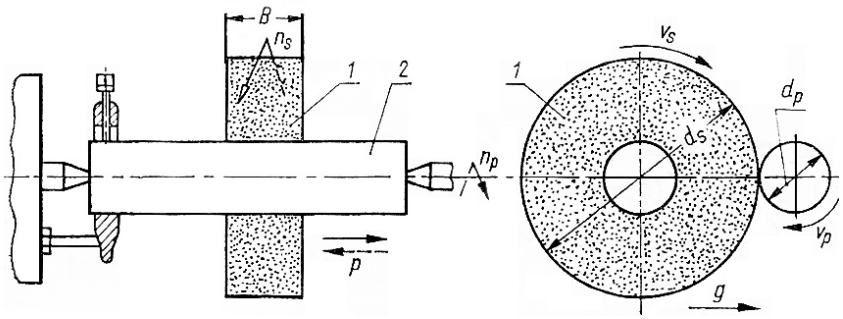
6. Szlifierki współrzędnościowe, tzw. koordynatki.

7. Szlifierki specjalne do gwintów.

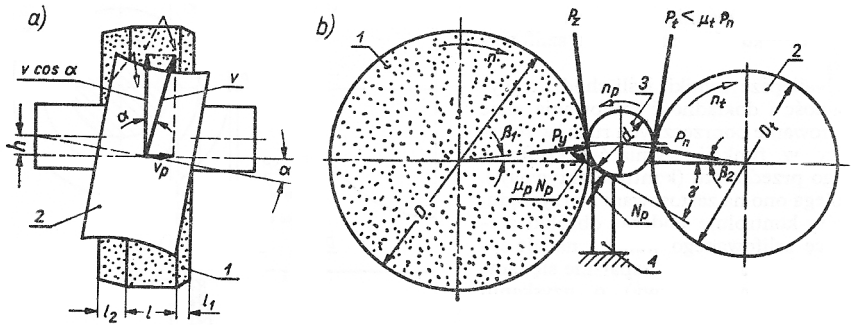
8. Szlifierki specjalne do kół zębatych.

Występują różne rozwiązania konstrukcyjne i schematy pracy szlifierek, ale w przemyśle rozpowszechnione są głównie dwie metody szlifowania wałków – przy zamocowaniu przedmiotu

szlifowanego w kłach (Rys. 1) lub bezkłowo (Rys. 2). Spotyka się jeszcze szlifierki bezkłowe obwodowe, które mogą pracować obwodem ściernicy oraz szlifierki bezkłowe czołowe, użytkowane głównie w USA. Szlifierki bezkłowe mogą pracować w cyklu sterowanym ręcznie lub w cyklu automatycznym. Przy szlifowaniu bezkłowym szlifierka pracuje nieprzerwanie do wyczerpania materiału znajdującego się w podajniku. Automatyczna praca szlifierki obejmuje również obciąganie ściernicy, które odbywa się okresowo po ustalonym czasie pracy szlifierki lub po wykonaniu określonej liczby przedmiotów. Ma ono na celu kalibrację ściernic i dokonywane jest, na ogół automatycznie, gniotownikiem, zainstalowanym w obrabiarce.

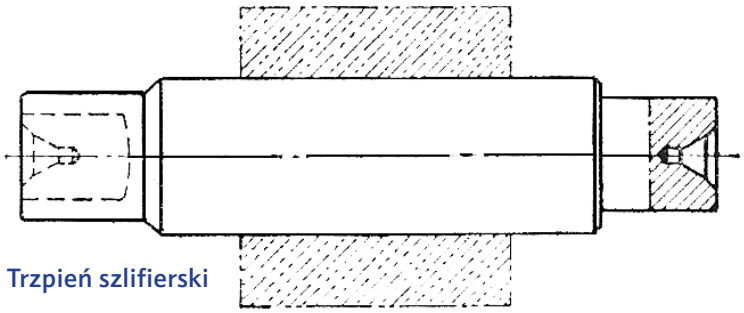


Rys.1 Kinematyka szlifowania kłowego wałków. Ruch główny skrawający wykonuje ściernica *1* o średnicy d_s , prędkości obrotowej n_s i szybkości skrawania V_s. Ruch obrotowy przedmiotu *2* o prędkości V_p i posuwie wzdłużnym *p* tworzą ruch pomocniczy. Głębokość skrawania otrzymuje się w wyniku dosuwu *g*. Przy ostatnich przejściach ściernica nie jest dosuwana do przedmiotu tylko wykonuje przejścia wyiskrzające

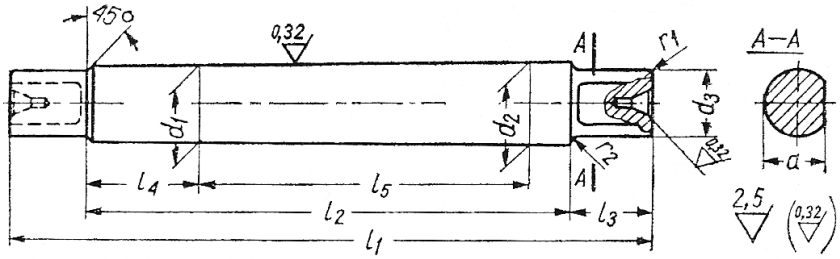


Rys. 2 Kinematyka bezkłowego szlifowania wałków; a) położenie ściernic i rozkład prędkości przy szlifowaniu przelotowym, b) widok ściernic w kierunku osiowym – szlifowanie wgłębne – rozkład sił działających na przedmiot szlifowany; 1 – ściernica, 2 – tarcza posuwowa, 3 – przedmiot obrabiany, 4 – podtrzymka. Są dwie metody szlifowania bezkłowego: przelotowa-wzdłużna i wgłębna-poprzeczna

Wyposażeniem szlifierek do wałków są różne pomoce warsztatowe do mocowania różnych wąskich tarcz, pierścieni (również tłokowych), takie jak tuleje sprężynowe, czy trzpienie stożkowe do mocowania w kłach. Trzpienie te wymagają trochę bardziej skomplikowanych obliczeń dla umożliwienia pomiarów poprzez wałeczki średnic trzpienia w dwóch miejscach. Trzpienie muszą być dokładnie wykonane co do bicia poprzecznego, ale też co do odpowiedniej zbieżności, dla zapewnienia samohamowności, z wystarczającą siłą mocowania obrabianego pierścienia (lub tarczy), który mocowany jest na trzpieniu tylko przy pomocy samohamowności. Są też rozwiązania trzpieni z tulejami rozprężnymi różnych rodzajów. Bardziej skomplikowane są trzpienie do szlifowania pierścieni tłokowych, gdyż pierścienie te są rozcięte i trzeba je zacisnąć najpierw w specjalnej tulei zapewniającej nominalny wymiar pracy z uwzględnieniem naddatku na szlifowanie. Pakiet pierścieni jest zaciskany na trzpieniu osiowo poprzez nakrętkę i po zaciśnięciu zdejmowana jest tuleja, a pierścienie podlegają szlifowaniu na ustalony wymiar, zachowując właściwą kołowość. Po szlifowaniu pakiet pierścieni odmocowuje się, co powoduje ich odsprężynowanie i są wówczas gotowe do montowania w cylindrze, np. silnika spalinowego,



Rys. 3 Trzpień szlifierski



Rys. 4 Trzpień szlifierski – wymiarowanie. Tuleje szlifowane powinny mieć otwór w tolerancji H6, H7 lub podobnej. Zbieżność trzpienia 1:1000 do 1:5000

Fot. 1 Szlifierka do wałków sterowana CNC (fot. RICHO)

gdzie po lekkim ściśnięciu i wciśnięciu zachowują kołowość i szczelność na obwodzie z powierzchnią wewnętrzną cylindra. Jest mnóstwo rozwiązań różnych uchwytów dla mocowania przedmiotu obrabianego, jak i narzędzi. Niektóre z tych rozwiązań potrafią być bardzo skomplikowane.

Dla wykańczającej obróbki otworów szlifowanie jest jednym z podstawowych sposobów obróbki, umożliwiającym uzyskanie dokładności średnicy otworu w granicach 1-2 µm i chropowatości powierzchni V8-V10. Oprócz szlifowania otworów cylindrycznych i stożkowych, takie szlifierki umożliwiają szlifowanie czół i powierzchni zewnętrznych w jednym zamocowaniu. Ściernica wykonuje ruch główny, a posuw obrotowy wykonuje najczęściej przedmiot obrabiany, zamocowany w uchwycie trzyszczękowym, magnetycznym lub w tulei sprężynującej. Występują różne typy szlifierek do otworów, np. uchwytowe lub bezuchwytowe, obiegowe współrzędnościowe, karuzelowe i inne. Sterowanie tych szlifierek może być realizowane z wykorzystaniem krzywki lub czujnikiem, przekaźnikiem czasowym, NC i CNC. Budowa tych szlifierek jest częściowo podobna do budowy i działania szlifierek do wałków. Umożliwia szlifowanie przy zamocowanym przedmiocie w uchwycie lub szlifowanie, np. tulei, bezkłowo, czyli bez zamocowania, a przy zastosowaniu podtrzymki, podobnie jak przy szlifowaniu bezkłowym wałków.

Bardzo szerokie zastosowanie w produkcji mają szlifierki do płaszczyzn. Szlifowanie to obarczone jest pewnym istotnym ryzykiem – jednostronnie nagrzewa się przedmiot szlifowany. Dlatego należy tu szczególnie dążyć do szlifowania chłodnego. Można to uzyskać przez odpowiedni dobór ściernicy i odpowiednie warunki szlifowania. Występuje tu najczęściej rozwiązanie szlifierki ze stołem prostokątnym

i szlifowaniem obwodowym, tzn. szlifującym obwodem ściernicy. Są jeszcze szlifierki czołowe, które zapewniają większą wydajność, ale powodują z kolei inne problemy. Obie metody stosuje się z powodzeniem do szlifowania prowadnic.

Szlifierki obwodowe muszą mieć dobre, dokładne łożyskowanie, a zespół wrzecionowy musi być bardzo dobrze wyważony, z dokładnością do kilkunastu gramocentymetrów, gdyż od tego zależy błąd falistości obrabianej powierzchni. Dobre wyważenie wrzeciona, jego dobre łożyskowanie i prawidłowe obciągnięcie ściernicy, pozwalają uzyskać chropowatość powierzchni w 11 klasie, falistość ok. 0,1 do 0,3 µm i równoległość na poziomie około 0,0005/1000.

Szlifierki z założenia zapewniają duże dokładności obróbki, a także jej utrzymywanie przez cały czas ich eksploatacji

W szlifierkach obwodowych ze stołem prostokątnym ruch dosuwowy wykonuje wrzeciennik, a posuw poprzeczny – stół lub częściej także wrzeciennik. Przedmioty do obróbki mogą być zamocowane na stole elektromagnetycznym płaskim, skrętnym lub sinuśnicowym, w imadle zwykłym, albo pochylnym. Stół napędzany hydraulicznie wykonuje ruch postępowo-zwrotny z bezstopniową regulacją prędkości. Ruch posuwowy ciągły lub skokowy wykonuje kolumna z prędkością na ogół 0,2-4 m/min.

Schematy kinematyczny i hydrauliczny są dość skomplikowane. Szlifierki te mają wiele złożonych mechanizmów i instalacji oraz specjalnego wyposażenia, jak choćby różnej konstrukcji przyrządy do

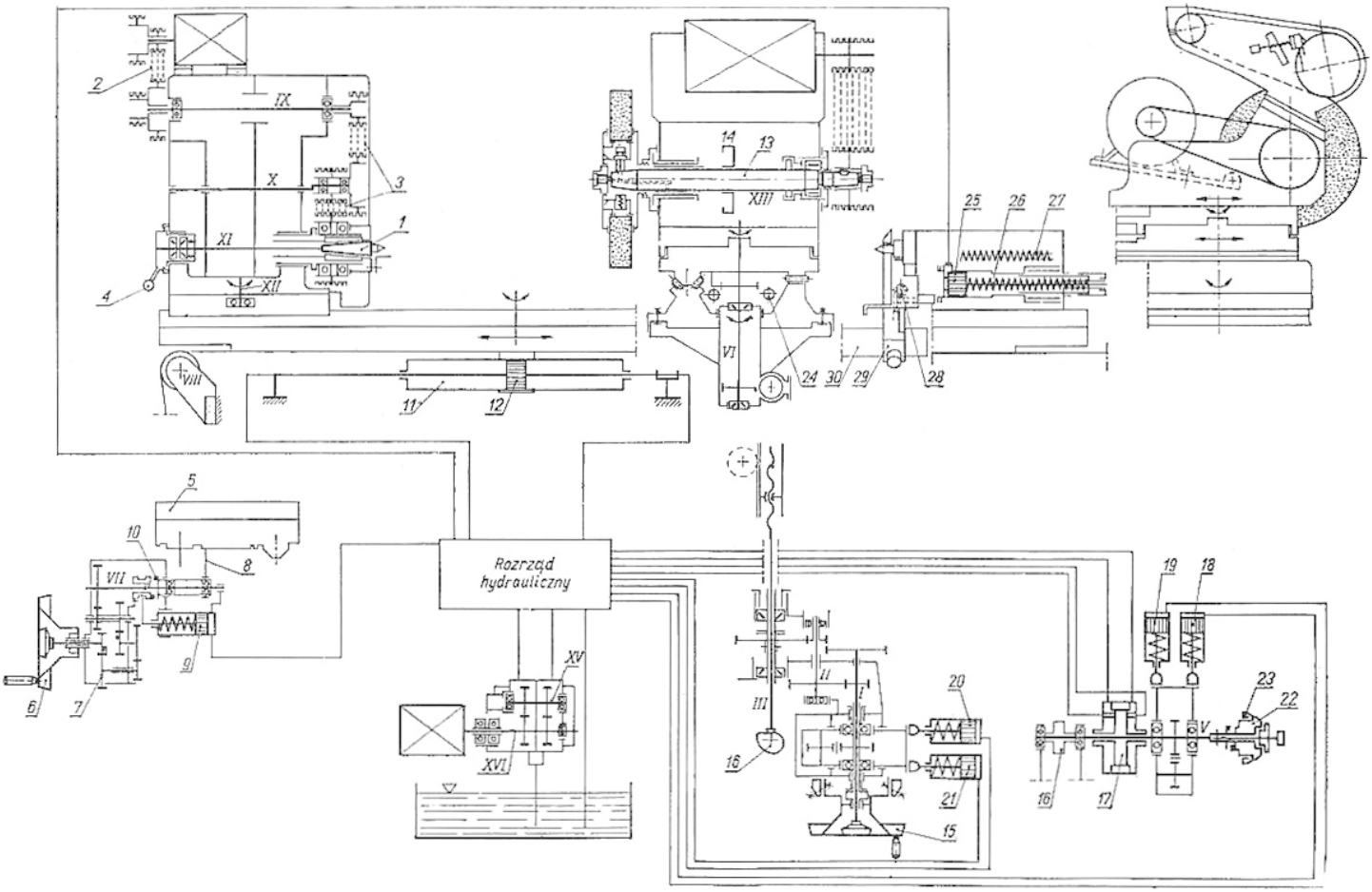
▪ REKLAMA

RICHO POLSKA®

Dlaczego warto zainwestować w szlifierki do wałków z RICHO?

- szlifierki do wałków z serii OGC mają hydrostatyczne prowadnice i wrzeciona, a to przekłada się na brak zużycia mechanicznego. Zyskujesz długowieczność pracy maszyny i płynne przejazdy
- liniał osi X w standardzie
- aktywny pomiar średnicy w trakcie szlifowania. Masz pewność otrzymania produktów wykonanych w najwyższych tolerancjach

Zadzwoń: 781 677 446 lub 58 350 90 43
Napisz: richo@richo.pl lub biuro@richo.pl
www.richo.pl

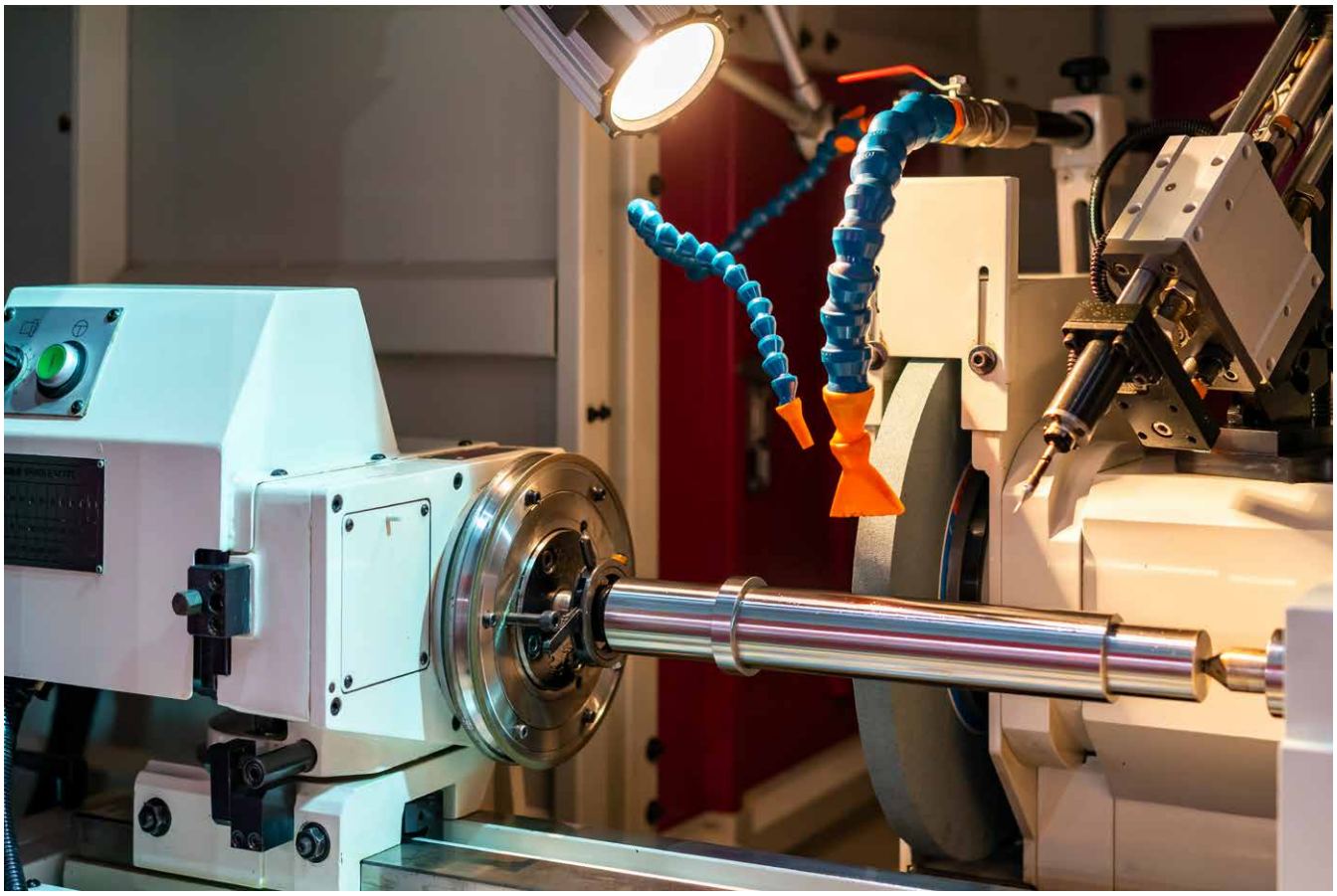


Rys. 3 Schemat kinematyczny szlifierki SWA 25 A (produkowanej przed laty przez firmę JOTES z Łodzi) – Wrzeciono przedmiotu 1 jest napędzane silnikiem prądu stałego przez przekładnię dwustopniową 2 i dwie przekładnie jednostopniowe 3. Dźwignia 4 służy do zakleszczania wrzeciona przedmiotu. Stół 5 uzyskuje posuw od kółka 6 poprzez przekładnię kół zębatych 7 i zębatkę 8. Przy posuwie stołu siłownikiem hydraulicznym tłok 9 zwalnia sprzęgło 10 blokując napęd kółkiem 6. Napęd hydrauliczny stołu powodowany jest ruchomym cylindrem 11, a tłok 12 jest nieruchomy. Wrzeciono 13 wraz z pierścieniem do smarowania rozbryzgowego napędzane jest silnikiem elektrycznym. Ręczny dosuw wrzeciennika ściernicy od kółka ręcznego 15. Krzywka 16 służy do odsuwu i dosuwu o wielkość naddatku na szlifowanie. Obrót krzywki realizowany jest silnikiem hydraulicznym 17. Dosuw zgrubny i wykańczający uzyskiwany jest od tłoczków 18 i 19. Regulacja wielkości naddatku odbywa się za pomocą kółka ze skalą 22 i 23. Sprężyny 24 służą do eliminacji luzów dosuwu ściernicy. Do obsługi pinoli konika służy cylinder 25 i sprężyna 26. Do obciągania ściernicy służy mechanizm składający się z z zespołów 27, 28, 29, 30

mocowania przedmiotów szlifowanych o różnych, często skomplikowanych kształtach.

Osobną grupę szlifierek stanowią szlifierki współrzędnościowe o kinematyce podobnej do szlifierek planetarnych pionowych, tzn. takich, gdzie poza ruchem obrotowym głównym ściernica wykonuje ruch posuwowy po obwodzie koła. Są one precyzyjniejsze od normalnych szlifierek. Szlifierki te służą do szlifowania bardzo dokładnie rozstawionych otworów o małej chropowatości i dużej dokładności. Przeważnie mają budowę bramową, z wrzeciennikiem zamontowanym na belce poziomej i z osią wrzeciona pionową. Spotyka się też inne konstrukcje.

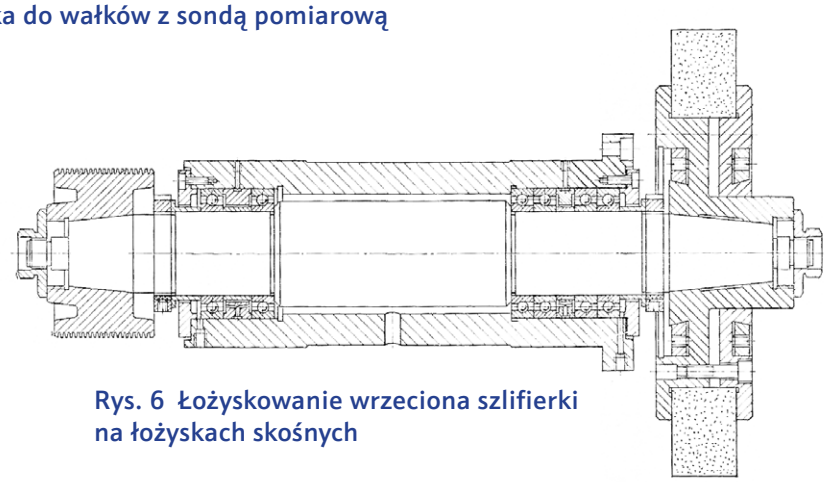
Występują również inne rozwiązania konstrukcyjne szlifierek, przykładowo szlifierki ze stołem obrotowym lub do szlifowania czołowego, np. z dwoma ściernicami segmentowymi o większych średnicach ściernicy. Są też specjalizowane szlifierki do prowadnic, walców o dużych średnicach, np. do maszyn poligraficznych, do przedmiotów kształtowych, do gwintów, do wałków wielowypustowych i kół zębatych. Do szlifierek zalicza się też docieraczki oraz obrabiarki i urządzenia



Fot. 2 Szlifierka do wałków z sondą pomiarową

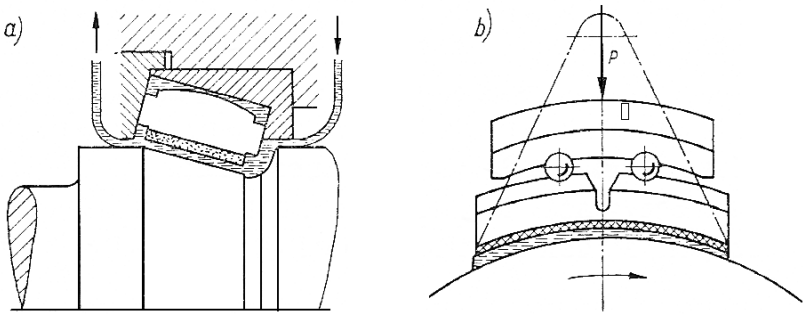
do osełkowania, zarówno otworów, jak też wałków i płaszczyzn.

Buduje się także szlifierki do obróbki odlewów przy produkcji seryjnej przyrządów automatycznie zabierających, np. cylindry do silników samochodowych lub silników motocyklowych i podsuwających je pod duże ściernice dla usunięcia wypływek w odlewie.

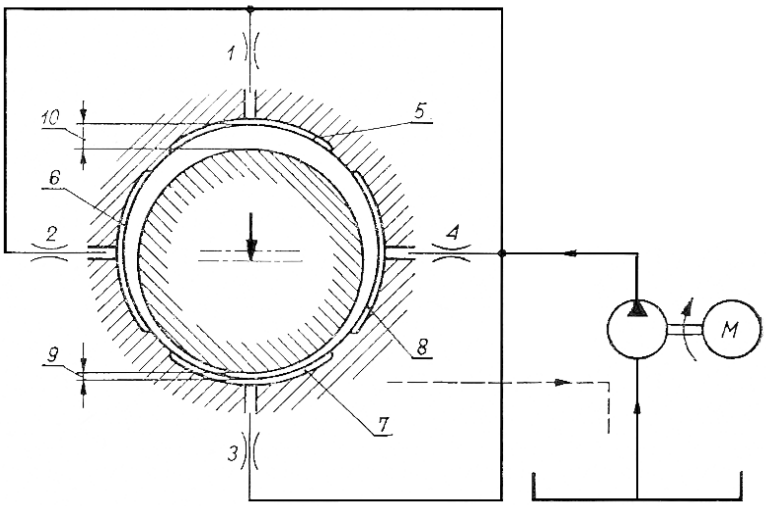


Rys. 6 Łożyskowanie wrzeciona szlifierki na łożyskach skośnych

Duża liczba budowanych szlifierek o bardzo różnym przeznaczeniu powoduje, że szlifierki „obrosły" w mnóstwo różnych, ciekawych mechanizmów. Spośród bardzo dużej ich liczby warto wspomnieć o łożyskowaniu wrzecion, które ma bardzo istotny wpływ na proces szlifowania. Często spotykanym łożyskowaniem jest stosowanie łożysk typowo wrzecionowych typu NN3011K, tj. podobnym jak we wrzecionach wiertarek, tokarek i frezarek. Jednak przy dużych szybkościach obrotowych, jakie występują we wrzecionach szlifierek, niekiedy lepszym rozwiązaniem jest łożyskowanie wrzeciona na łożyskach kulkowych skośnych, z naprężeniem wstępnym, które umożliwia osiągnięcie prędkości obrotowej 5000 obr/min przy niewielkim nagrzaniu (Rys. 6). Dzięki zastosowaniu czterech łożysk po stronie roboczej wrzeciona, małemu kątowi przyporu i dużej dokładności łożysk i wykonania gniazda łożyskowego, można to rozwiązanie zastosować do szlifowania szybkościowego. Smarowanie dokonywane jest mgłą olejową, a uszczelnienie – poprzez labirynt i odrzutnik, gdyż żaden pierścień



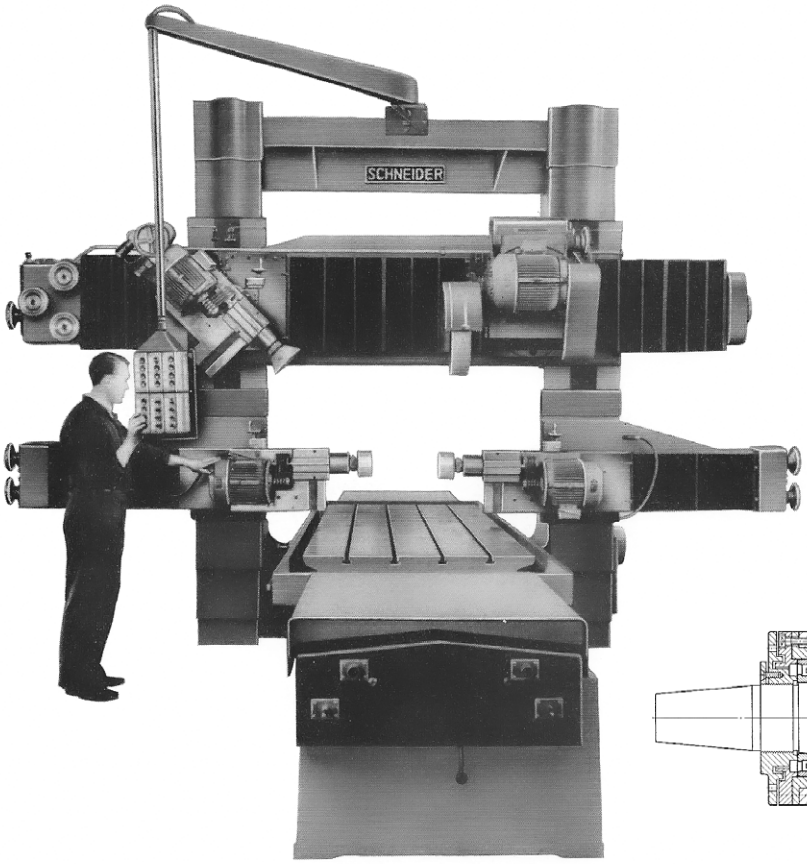
Rys. 7 Segment łożyska hydrodynamicznego: na obwodzie znajduje się sześć takich segmentów; a) przekrój, b) widok czołowy



Rys. 8 Łożysko hydrostatyczne: 1,2,3,4 – dławiki, 5,6,7,8 – komory na obwodzie, 1 – dławik wyrównywania ciśnienia w zależności od obciążenia

uszczelniający ślizgowy przy takich szybkościach się nie sprawdza.

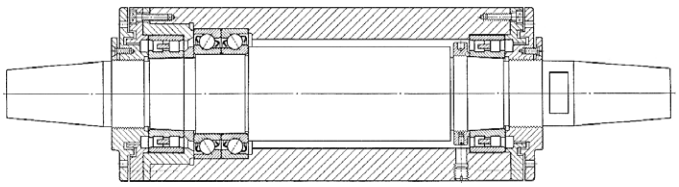
W szlifierkach stosuje się też inne ciekawe łożyskowania, jak łożyska hydrodynamiczne i hydrostatyczne. Tego typu łożyska spotyka się też w innych obrabiarkach, zwłaszcza w specjalnych wykonaniach. Podstawowa różnica pomiędzy łożyskiem hydrodynamicznym, a hydrostatycznym polega na tym, że łożysko hydrodynamiczne uzyskuje specjalny film olejowy pod wpływem ruchu obrotowego wrzeciona (w momencie startu tego filmu jeszcze nie ma). Występuje on przy odpowiedniej prędkości obrotowej i ma kształt delikatnego klina tworzonego w odpowiednich podatnych segmentach tego łożyska. Ważny jest tu odpowiedni dobór naprężenia wstępnego i lepkości oleju.



Rys. 9 Szlifierka bramowa z czterema wrzeciennikami szlifierskimi (źródło: katalog SKF)

Maksymalna prędkość wrzecion: 3000 obr./min; moc silników: 3-4 kW (4-5,3 KM)

Łożyskowanie wrzecion: dwurzędowe łożysko walcowe NN 3008 K/SP i dwa łożyska kulkowe skośne 7009 BG/P5 (przód), pojedyncze łożysko NN 3008 K/SP (tył)



Natomiast w łożysku hydrostatycznym film olejowy, równomierny na całym obwodzie, uzyskuje się jeszcze przed rozpoczęciem ruchu obrotowego wrzeciona za pomocą instalacji olejowej wysokociśnieniowej, które to ciśnienie centruje wrzeciono idealnie w osi. Moc potrzebna do napędu pompy olejowej, która może zapewnić odpowiednie obliczalne ciśnienie, nierzadko wynosi 18-20 kW. Łożyska te mogą pracować jako wzdłużne i poprzeczne lub poprzeczno-wzdłużne. Dzięki takiej konstrukcji łożyska równomierność ruchu wrzeciona jest duża, poniżej 1 μm, a zdolność tłumienia drgań jest większa niż łożysk tocznych.

Łożyska hydrodynamiczne, a zwłaszcza hydrostatyczne, dobrze sprawdzają się w pracy szlifierek, ale też innych obrabiarek np. pił tarczowych do cięcia profili o zmiennym przekroju, w zastosowaniach przemysłowych. Jednak ich dobra praca uzależniona jest od odpowiedniego doboru różnych ich elementów. Dlatego konieczna jest współpraca konstruktora obrabiarki z firmami dostarczającymi te łożyska.

Konstrukcja i eksploatacja szlifierek wymaga trochę innego podejścia niż do innych obrabiarek. Szlifierki zapewniają z założenia duże dokładności obróbki, a także jej utrzymywanie przez cały czas ich eksploatacji. Konstruktorzy stosują więc coraz bardziej skomplikowane rozwiązania, nowe materiały na korpusy, prowadnice i najnowsze osiągnięcia w łożyskowaniu, a także w rozwijaniu narzędzi do szlifierek i ich dodatkowego wyposażenia dla pełniejszego wykorzystania ich możliwości.

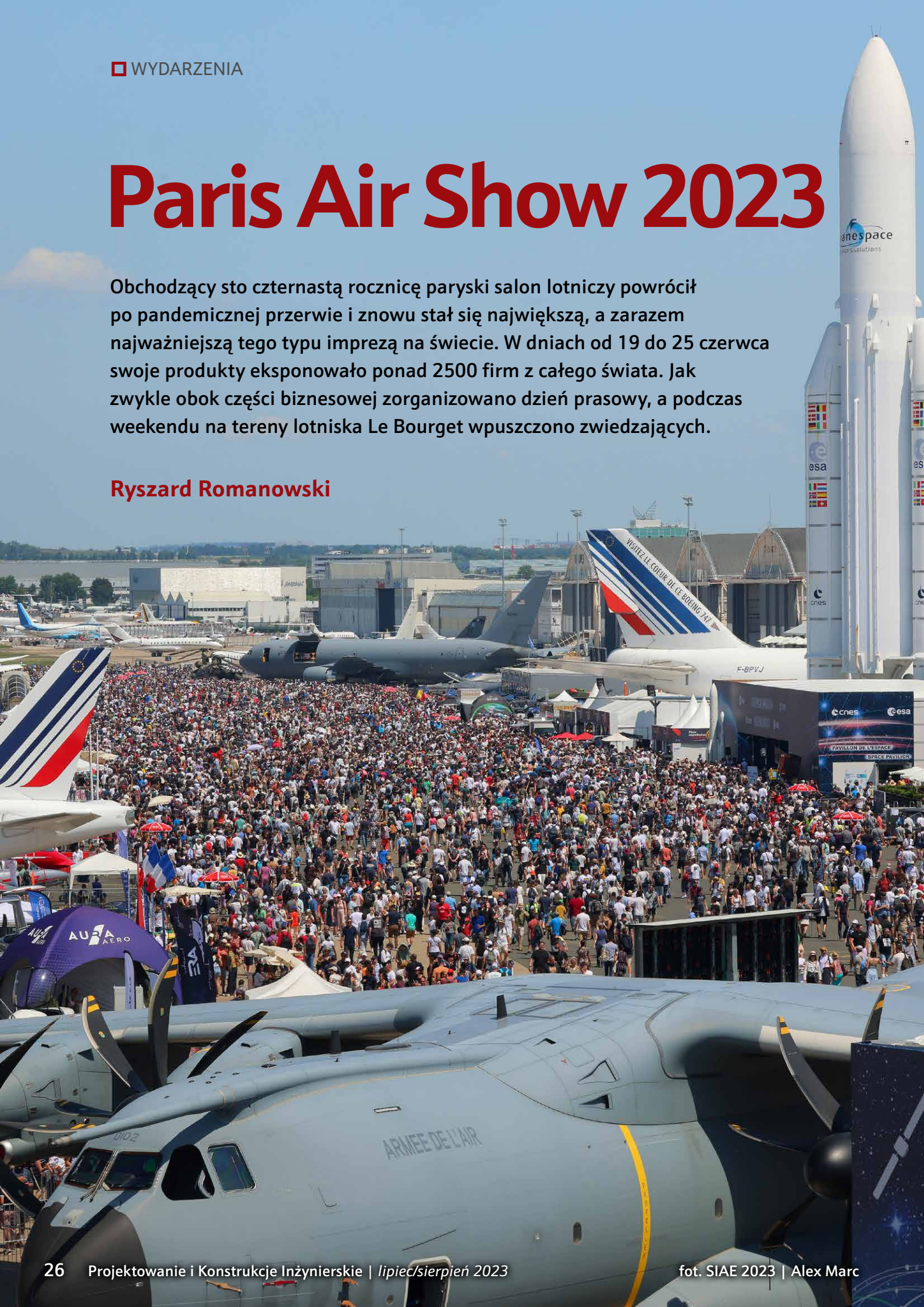
Aleksander Łukomski

▪ REKLAMA

Paris Air Show 2023

Obchodzący sto czternastą rocznicę paryski salon lotniczy powrócił po pandemicznej przerwie i znowu stał się największą, a zarazem najważniejszą tego typu imprezą na świecie. W dniach od 19 do 25 czerwca swoje produkty eksponowało ponad 2500 firm z całego świata. Jak zwykle obok części biznesowej zorganizowano dzień prasowy, a podczas weekendu na tereny lotniska Le Bourget wpuszczono zwiedzających.

Ryszard Romanowski



fot. SIAE 2023 | Alex Marc

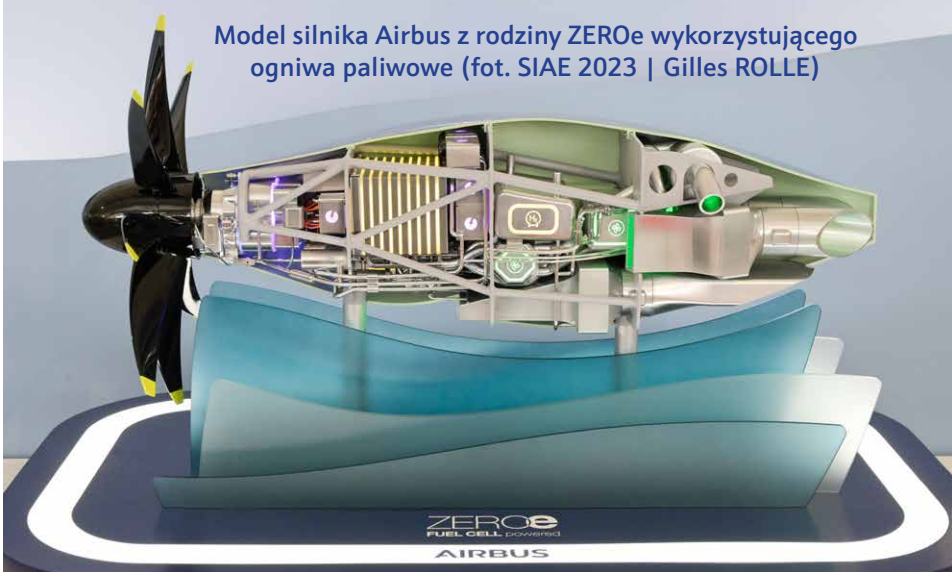
Można było oglądać ekspozycję statyczną i pokazy w powietrzu. W tych ostatnich dominowały samoloty bojowe, ale odwiedzający mogli podziwiać również maszyny pasażerskie, konstrukcje eVTOL oraz zabytkowego Stearmana.

Zapewne w związku z wojną na Ukrainie i napiętą sytuacją międzynarodową bardzo rozrosła się część *Defence*, maszyn wojskowych i akcesoriów do nich przeznaczonych. Jak wiadomo, działania wojenne wpływają na przyśpieszenie rozwoju przemysłu i technologii, dlatego można przypuszczać, że wiele nawet niewielkich firm liczyło w Paryżu na lukratywne kontrakty. Ile ich rzeczywiście zawarto pozostaje niewiadomą.

W segmencie samolotów pasażerskich nie zabrakło premier nowych modeli. Przede wszystkim jednak zawarto ogromne kontrakty. Warto wymienić Airbusa, który podpisał kontrakt z Indiami na pięćset najnowszych maszyn serii 300. Lotniczy gigant podpisał również porozumienie o współpracy z koncernem Leonardo.

Nie brakowało ekspozycji stosunkowo niedużych krajów i firm. Można było zobaczyć potencjał rumuńskiego przemysłu lotniczego. Czeskie firmy widać było na około czterdziestu stoiskach. Specjalizująca się w konstrukcjach UAV czeska firma Primoco przystąpiła do Airbus Team. Turcy prezentowali makietę ciężkiego śmigłowca T925 własnej konstrukcji. Tylko polskich firm nie było.

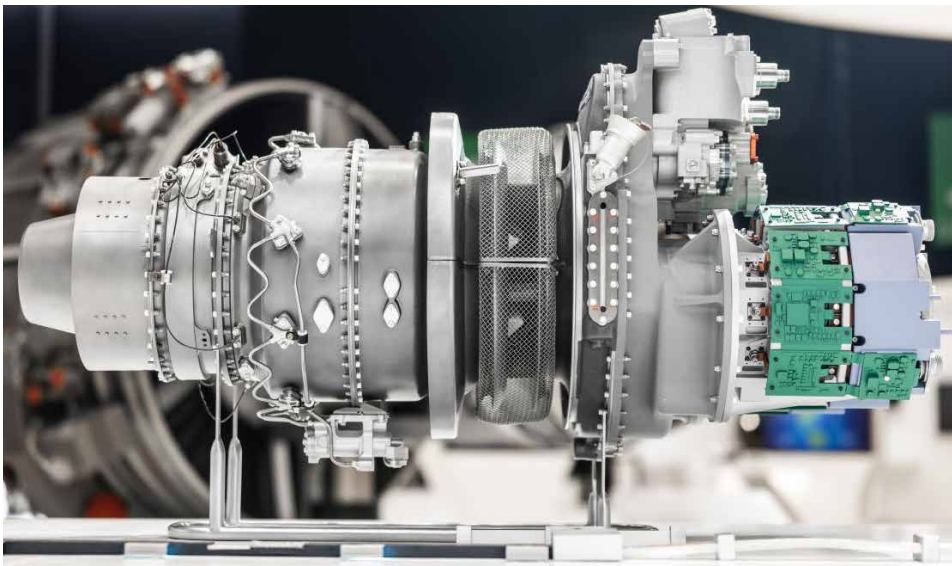
Można było zobaczyć również wiele technicznych innowacji, które za kilka lat prawdopodobnie zmienią obraz transportu lotniczego. Na pierwszy plan wysuwają się tu przede wszystkim niskoemisyjne rozwiązania w zakresie napędów lotniczych.



Model silnika Airbus z rodziny ZEROe wykorzystującego ogniwa paliwowe (fot. SIAE 2023 | Gilles ROLLE)

Airbus zaprezentował bardzo ciekawy silnik wykorzystujący ogniwo paliwowe zasilane wodorem, wchodzący w skład rodziny produktów ZEROe, opracowywanej pod kątem budowy nowej generacji samolotów rejsowych napędanych wodorem. W ramach programu ZEROe rozwijane są zarówno silniki przystosowane do spalania wodoru, jak i szyki ogniw paliwowych, zapewniających skalowalne generowanie energii elektrycznej – na potrzeby instalacji pokładowych i napędów hybrydowych.

Z kolei Safran na swoim stoisku przedstawił turbogenertor o mocy 600 kW, opracowany na potrzeby projektu dziewięcioosobowego samolotu


Turbogenerator Safran TG600 (fot. Safran)

Rozwiązania Safran ePower – od lewej: ENGINeUS 100, ENGINeUS XL o mocy 750kW i turbogenerator TG600 – na tle silnika turbowentylatorowego LEAP (fot. Safran)

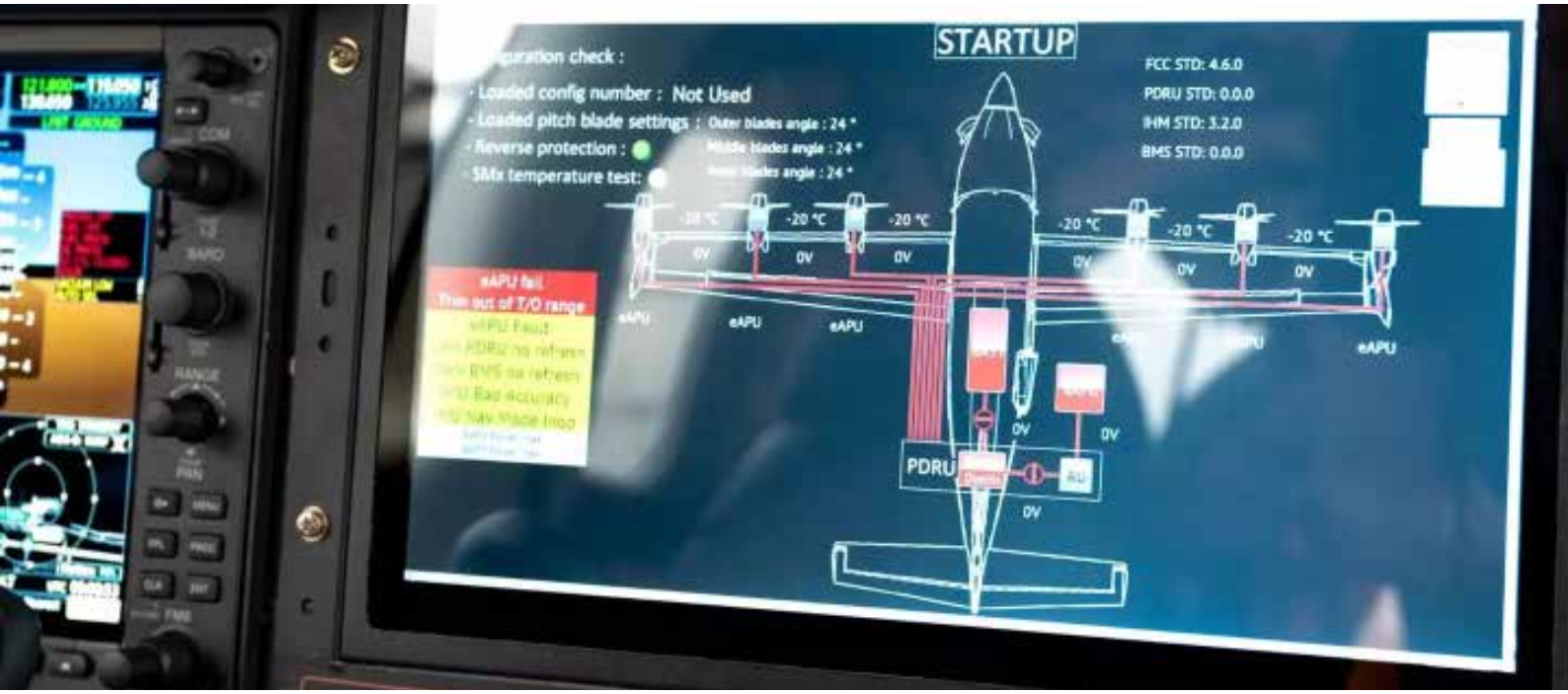
hybrydowego eSTOL – Electra, który ma być napędzany ośmioma silnikami elektrycznymi umieszczonymi na krawędzi skrzydeł. Generator rozwijany jest w oparciu o elementy produkowane przez Safran: silnik turbowałowy Arrano – znany z helikoptera Airbus H160 – i prądnice GENeUS. Prezentowane były też produkty z linni ePower, między innymi silniki elektryczne: ENGINeUS 100 chłodzony powietrzem, ENGINeUS XL o mocy 750 kW, chłodzony cieczą, a także system zarządzania energią GENeUSGRID i akumulatory GENeUSPACK.

Na targach światową premierę miała nowa wersja Volocoptera. Przeznaczona dla niższych przestrzeni powietrznych latająca taksówka zaprezentowała się zarówno w ekspozycji statycznej, jak i w powietrzu. Jej poprzednik odbył pierwszy lot załogowy we Francji w marcu 2022. Podczas imprezy podpisano umowę o współpracy w firmą Safran Helicopters. Zgodnie z zapowiedziami pierwsze taksówki powietrzne Volocopter pojawią się w Paryżu już w przyszłym roku, łącząc lotniska z centrum miasta.

Volocopter podczas pokazów w locie (fot. SIAE 2023 | Anthony Guerra)

Prototypowy EcoPulse (fot. Airbus)

Daher zaprezentował prototyp samolotu EcoPulse z napędem hybrydowym, zbudowany wraz z Airbus przy wsparciu Francuskiej Rady Badań nad Lotnictwem Cywilnym (CORAC) oraz Urzędu Lotnictwa Cywilnego (DGAC), prezentujący koncepcję *distributed propulsion*, z sześcioma silnikami elektrycznymi rozmieszczonymi na krawędzi skrzydeł, uzupełniającymi główny napęd turbośmigłowy. Demonstrator ma służyć ocenie ogólnej efektywności energetycznej systemu pokładowego z wysokonapięciowym napędem elektrycznym, zestawem akumulatorów itp. Napęd zamontowano na platformie tradycyjnego samolotu Daher TBM (dawniej SOCATA TBM). Dostawcą silników jest Safran. Badania prototypu koncentrują się głównie na monitoringu instalacji wysokiego napięcia i systemu dystrybucji energii elektrycznej.



System kontroli instalacji elektrycznej samolotu EcoPulse (fot. Airbus)

W odróżnieniu od konkurencyjnych konstrukcji Voltaero Cassio 330 zbudowano w układzie kaczki, w konfiguracji ze śmigłem pchającym (fot. Voltaero)

Pierwszą wersję demonstratora zaprezentowano na poprzednim paryskim salonie lotniczym, w 2019 roku. Dziewiczy lot najnowszej maszyny odbył się w roku 2022, z konwencjonalnym silnikiem cieplnym (bez działającego układu elektrycznego). W tym roku przeprowadzono – z pozytywnymi efektami – testy, zarówno naziemne, jak i w locie. Aktywowano wszystkie sześć e-śmigieł. Wylatano dwadzieścia siedem godzin, a testy prowadzone są nadal. Na ich podstawie do końca 2027 ma powstać w pełni bezpieczny i sprawny samolot hybrydowy, zdolny do bezpiecznej obsługi lokalnych połączeń.

Napędzane elektrycznie latające taksówki dawno już wyszły z fazy eksperymentu. Przykładami może być Lilium Jet, spokojnie oczekujący na pełną certyfikację, oraz wspomniany Volocopter. Nic dziwnego, że tego typu operującymi na niewielkich pułapach środkami transportu zainteresowały się wielkie koncerny.

Supernal, spółka należąca do Hyundai Motor Group, powstała z przekształcenia działu miejskiej mobilności powietrznej, rozwija konstrukcję S-A1, która powstaje we współpracy z firmą taksówkową Uber. Ten napędzany elektrycznie statek powietrzny pionowego startu i lądowania eVTOL może zabrać na pokład czwórkę pasażerów i pilota. Już przygotowywana jest wersja autonomiczna. Autonomia w powietrzu jest znacznie prostsza niż w samochodach. Supernal S-A1 dzięki temu pomieści jeszcze jednego pasażera. Maszyna osiągać ma prędkość przelotową 290 km/h i zasięg około 100 km. Pułap, na którym operuje, ma zawierać się w przedziale od 300 do 600 m. Ładowanie siedmiu akumulatorów trwa od 5 do 7 minut. Dzięki rozproszonemu napędowi elektrycznemu (DEP), składającemu się z ośmiu śmigieł napędzanych taką samą liczbą silników, zmniejszono liczbę tzw. punktów awarii. Ostatnią „linią obrony" przed wypadkiem jest specjalnie opracowany spadochron awaryjny. Na targach w Paryżu Supernal podpisał umowy w sprawie współpracy przy produkcji S-A1 z GKN Aerospace, Qarbon Aerospace i UMBRAGROUP.

Cassio 330 w całej okazałości (fot. Voltaero)

Kolejną ciekawą konstrukcję zaprezentowała francuska firma Voltaero. Na razie to tylko pełnowymiarowa makieta statku Cassio 330, który w zależności od wersji zabierać będzie na pokład od 5 do 12 pasażerów. Maszyna ma być napędzana kompozytowym śmigłem DUC Hélices. Jest ono dostosowane do niskich prędkości i wysokiego momentu obrotowego. Generuje bardzo niski poziom hałasu.

Cassio 330 to również wejście na europejski rynek lotniczy koncernu Kawasaki. Hybrydowy napęd maszyny składa się ze zintegrowanych mechanicznie silników – spalinowego i elektrycznego. Spalinowy to konstrukcja Kawasaki, wywodząca się z modelu motocykla Ninja H2, docelowo przystosowany do spalania wodoru. Elektryczny to ENGINeUS 100 od Safran Electrical Power. Układ przeniesienia napędu zaprojektowała i rozwija AKIRA Technologies.

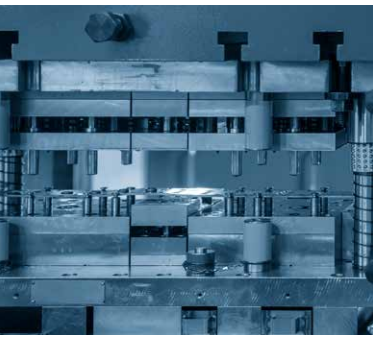
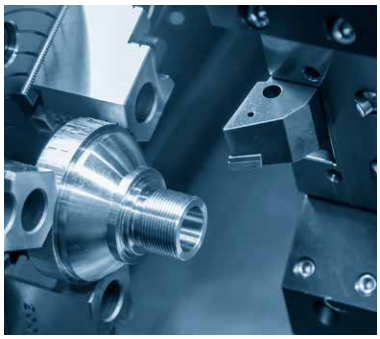
Statki powietrzne pionowego startu i lądowania, napędzane tanimi w eksploatacji układami hybrydowymi i elektrycznymi, mogą wpłynąć na zmianę struktury transportu wielkich aglomeracji. Podobnie jak napędzane w ten sam sposób samoloty linii regionalnych.

Odsłonięty hybrydowy układ napędowy Cassio 330 (fot. Voltaero)

Być może tegoroczny Air Show w Paryżu zwiastuje powrót branży lotniczej do stanu przedkryzysowego.

Ryszard Romanowski

airbus.com
safran-group.com
siae.fr
voltaero.aero

Definiowanie materiału na użytek symulacji kształtowania wyrobów metalowych

Sumit Hazra

Symulacje kształtowania wyrobów metalowych są coraz powszechniej wykorzystywane przez producentów w celu zwiększenia jakości wyrobów i wydajności procesów, przy jednoczesnym skróceniu czasu cyklu rozwoju produktu – tak, aby wyroby mogły być szybciej wprowadzone na rynek [1]. Do najważniejszych aspektów należy sposób, w jaki procesy produkcyjne są modelowane, co z kolei zależy od jakości danych wejściowych użytych w modelu. Głównymi danymi wykorzystywanymi w definicji procesów kształtowania metali jest:

- opis sposobu deformacji i niszczenia materiału (model materiałowy)
- geometria produkowanego wyrobu
- warunki brzegowe modelu
- liczba elementów, za pomocą których opisana jest geometria narzędzi i detali, a także krok czasu, określający liczbę operacji obliczeniowych potrzebnych do przeprowadzenia symulacji.

Modele materiałowe to jedne z najtrudniejszych do zdefiniowania danych wejściowych, gdyż opierają się na wynikach testów fizycznych. Na przykład wartości modułu sprężystości i granicę plastyczności uzyskuje się w wyniku próby rozciągania.

W artykule przedstawiona zostanie definicja materiału wymagana w symulacji procesów wytłaczania, obróbki skrawaniem, odlewania i kucia. W kolejnych sekcjach omówione będą cele symulacji, stosowne modele materiałowe i rodzaje danych wejściowych wymaganych przez modele. Przykładowo:

- symulacja wytłaczania wymaga głównie danych anizotropowego materiału tłoczonego na zimno
- symulacja procesu obróbki skrawaniem wymaga danych odnośnie prędkości odkształcania i zależności temperaturowych w zakresie odkształceń plastycznych
- symulacja odlewania wymaga danych o wymianie ciepła, krzepnięciu i przepływie cieczy
- symulacja kucia wymaga danych odnośnie prędkości odkształcania w zakresie kucia na zimno i zależności temperaturowych w przypadku kucia na gorąco.

WIERNOŚĆ MODELU SYMULACYJNEGO

Szczegółowość i kontekst zastosowania modelu materiałowego mają wpływ na wierność modelu symulacyjnego.

W ramach postępu prac rozwojowych wzrasta znajomość danego procesu, a także stosowanych materiałów i narzędzi. Nabyta w taki sposób wiedza może przydać się do udoskonalenia modeli, tym samym przyczyniając się do zwiększenia ich dokładności.

Modele o niskiej wierności służą do ukazania pewnego przedziału wydajności procesu, a także jego podatności na zmiany w zakresie warunków brzegowych czy parametrów materiałowych. Są one przeprowadzane na wczesnym etapie prac rozwojowych i wykorzystywane do ustalenia postaci deformacji w ramach procesu, a także oceny jego finansowej wykonalności. Modele średniej wierności zawierają bardziej precyzyjnie zdefiniowane modele materiałowe w celu uzyskania bardziej dokładnych wyników przebiegu procesu. Takich modeli można użyć do poprawy wydajności procesu, a uzyskane prognozy mogą służyć za podstawę wyboru geometrii narzędzi. Modele o wysokiej wierności mogą zawierać informację o zróżnicowaniu warunków brzegowych i parametrów materiałowych w celu wyznaczenia przybliżonego tzw. okna procesowego. Takie dokładne modele mogą być także wykorzystywane jako digital twin rzeczywistego przebiegu procesu.

Inżynierowie symulacji powinni dołożyć starań by jakość i miarodajność danych materiałowych dostarczanych na potrzeby symulacji wzrastała wraz z postępem prac projektowych. Podczas gdy ogólne dane z tablic materiałowych mogą okazać się niewystarczające do użytku w dokładnych modelach, to w przypadku prostych modeli bardziej szczegółowe charakterystyki nie są wymagane.

DEFINIOWANIE MATERIAŁU NA POTRZEBY SYMULACJI WYTŁACZANIA

Celem symulacji wytłaczania jest prognozowanie wartości naprężeń, pocienienia (w odniesieniu do granicznej krzywej tłoczenia), pofałdowania i odkształcenia powrotnego detalu blaszanego. Arkusze blach są zasadniczo anizotropowe (tzn. własności materiału są zróżnicowane w zależności od kierunku walcowania), a tłoczenie na zimno przebiega w temperaturze pokojowej w warunkach quasi-statycznego odkształcania. Deformacja jest więc modelowana przy pomocy modeli plastyczności i krzywych płynięcia, zniszczenie jest opisane przez graniczne krzywe tłoczenia, a odkształcenie powrotne – za pomocą modułu sprężystości.

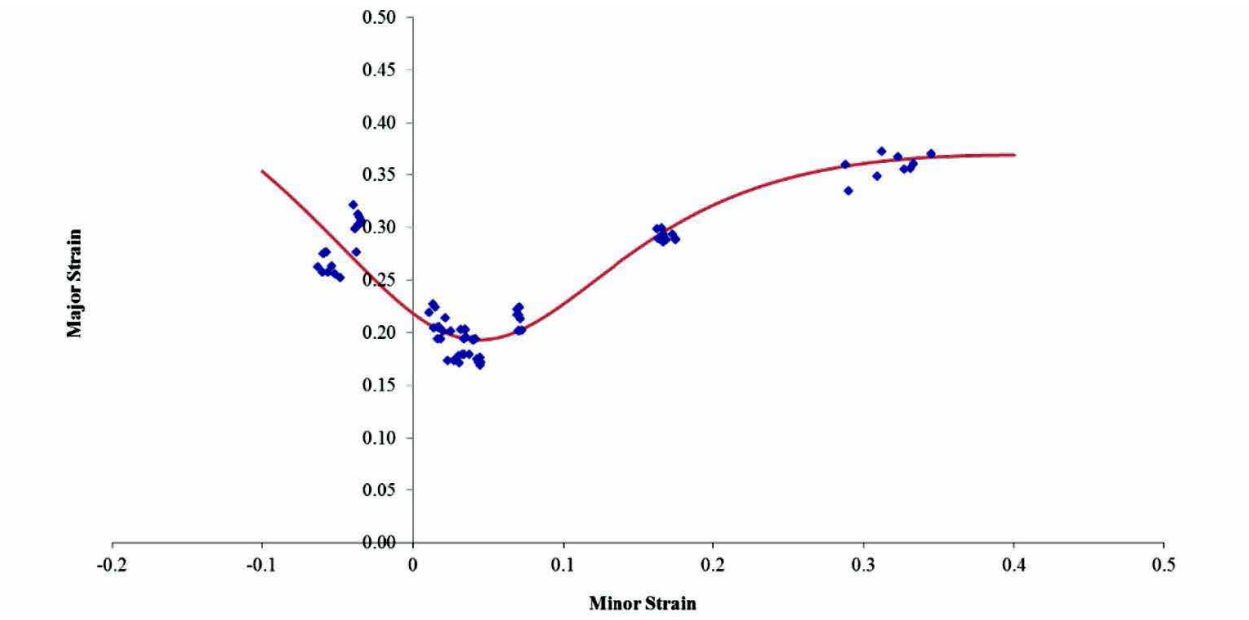
Plastyczność materiałów w formie arkusza jest definiowana za pomocą anizotropowych modeli plastyczności, należących do grup *quadratic* i *non-quadratic*. Generalnie przyjmuje się, że modele typu *quadratic* z jednej strony wymagają mniejszej liczby paramatrów do zdefiniowania, ale z drugiej strony są mniej dokładne, szczególnie w kontekście materiałów lekkich, takich jak aluminium.

Przykłady popularnych modeli podano w tabeli 1, gdzie σ_{y0}, σ_{y45}, σ_{y90} to granica plastyczności pod kątem 0°, 45° i 90° względem orientacji ziaren; r_0, r_{45} i r_{90} to współczynniki anizotropii pod kątem 0°, 45° i 90° względem orientacji ziaren, a σ_{yb} i r_b to odpowiednio granica plastyczności w stanie dwuosiowym i współczynnik anizotropii normalnej.

Granice plastyczności, współczynniki anizotropii oraz wykładniki umocnienia (wartości n) są otrzymywane w ramach standardowych pomiarów rozciągania arkusza (np. zgodnie z normą ISO

Model	Type	σ_{y0}	σ_{y45}	σ_{y90}	σ_{yb}	r_0	r_{45}	r_{90}	r_b
von Mises	quadratic	x							
Hill '48	quadratic	x				x	x	x	
Barlat '89	Non-quad	x	x	x		x	x	x	
Barlat 2000	Non-quad	x	x	x	x	x	x	x	x

Tab. 1 Parametry wymagane do wyboru modelu plastyczności



Rys. 1 Przykład krzywej odkształcalności granicznej stopu aluminium. Test przeprowadzono metodą Nakazimy; niewielkie naprężenie zginające podczas testu przesuwa płaszczyznę naprężeń w kierunku dodatnim

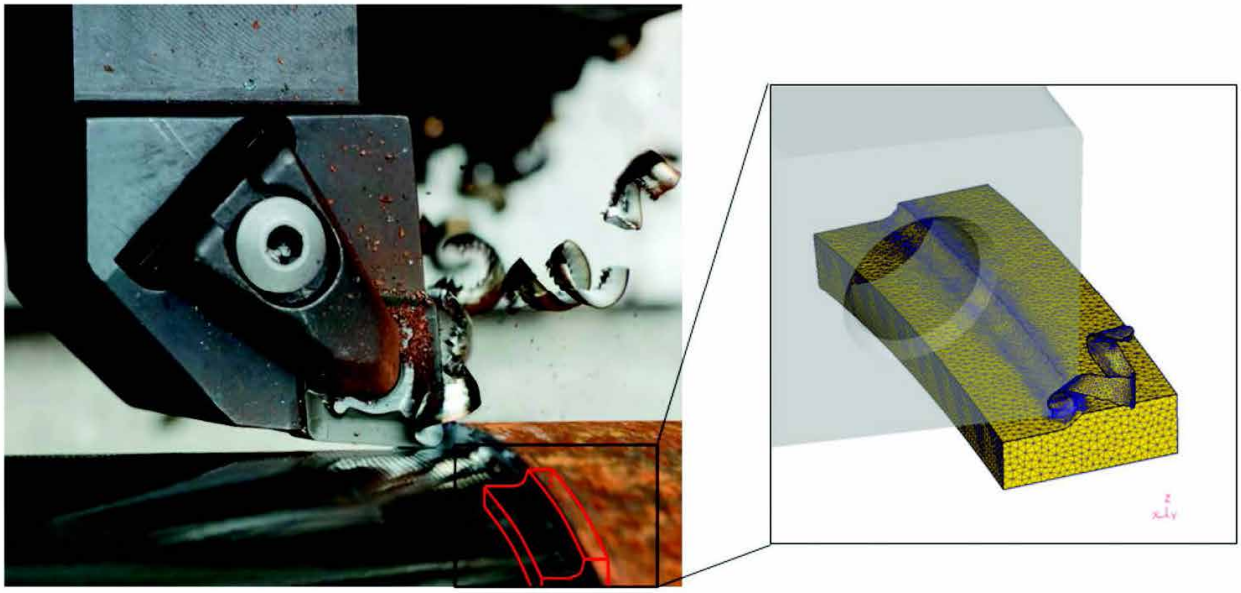
6892-1:2009 [3]). Aby uzyskać parametry plastyczności i anizotropii w innych kierunkach, próbkę przycina się ukośnie względem orientacji ziaren w danym arkuszu. Wyznaczanie granicy plastyczności jest opisane w normie ISO 6892-1:2009. Z kolei wyznaczanie współczynników anizotropii (wartości *r*) opisuje norma ISO 10113:2006 [4], a metodę wyznaczania wykładnika umocnienia (wartości *n*) norma ISO 10275:2007 [5]. Jeśli potrzeba, granicę plastyczności w stanie dwuosiowym i współczynniki anizotropii normalnej (σ_{yb} i r_b) można wyznaczyć podczas próby roztłaczania – wg procedury opisanej w niedawno opracowanej normie ISO 16808:2014 [6].

Krzywe płynięcia uzyskuje się poprzez dopasowanie danych z próby rozciągania. Często wykorzystywanymi metodami dopasowania są równanie Swifta dla stali i równanie Voce'a dla stopów aluminium i pewnych rodzajów wysokowytrzymałych stali [2]. W obu równaniach dla pełnej definicji wymagana jest wartość *n*. Krzywe płynięcia zwykle traktowane są jako izotropowe, stąd też wartość n, mierzona zgodnie z kierunkiem orientacji ziaren, jest wykorzystywana do przedstawienia zachowania płynięcia materiału we wszystkich kierunkach.

Krzywe tłoczenia zasadniczo uznaje się za anizotropowe; ich pomiarów dokonuje się standardowo wg normy ISO 12004 2:2008 [7]. Różnej wielkości próbki poddaje się próbie roztłaczania za pomocą kulistego tłocznika. W celu ograniczenia tarcia, między próbką a tłocznikiem stosuje się intensywne smarowanie. Aby uzyskać odkształcalność graniczną wymagane są znaczące przekształcenia; procedurę opisuje norma [7]. Obróbka, próby i przekształcenia danych na potrzeby uzyskania granic odkształcalności dla jednego stopu i jednej grubości mogą zająć nawet do pięciu dni (Rys. 1). Zazwyczaj granica odkształcalności wzrasta wraz z wzrostem grubości [2], co powoduję konieczność powtórzenia prób dla każdej dostępnej grubości materiału.

DEFINIOWANIE MATERIAŁU NA POTRZEBY SYMULACJI OBRÓBKI SKRAWANIEM

Głównym celem symulacji procesów obróbczych jest prognozowanie sił skrawania, zużycia narzędzia i efektywności usuwania materiału. Obróbka skrawaniem zasadniczo przebiega w warunkach odkształceń rzędu 100-700%, prędkości odkształcania do $10^6 \cdot s^{-1}$, temperatur w zakresie 500-1400 °C, przepływu ciepła 10^6 °C $\cdot s^{-1}$



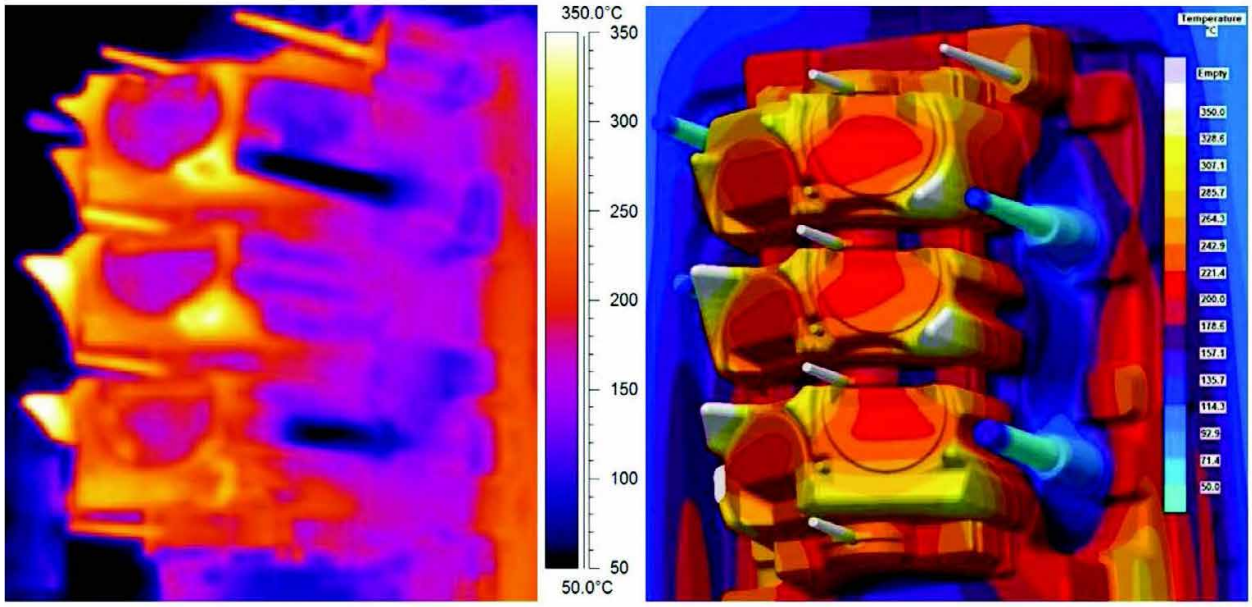
Rys. 2 Symulacja toczenia wykonana w celu obliczenia sił skrawających i morfologii wióra (źródło: Scientific Forming Technologies Corp.)

i wysokiego ciśnienia do 2-3 GPa [8]. Jako najczęściej stosowany model materiałowy dla procesów obróbki skrawaniem przyjął się model Johnsona i Cooka (JS)[9], gdyż przy stosunkowo niewielkiej liczbie parametrów pozwala uzyskać miarodajne wyniki dla wielu metali. Model opisuje naprężenie uplastyczniające jako rezultat naprężenia, prędkości odkształcania i temperatury.

Parametry materiałowe na potrzeby modelu JC mierzy się za pomocą przyrządu SHPB (*Split-Hopkinson Pressure Bar* – dzielony pręt Hopkinsona) lub uzyskuje się podczas obróbki według metody proponowanej przez Ozela i Zerena [11]. Częściej wykonuje się testy przy pomocy SHPB, choć taka metoda jest bardziej nastawiona na badanie ściskania niż rozciągania, a samo oprzyrządowanie nie jest szeroko dostępne. Metoda Ozela i Zerena [11] określa naprężenie uplastyczniające na podstawie eksperymentalnej obróbki ortogonalnej przy zróżnicowanych parametrach i pomiarów sił skrawania, grubości wióra i efektywnej długości krawędzi skrawającej. Otrzymane dane wykorzystuje się do obliczenia naprężeń zredukowanych, prędkości odkształcania i i temperatury w strefie pierwotnych odkształceń plastycznych na krawędzi narzędzia na podstawie kryterium von Misesa i modelu Oaxley'a. Na koniec do definicji granicy plastyczności w strefie odkształceń pierwotnych można użyć modelu JC. Taka metodologia może przydać się do obliczeń parametrów modelu JC dla Inconelu i stopów tytanu, wykorzystywanych do symulacji MES procesów skrawania metali. Są także inne podejścia zastosowania eksperymentalnej obróbki ortogonalnej, np. zaproponowane przez M. Daoud et al. [12].

DEFINIOWANIE MATERIAŁU NA POTRZEBY SYMULACJI ODLEWANIA

Głównym zadaniem symulacji procesów odlewniczych jest analiza przepływu materiału podczas napełniania formy, zmian temperatury podczas zastygania odlewu oraz struktury gotowego wyrobu, co wymaga modelowania dynamiki płynów, termodynamiki i dynamiki termomechanicznej. Wszystkie parametry materiałowe mające wpływ na te zjawiska fizyczne, mają krytyczne znaczenie dla symulacji odlewania. Szczególnie istotne są temperaturowe charakterystyki materiałowe, gdyż proces odlewania jest zasadniczo procesem technologicznym opartym na wymianie ciepła. Głównymi cechami materiałowymi stopów odlewniczych są: skład chemiczny, temperatury likwidus i solidus, entalpia, ciepło utajone i właściwe, krzywa ułamka fazy stałej, gęstość, napięcie



Rys. 3 Porównanie prognozowanego profilu temperaturowego (z prawej) z pomiarowym profilem temperaturowym odlewu bloku silnika V6 (po lewej)

powierzchniowe, współczynnik rozszerzalności cieplnej, lepkość, przewodność cieplna, właściwości mechaniczne oraz umocnienie plastyczne. Takie parametry jak moduł Younga i naprężenie uplastyczniające zależą także w znacznym stopniu od szybkości stygnięcia podczas zastygania odlewu (Rys. 3) . Podstawowe charakterystyki dla matrycy/formy to z kolei: skład chemiczny, przewodność cieplna, ciepło właściwe, współczynnik rozszerzalności cieplnej, właściwości mechaniczne takie jak krzywa naprężenie-odkształcenie, twardość, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie i wiązkość.

Jest kilka metod uzyskania tych wszystkich parametrów materiałowych. Po pierwsze dostawcy oprogramowania zazwyczaj dostarczają bazę danych obejmującą najczęściej stosowane materiały. Z drugiej strony praktycy symulacji gromadzą takie dane z raportów badawczych i literatury. Po trzecie praktycy symulacji dokonują pewnych pomiarów eksperymentalnych w zakresie parametrów materiałowych o krytycznym znaczeniu, w szczególności w przypadku nowych kompozycji stopów odlewniczych. Jednakże takie eksperymenty są bardzo kosztowne, szczególnie jeśli chodzi o parametry zależne od temperatury. Alternatywą jest przeprowadzenie analizy termodynamicznej materiału przy pomocy oprogramowania komercyjnego. Niezależnie od użytej metodologii praktycy symulacji powinni zawsze porównywać wyniki symulacji z rzeczywistymi odczytami parametrów odlewniczych i odpowiednio modyfikować oszacowane parametry charakterystyk materiałowych.

DEFINIOWANIE MATERIAŁU NA POTRZEBY SYMULACJI KUCIA

Kucie przebiega w warunkach rozgrzanego materiału (kucie na ciepło/gorąco), lub na zimno. Symulacja procesu kucia ma na celu prognozowanie finalnego kształtu wyrobu (Rys. 4), sił kucia, zmian naprężeń i temperatur, naprężeń i zużycia narzędzi, a także występowania defektów, takich jak niepełne wypełnienie wykroju matrycy, lub wystąpienie pęknięć w strukturze wyrobu. Odkuwka podlega typowym deformacjom w zakresie od $10^{-2} \cdot s^{-1}$ do $10^{2} \cdot s^{-1}$, nawet w przypadku kucia na zimno temperatura miejscami dochodzi osiąga 30 do 50% temperatury topnienia.

Odkształcenia zwykle przedstawia się za pomocą modelu von Misesa, a umocnienie i jego zanik odczytuje się z krzywej płynięcia. Modelem

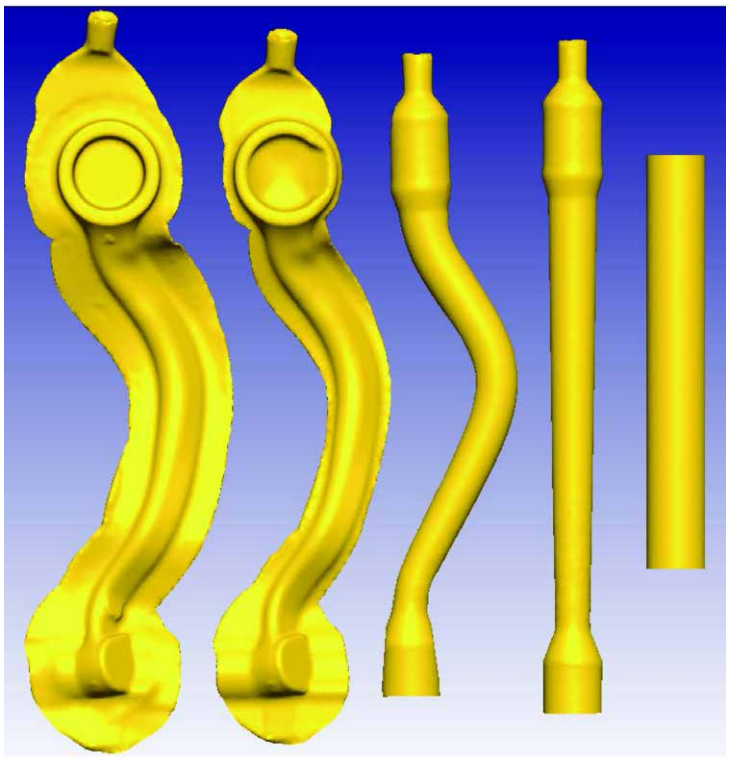
materiałowym najczęściej stosowanym do opisu kucia na gorąco jest równanie Hansela Spittela [13], które modeluje temperaturę, naprężenie i zależności odkształceniowe materiału. W przypadku kucia na zimno, do reprezentacji defektów można użyć modelu Cockcrofta Lathama [14]. Stosowanie kucia na ciepło/gorąco wymaga szczegółowego modelowania historii zmian temperatury odkuwki i matrycy podczas procesu. Szczególnie wymiana i wytwarzanie ciepła – i ich wpływ na parametry materiałowe – muszą być uwzględnione w modelu. Źródłem wytwarzanego ciepła są odkształcenia i tarcie. Pomiędzy odkuwką a matrycą zachodzi przewodzenie ciepła, zaś między odkuwką a otoczeniem – konwekcja i promieniowanie cieplne. Parametry materiałowe zależne od temperatury to między innymi moduł Younga, współczynnik Poissona, naprężenie uplastyczniające, pojemność cieplna, współczynnik rozszerzalności cieplnej oraz współczynnik emisyjności. Symulacje mające na celu prognozowanie składu fazowego, na przykład przemiany martenzytycznej podczas hartowania stali powinny zawierać dane kinetyczne przemiany (np. wykres zmiany struktury przy ciągłym chłodzeniu materiału), a także takie parametry jak ciepło utajone, zmiana objętości oraz odkształcenia transformacyjne dla każdej fazy materiału. Zasadniczo każda z faz będzie miała swoją charakterystykę termalną i mechaniczną.

Dane materiałowe uzyskuje się poprzez testy fizyczne lub oprogramowanie do symulacji układów fizycznych. Najbardziej typowymi testami jest statyczna próba ściskania i próba ściskania podwójnego stożka [15]. Statyczna próba ściskania może być wykorzystane do zdefiniowania naprężeń uplastyczniających w różnych temperaturach, a także prędkości odkształcania, naprężeń szczytowych oraz rekrystalizacji i zdrowienia. Próba ściskania podwójnego stożka może zaś posłużyć do wyznaczenia kinetyki rekrystalizacji, udziału objętościowego faz oraz ewolucji rozmiaru ziaren.

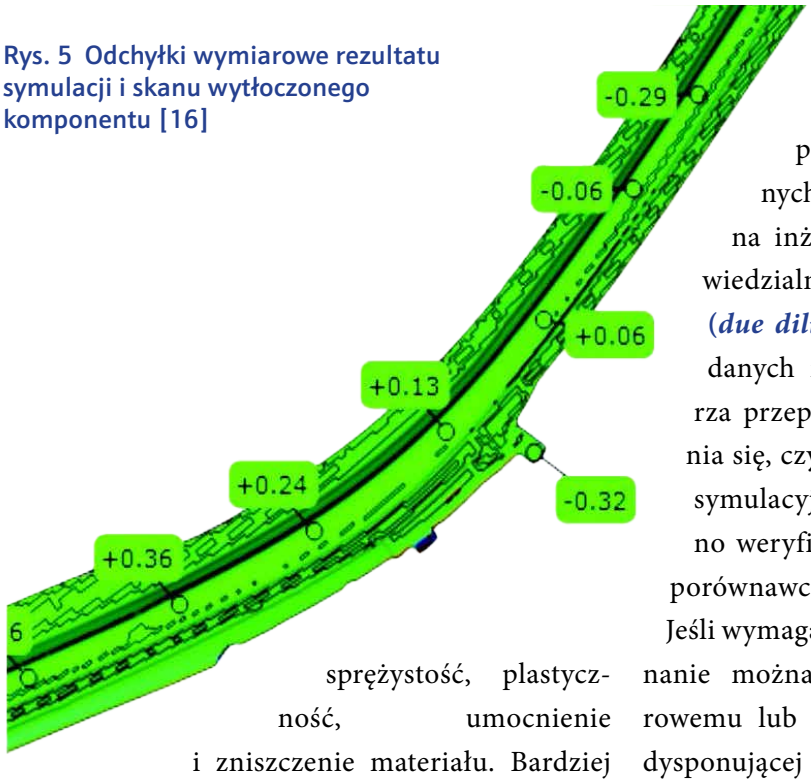
Dane użyte do zdefiniowanie tych modeli powinny być odzwierciedlać zakres prędkości odkształcania i temperatur przewidywanych w ciągu całego procesu. Jeśli rzeczywiste parametry procesowe wykraczają poza dostępny zakres danych z symulacji, należy dołożyć starań w celu zrozumienia ekstrapolacji danych materiałowych przez program symulacyjny.

JAK POZYSKAĆ DANE DO DEFINIOWANIA MATERIAŁÓW?

Charakterystykę materiałową konstytuują dwa zasadnicze aspekty: model, który opisuje aspekt zachowania się materiału w różnych warunkach oraz rzeczywiste dane wchodzące w skład modelu materiałowego. Dla przykładu: odkształcenie można opisać za pomocą równania von Misesa, ale rozmiary elipsy odkształcenia mogą być w pełni zdefiniowane wyłącznie za pomocą pomiaru jednoosiowego naprężenia uplastyczniającego. Różne modele są wykorzystywane do opisu różnych elementów deformacji materiałowej podczas procesu. Jako minimum większość procesów produkcyjnych wymaga modeli opisujących



Rys. 4 Prognozowanie ewolucji kształtu komponentu zawieszenia samochodu w procesie kucia (rys. Scientific Forming Technologies Corporation i LC Manufacturing)



Rys. 5 Odchyłki wymiarowe rezultatu symulacji i skanu wytłoczonego komponentu [16]

sprężystość, plastyczność, umocnienie i zniszczenie materiału. Bardziej złożonych modeli można użyć do opisu deformacji w różnych i/lub podwyższonych temperaturach; zróżnicowanie prędkości odkształcania, lub dodatkowe modele mogą zaś posłużyć do opisu specyficznych zjawisk, na przykład krzepnięcia (w odlewnictwie). Wybór modelu będzie zależał od wierności modelu symulacyjnego i starań włożonych w pomiary parametrów procesowych. Stąd też zakres prób do przeprowadzenia będzie zależny od wybranego modelu.

Dane eksperymentalne można uzyskać z kilku źródeł, w tym z otwartych repozytoriów, od dostawców materiałów, czy z badań odbiorczych. Otwarte repozytoria obejmują zarówno bazy danych niepoddawanych weryfikacji, jak też dane publikowane w literaturze technicznej i recenzowanych czasopismach. Dostawcy materiału zwykle dostarczają standardowych danych o właściwościach materiału, które mogą zostać użyte w standardowych modelach materiałowych, na przykład w modelu von Misesa dla odkształcenia. W niektórych przypadkach, gdy inżynier symulacji zamierza pracować na bardziej zaawansowanym modelu, lub weryfikować doświadczalnie uzyskane wyniki, jest zmuszony zlecić przeprowadzenie badań eksperymentalnych. Jeśli to możliwe, najlepiej by takie badania były prowadzone według opublikowanych norm i standardów. Jednakże to na inżynierze symulacji spoczywa odpowiedzialność za dołożenie **należytych starań (*due diligence*)** w celu zapewnienia jakości danych na użytek symulacji, którą zamierza przeprowadzić, a także w celu upewnienia się, czy dane pasują do warunków modelu symulacyjnego. Na rysunku 5 przedstawiono weryfikację parametrów podczas badania porównawczego wytłoczonego komponentu.

Jeśli wymagane jest zlecenie badania, jego wykonanie można powierzyć laboratorium pomiarowemu lub akademickiej placówce badawczej, dysponującej odpowiednim wyposażeniem. Ze względu na potencjalną złożoność badań, dobrze jest, gdy inżynierowie symulacji blisko współpracują z pracownikami laboratorium podczas projektowania badania. Nawet badania określone w normach mogą zawierać warianty, wymagające dostosowania do wymagań eksperymentu. Inżynier symulacji powinien uwzględnić takie czynniki jak: wymogi modelu materiałowego, dostępna aparatura pomiarowa, wybrana metodologia badawcza, techniki pomiarowe oraz wymagane przetworzenie danych pomiarowych. Na szczególną uwagę zasługuje staranność konwersji formatu danych pomiarowych na format wymagany przez model symulacyjny. Formaty te często się różnią, a konwersja danych do postaci akceptowanej przez solwer może wymagać dużego zaangażowania.

Sumit Hazra

Bibliografia:

[1] T. Dutton, *Why do Manufacturing Simulation*. NAFEMS, 2017.

[2] W. F. Hosford and R. M. Caddell, *Metal Forming: Mechanics and Metallurgy*, 4th edition. Cambridge University Press, 2011.

[3] ISO 6892-1:2009: *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature*. International Organization of Standardization, 2016.

[4] ISO 10113:2006: *Metallic materials – Sheet and strip – Determination of plastic strain ration*. 2006.

[5] ISO 10275:2007: *Metallic materials – Sheet and strip – Determination of tensile strain hardening exponent*. International Organization for Standardization, 2007.

[6] ISO 16808:2014: *Metallic materials – Sheet and strip – Determination of biaxial stress-strain curve by means of bulge test with optical measurement systems.*

[7] ISO 12004-2:2008: *Metallic materials: Part 2: Determination of forming limit curves in the laboratory*, 2008.

[8] P. Arrazola, T. Ozel, D. Umbrello, M. Davies, and I. Jawahir, *Recent advances in modelling of metal machining processes*, CIRP Ann. - Manuf. Technol., vol. 62, pp. 695–718, 2013.

[9] G. Johnson and W. Cook, *A constitutive Model and Data for Metals subjected to Large Strains, High Strain Rates and High Temperature*, in Proceedings of the 7th Int. Symposium on Ballistic, 1983, pp. 541–547.

[10] M. Calamaz, D. Coupard, and F. Girot, *A New Material Model for 2D Numerical Simulation of Serrated Chip Formation When Machining Titanium Alloy Ti–6Al–4V*, Int. J. Mach. Tools Manuf.,vol. 48, pp. 275–288, 2008.

[11] T. Ozel and E. Zeren, *Determination of work material flow stress and friction for FEA of machining using orthogonal cutting tests*, J. Mater. Process. Technol., vol. 153–154, pp. 1019–1025, 2004.

[12] M. Daoud, W. Jomaa, F. Chatelain, and A. Bouzid, *A machining-based methodology to identify material constitutive law for finite element simulation*, Int. J. Adv. Manuf. Technol. Manuf Technol,vol. 77, no. 2019–2033, 2015.

[13] A. Hansel and T. Spittel, *Kraft- und Arbeitsbedarf Bildsamer Formgebungsverfahren*. Leipzig,Germany: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1978.

[14] M. Cockroft and D. Latham, *Ductility and workability of metals*, J. Inst. Met., vol. 96, pp. 33–39,1968.

[15] F. Warchomicka, C. Poletti, M. Stockinger and T. Henke, *Microstructure evolution during hot deformation of Ti-6Al-4V double cone specimens*, Int. J. Mater. Form., vol. 3, no. Suppl 1, pp.215–218, 2010.

[16] Allen M, Olivera M, Hazra S, Adetoro O, Das A, Cardoso R, *Benchmark 2 – Springback of a Jaguar Land Rover Aluminium Panel*, J of Physics: Conference series, Vol 734, no. 022002, 2016.

[17] *Manufacturing Process Simulation Working Group* | nafems.org – nafe.ms/manwg (dostęp 21 stycznia 2020).

Niniejszy materiał pochodzi z broszury opublikowanej przez Metals Focus Group, wchodzącą w skład NAFEMS Manufacturing Process Simulation Working Group.

Więcej informacji: nafems.org

Dziękujemy panu dr Mártonowi Gróza i Stowarzyszeniu NAFEMS za wyrażenie zgody na tłumaczenie i publikację artykułu w naszym magazynie.

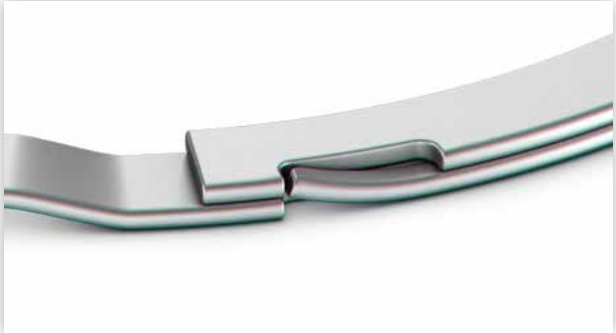
Demontaż samoblokujących pierścieni ustalających *Tab and Slot*

Samoblokujące pierścienie ustalające *Tab and Slot* zostały opracowane w 1958 roku w dziale Spirolox firmy Smalley. Od tamtej pory ich innowacyjna konstrukcja sprawdziła się w tysiącach zastosowań wysokoobrotowych.

Pierścienie ustalające Smalley Spirolox można skonfigurować na różne sposoby i zaopatrzyć w różne elementy – najlepiej odpowiadające wymogom danego zastosowania. Często stosowanym rozwiązaniem w budowie pierścieni Spirolox jest mechanizm blokujący *Tab and Slot* (Rys. 1), zapewniający mechaniczne zamknięcie pierścienia w pozycji docelowej.

Rys. 1 Samoblokujący pierścień ustalający typu *Tab and Slot*

W pierścieniu o budowie *Tab and Slot*, wypustka na końcu zwoju pierścienia zapada w rowek umiejscowiony w przeciwległym zwoju, co pokazano na rysunku 2.



Rys. 2 Wypustka zapada w rowek

ROLA MECHANIZMU *TAB AND SLOT*

Mechanizm samoblokujący *Tab and Slot* (Rys. 3) pomaga zabezpieczyć pierścień przed rozszerzeniem i/lub wypadnięciem z rowka podczas pracy. Ta prosta, lecz bardzo efektywna funkcjonalność uczyniła mechanizm *Tab and Slot* popularnym i skutecznym rozwiązaniem konstrukcyjnym pierścieni ustalających w zastosowaniach wysokoobrotowych.

JAK ZDEMONTOWAĆ PIERŚCIEŃ TYPU *TAB AND SLOT*?

Ze względu na ciasne pasowanie wypustki w rowku odblokowanie mechanizmu nie jest łatwym zadaniem. Wynika to z założeń konstrukcyjnych. Konstrukcja pierścienia zakłada jego mocowanie na stałe w złożeniu, co zapewnia mechanizm samoblokujący. Jeśli z jakiegoś powodu pierścień trzeba zdemontować, można przy użyciu płaskiego śrubokręta nacisnąć wypustkę tak, by zwolniła blokadę w rowku. Należy szczególnie uważać, aby nie uszkodzić komponentów złożenia podczas wypychania wypustek. Po zwolnieniu blokady można normalnie zdjąć pierścień.

Należy zauważyć, pierścień typu *Tab and Slot* założony na wał nie będzie nadawał się do ponownego wykorzystania po demontażu. Podczas wypychania wypustki w celu zdjęcia pierścienia następuje jej zerwanie, lub znaczące osłabienie, uniemożliwiające dalsze użytkowanie. Dlatego do demontażu pierścień nie nadaje się do ponownego wykorzystania.

Jeśli w Państwa zastosowaniach wymagane jest zastosowanie pierścieni ustalających umożliwiających demontaż i ponowny montaż w złożeniu, mogą Państwo rozważyć wykorzystanie pierścieni samoblokujących firmy Smalley typu Revolox. Zapraszamy do kontaktu z naszym działem technicznym we wszystkich sprawach dotyczących demontażu pierścieni samoblokujących i ogólnie problematyki zdejmowania spiralnych pierścieni.

□

CO DALEJ?

- **Poproś o wycenę**
- **Zamów bezpłatne próbki**
- **Zaprojektuj niestandardowe rozwiązanie**

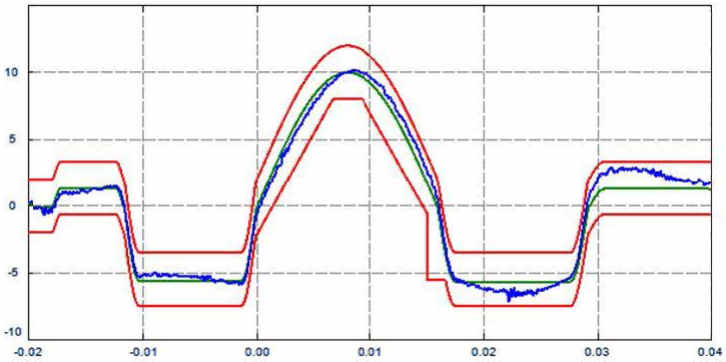
Rys. 3 Mechanizm blokujący *Tab and Slot* w rzucie bocznym

Porównanie metod modelowania impulsu mechanicznego

W dziedzinie inżynierii strukturalnej i dynamiki konstrukcji, analiza i modelowanie obciążeń dynamicznych mają kluczowe znaczenie dla zrozumienia zachowania się konstrukcji w warunkach dynamicznych, takich jak wibracje, wstrząsy czy wydarzenia impulsowe. Analiza obciążeń dynamicznych jest niezbędna w projektowaniu bezpiecznych i wytrzymałych konstrukcji, zwłaszcza w przypadku struktur narażonych na silne impulsy oraz wibracje.

Maciej Majerczak

Wstrząsy generowane przez różne zdarzenia, takie jak trzęsienia ziemi, uderzenia czy kolizje, często mają formę impulsów o krótkim czasie trwania. Impulsy te charakteryzują się szybkim wzrostem siły, wysokim szczytem i krótkim czasem trwania. Aby dokładnie modelować takie impulsy często używa się wzbudzenia pół-sinusoidalnego. Analiza obciążeń dynamicznych z wykorzystaniem takiego wzbudzenia jest ważna dla zapewnienia bezpieczeństwa i wytrzymałości konstrukcji w warunkach ekstremalnych. Pozwala ona na identyfikację obszarów struktury, które są najbardziej narażone na duże naprężenia i deformacje powstałe w wyniku takiego zdarzenia. Na podstawie wyników analizy można podjąć odpowiednie działania w celu wzmocnienia tych obszarów lub zastosowania systemów ochrony przed wstrząsami.



Rys.1 Przykładowy rzeczywisty (laboratoryjny) sygnał półsinusoidalny z widocznym pre- i post shockiem

W artykule skupimy się na przeglądzie trzech popularnych metod modelowania analizy dynamicznej w przypadku obciążeń impulsowych (shock) przy wykorzystaniu metody elementów skończonych, którymi są: *Shock Response Spectrum* (SRS), *Modal Transient Dynamic* (MTD) oraz Explicit. Każda z tych metod ma swoje unikatowe cechy, zalety, jak również ograniczenia, które zostaną przedstawione i omówione w dalszej części.

SHOCK RESPONSE SPECTRUM

Pierwszą z analizowanych metod jest SRS (*Shock Response Spectrum*). Technika ta jest bardzo popularna i szeroko stosowana szczególnie w analizie obciążeń impulsowych. Polega ona na ocenie reakcji struktury na wstrząsy o różnych

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Narzędzia do frezowania gwintów

W obróbce skrawaniem stosowanych jest wiele narzędzi, o różnej konstrukcji, do kształtowania niekiedy trudnych w obróbce powierzchni przedmiotów obrabianych. Trudne w wykonaniu są na ogół gwinty, zwłaszcza specjalne. Gwinty wykonuje się za pomocą gwintowników, narzynek, noży tokarskich, poprzez walcowanie specjalnymi głowicami, a także za pomocą frezów. Zwłaszcza frezy, które używane są do nacinania gwintów większych wymiarów, zasługują na specjalną uwagę.

Julian Kiełczewski, Aleksander Łukomski

Frezowanie gwintów to proces obróbki, w którym gwinty są nacinane za pomocą kołowego ruchu rampowego obracającego się narzędzia, a skok gwintu jest wytwarzany przez ruch boczny w jednym obrocie. Frezowanie gwintów dokonuje się za pomocą frezów tarczowych lub walcowych z ostrzami kształtowymi. Istnieje też technologia obiegowego frezowania gwintów głowicami nożowymi na tokarce, która charakteryzuje się tym, że narzędzie w kształcie głowicy nożowej wykonuje ruch obrotowy i posuwowy, a przedmiot obrabiany – ruch obrotowy.

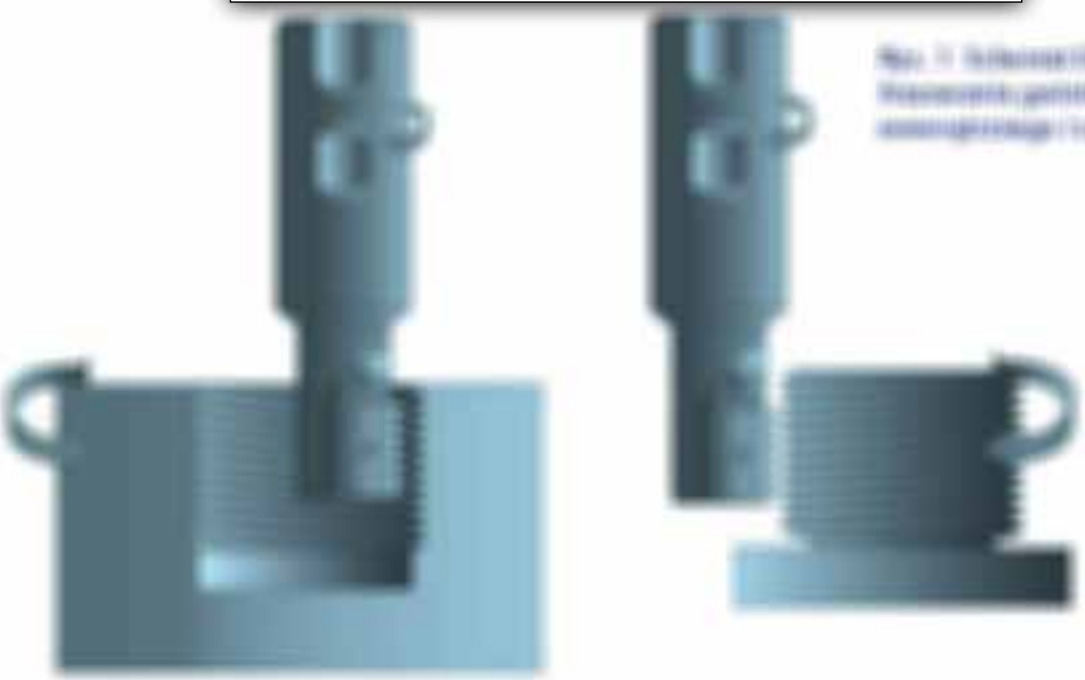
Zaletą frezów do gwintów jest możliwość zastosowania jednego narzędzia do nacinania gwintów zewnętrznych i wewnętrznych, a także lewych i prawych, ale o tym samym skoku.

Tej samej maszyny można używać do gwintów lewych i prawych, różnych tolerancji gwintów, różnych materiałów i średnic otworów, wykonując gwinty z dużą precyzją i doskonałym wykończeniem powierzchni. Chociaż frezowanie gwintów nie jest tak szeroko stosowane jak toczenie gwintów, w niektórych zastosowaniach może być bardzo przydatne, ponieważ przynosi

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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



System szybkiego montażu rurociągów stalowych

Firma MSE Kraków Sp. z o.o. posiada szerokie doświadczenie w obszarze technologii związanych z projektowaniem, montażem oraz spawaniem elementów infrastruktury stalowej. Główne obszary działalności firmy to:

- Rurociągi przemysłowe – firma posiada ogromne doświadczenie w spawaniu rurociągów stalowych (żaroodpornych, nierdzewnych) dla branży energetycznej i petrochemicznej. MSE zajmuje się wykonywaniem, dostarczaniem oraz montowaniem stalowych rurociągów przemysłowych przeznaczonych głównie do transportu cieczy i gazów.
- Konstrukcje stalowe: projektowanie, dostawa i montaż hal magazynowych i produkcyjnych.
- Prefabrykacja i montaż zbiorników stalowych, głównie dla sektora rolniczego, energetycznego i petrochemicznego.
- Konstrukcje mostowe, jedno- i wieloprzęsłowe, wraz z zabezpieczeniem antykorozyjnym.
- Maszyny przemysłowe
- Prace serwisowe w przemyśle energetycznym obejmujące również kompleksowe remonty maszyn i urządzeń przemysłowych, jak obrotowe wymienniki ciepła (GAWO, LUVO), wymienniki płaszczowo-rurowe, elektrofiltry.

Rys. 1 Siedziba firmy MSE Kraków Sp. z o.o.

GENEZA PROJEKTU

Świadomość problemów związanych z niedoskonałościami technologicznymi dostępnych systemów montażu rurociągów stalowych oraz brak na rynku oczekiwanych rozwiązań produktowych umożliwiających optymalizację prowadzonych procesów, skłoniły firmę MSE do podjęcia decyzji o konieczności realizacji projektu badawczo-rozwojowego na opracowanie własnych, innowacyjnych rozwiązań technologicznych w tym zakresie. Kluczowe problemy dla branży, z którymi zmierzyła się spółka MSE, obejmują przede wszystkim niską efektywność i precyzję prowadzenia prac montażowych i spawalniczych dotyczących rurociągów stalowych. Głównym celem projektu było opracowanie innowacyjnego Systemu Szybkiego Montażu (SSM) sztywnych złączy do instalacji rurowych. Najważniejszy aspekt nowego rozwiązania polegał na znaczącym uproszczeniu i skróceniu procesu montażu i spawania połączeń rurowych.

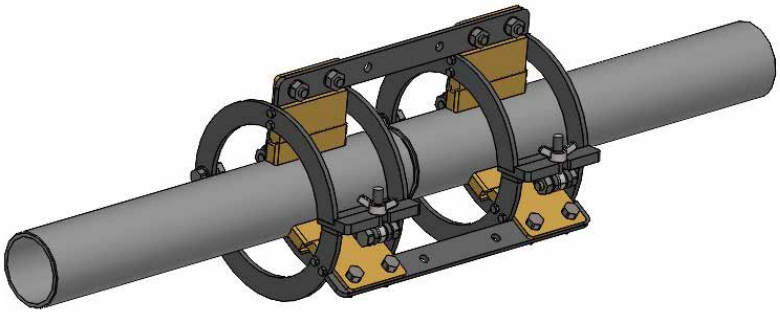
Obecnie przy wykorzystaniu konkurencyjnych rozwiązań technologicznych, przygotowanie i budowa połączeń rurociągowych stanowi wieloetapowy proces, w którym prace montażowe (w tym przygotowanie prefabrykatów) i spawalnicze prowadzone są naprzemiennie przez spawaczy i monterów. Jest to podejście mało efektywne z punktu widzenia kosztów pracy oraz dostępności wykwalifikowanych pracowników.

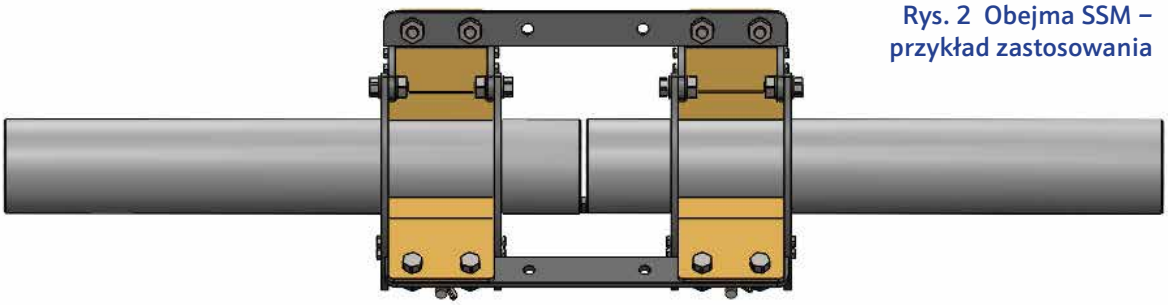
REZULTAT PROJEKTU

W ramach badań projektowych opracowano system montażowy do rurociągów stalowych oparty o złącza SSM. Pojedyncze złącze składa się z zacisków montażowych umożliwiających szybki montaż i scalenie dwóch elementów armatury rurowej, zapewniając im odpowiednią sztywność stateczną konstrukcji. Sztywne złącza umożliwiają wykonywanie montażu całej instalacji rurowej bez konieczności spawania poszczególnych fragmentów orurowania. Zakres średnic rur, do których system SSM ma zastosowanie, to – w zależności od wariantu obejmy – DN32 – DN 100, DN100 – DN200 oraz DN200 – DN300.

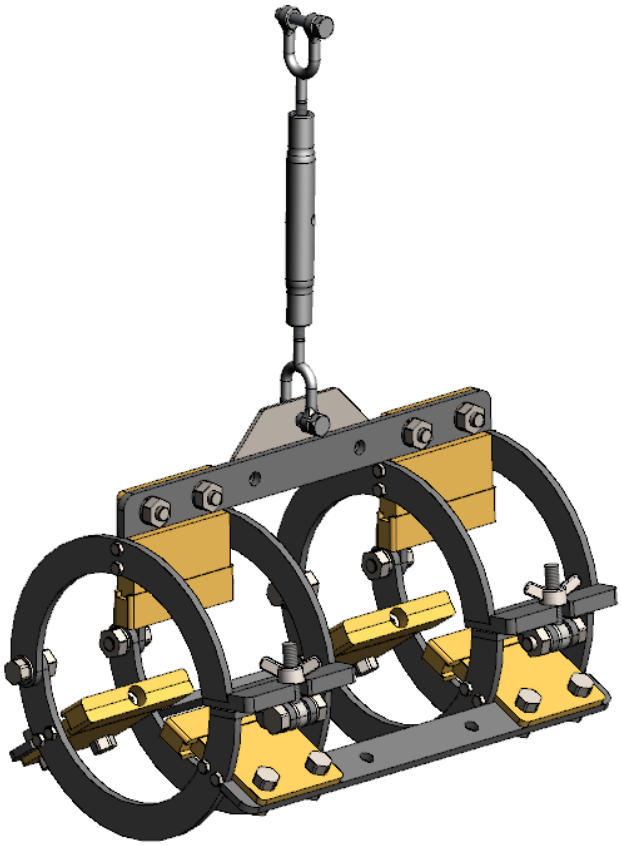
Rozwiązanie umożliwia również podwieszanie i mocowanie tymczasowego rurociągu do elementów konstrukcji obiektu, zastosowanie dedykowanych adapterów umożliwiających m.in. cięcie i fazowanie elementów orurowania, oraz adapteru do spawania, wspomagającego pracę spawacza, dzięki redukcji stopni swobody oraz umożliwiającego podparcie głowicy spawającej TIG.

Proces budowy rurociągu przy zastosowaniu SSM składa się z wyraźnie wydzielonych i niezależnych od siebie etapów montażu, a następnie spawania





Rys. 2 Obejma SSM – przykład zastosowania



Rys. 3 Obejma i zawiesie

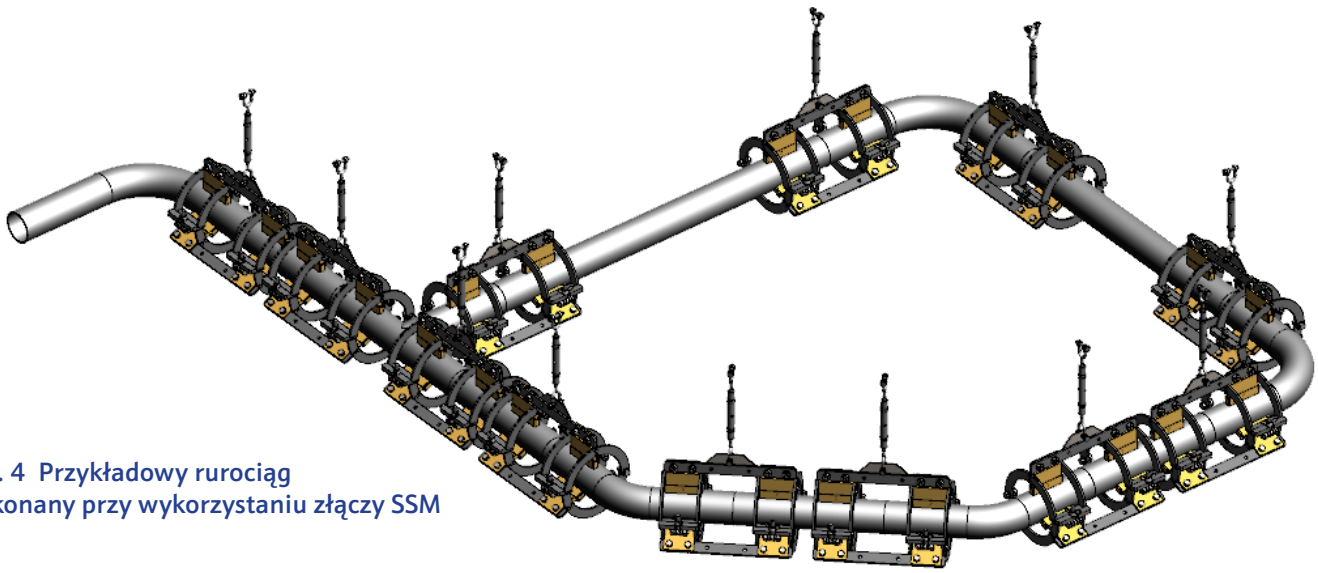
rurociągu. W stosunku do aktualnie oferowanych rozwiązań konkurencyjnych osiągnięto skrócenie pracochłonności montażu i spawania rurociągów stalowych średnio o 40% w porównaniu z montażem bez wykorzystania złącz SSM. Rozwiązanie już zostało wdrożone we własnej działalności gospodarczej spółki MSE. Wprowadzenie SSM do oferty produktowej planowane jest na rok 2024. Elastyczność zaproponowanego rozwiązania sprawia, iż system montażowy SSM będzie mógł zostać każdorazowo dostosowany do indywidualnych potrzeb odbiorców. W przypadku montażu rurociągów stalowych dotyczą one przede wszystkim dopasowania produktu do parametrów spawanych rur i wykonywanych spoin.

FINANSOWANIE PROJEKTU

Prace badawcze realizowane były w ramach projektu „Opracowanie Systemu Szybkiego Montażu sztywnych złączy do instalacji rurowych, stanowiącego przełomową innowację w zakresie technologii przygotowania, składania i spawania rurociągów stalowych" realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Projekt był dofinansowany ze środków NCBR.

Numer wniosku o dofinansowanie:
POIR.01.01.01-00-1183/18.
Wartość projektu: 2 815 326,41 zł.
Wartość dofinansowania: 2 162 428,77 zł

MSE KRAKÓW SP. Z O.O.
32-002 KOKOTÓW 943
www.msexport.pl



Rys. 4 Przykładowy rurociąg wykonany przy wykorzystaniu złączy SSM

ZS 800 – motocykl w wielkim stylu

Po niewątpliwym, międzynarodowym sukcesie samochodu Praga Bohema, który opisywaliśmy w grudniowym wydaniu naszego czasopisma, nasi sąsiedzi zza południowej granicy przygotowali kolejną motoryzacyjną sensację. Nowy motocykl z oznaczeniem ZS 800 stanowi powrót do przedwojennych tradycji motocyklowych marki Praga i nawiązuje do słynnego modelu BD 500.

Jacek Zbierski

Jaroslav František Koch zaprojektował motocykl BD 500 dla zakładów motocyklowych Breitfeld-Daněk w 1926 roku. Koch pragnął uczynić model BD 500 motocyklem wytrzymałym i niezawodnym – dostosowanym do standardu ówczesnych dróg. W konstrukcji motocykla zastosował szereg innowacyjnych rozwiązań, w tym jednocylindrowy, czterosuwowy silnik własnej konstrukcji, który wyróżniał się układem rozrządu z wałkiem królewskim i dwoma wałkami rozrządu w głowicy. Było to rozwiązanie wciąż nowe, stosowane prawie wyłącznie w motocyklach wyczynowych (po raz pierwszy w modelu Peugeot 500 M z 1913 roku) i do dzisiaj dość rzadkie. Silnik zabudowano w jednym korpusie razem ze skrzynią biegów i sprzęgłem. 15 KM przy 4 tys. obrotów na minutę pozwalało na rozpędzenie motocykla do prędkości przekraczającej 100 km/h.

Niezawodność i osiągi przyniosły modelowi BD 500 rozgłos, kiedy w 1928 roku Koch przebył na nim trasę Rzym-Praga (1480 km) w 35 godzin i 40 minut. Czechosłowacka armia i policja od razu zainteresowały się jednośladem. Tymczasem w 1929 roku zakłady Breitfeld-Daněk zostały przejęte przez czechosłowackiego producenta samochodów osobowych i ciężarowych – firmę Praga. W zakładach Pragi uruchomiono seryjną produkcję modelu BD 500. W pięciu seriach powstało ok. 1800 egzemplarzy, w tym część w odmianie z wózkiem bocznym. W 1933 roku z powodu

Praga ZS 800 i BD 500

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

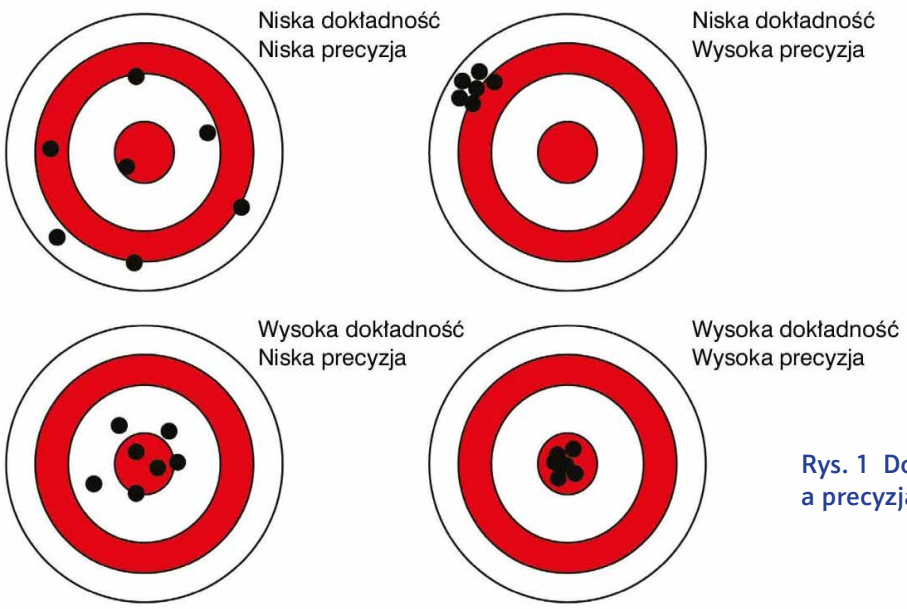
Automatyzacja procesu kontroli jakości z wykorzystaniem skanerów 3D

Kontrola jakości opiera się na możliwości zweryfikowania wymiarów lub cech produktu, które będą warunkowały użyteczność wyprodukowanego detalu. Jest to kluczowe, aby zapewnić funkcjonalność w kontekście finalnego rozwiązania. W artykule opisujemy usprawnienia procesu kontroli jakości poprzez automatyzację całego procesu, redukcję czasu, kosztów oraz zwiększenie efektywności dzięki eliminacji potencjalnych błędów.

Damian Dziura

W przemyśle duża część systemów cechuje się wysoką precyzją pobierania danych wykorzystywanych do późniejszej analizy. Na ich podstawie możliwe jest wykonywanie analizy w formie pomiarów. Systemy te mają wysoką wartość dzięki powtarzalności, co zapewnia większą pewność otrzymywanych danych.

Wyższa powtarzalność pozwala na korektę wartości wykonywanego pomiaru, jeżeli możliwości pobierania danych do pomiaru są utrudnione. W takim przypadku możemy dokładniej sprecyzować tolerancję, w sytuacji gdy mieliśmy do czynienia ze zmianą metody pomiarowej i obecne dane, jakie uzyskujemy, nie odpowiadają w pełni poprzedniej metodzie pomiarowej.



Rys. 1 Dokładność a precyzja pomiarów

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Lotus 7

Samochód sportowy, który bez trudu może rozprawić się z wieloma supersamochodami, kosztując przy tym ułamek ich ceny. Do tego możliwy do samodzielnej budowy przez osoby o bardziej niż przeciętnych umiejętnościach mechanicznych. Maszyna, której pierwsze koncepcje rodziły się w 1953 roku, i która ciągle nie chce się zestarzeć. Przeciwnie, jej prosta bryła nadwozia z roku na rok staje się coraz bardziej atrakcyjna. To Lotus 7.

Ryszard Romanowski

Jego twórcą jest człowiek, który stał się legendą motoryzacji, nie tylko Formuły 1 – Anthony Colin Bruce Chapman. Słynna i ciągle aktualna jest jego opinia na temat konstrukcji samochodów sportowych, która brzmi: – Dodatkowa moc sprawia, że jesteś szybszy na prostych. Odejmowanie masy daje to, że jesteś szybszy wszędzie. Konstruktor i manager, którego życiorys mógłby posłużyć za scenariusz pasjonującego filmu, studiował tyle ile potrzebował na University

Lotus 7 z 1961 roku
(fot. Silverstone Auctions)

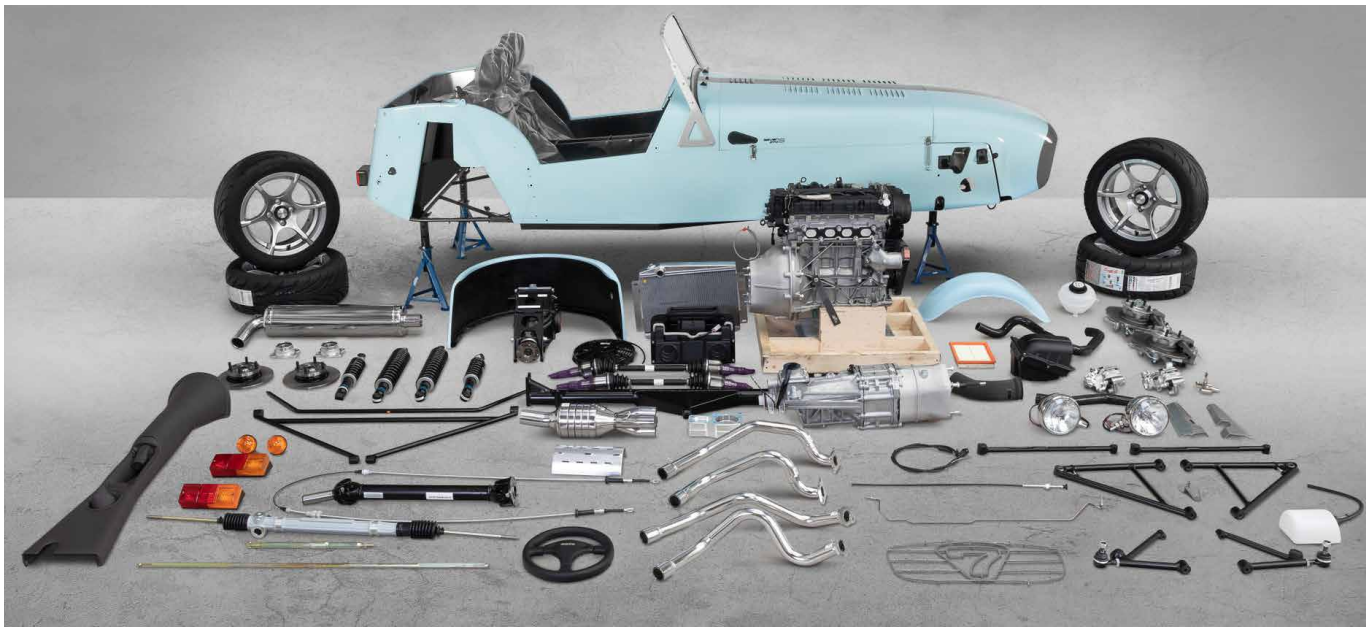
Lotus 6 z 1955 roku
(fot. Silverstone Auctions)

College w Londynie. Wstąpił do Królewskich Sił Powietrznych. Był pilotem, lecz szybko postanowił powrócić do życia cywilnego. Następnie dołączył do firmy British Aluminium, gdzie zgłębiał właściwości i rozwiązywał tajemnice wykorzystywania tego metalu i jego stopów. Już w roku 1948, na bazie Austina 7 zbudował pojazd Mk 1, którym z powodzeniem startował w klubowych wyścigach. Maszynę nazwał Lotus. Istnieje kilka teorii na temat genezy tej nazwy; być może żadna z nich nie jest prawdziwa. Nagrody zdobyte w wyścigach pozwoliły mu sfinansować budowę kolejnego Lotusa – Mk 2. Konkurenci nie byli w stanie zbudować lepszej maszyny. W końcu sięgnęli po sposoby spoza techniki samochodowej i uzyskali zmianę regulaminu, który eliminował ten samochód z wyścigów. Taki niezbyt inżynierski i niehonorowy sposób działania prześladować będzie Lotusa również w Formule 1.

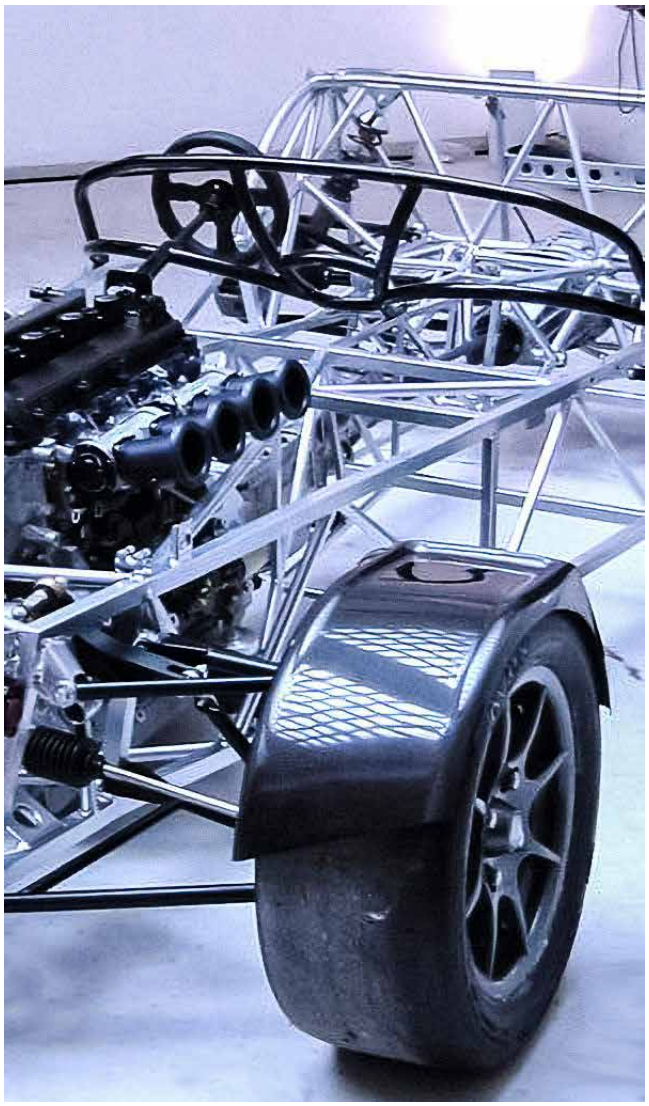
Zmienił się regulamin i zmienił samochód. Najbardziej udaną konstrukcją okazał się model 6. Konkurenci widząc, że nie są w stanie z nim rywalizować, zapragnęli go kupić. Do 1956 roku sprzedano ponad sto zestawów do budowy tego samochodu. W 1956 roku Colin Chapman zasiadł za kierownicą Vanwalla w Formule 1, jednakże nie odniósł większych sukcesów. Nikt wtedy chyba się nie spodziewał, że jako konstruktor i manager zdobędzie sześć tytułów mistrza świata konstruktorów i sprawi, że czarno-złote Lotusy długo będą na torach niepokonane. Warto jeszcze wspomnieć, że w firmie Lotus wiele lat pracowali Mike Costin i Keith Duckworth, zanim założyli firmę Cosworth, której silniki też zdominowały wyścigi na wiele lat. Jakiś czas mechanikiem Lotusa był Graham Hill.

Historia Lotusa i jego innowacji technicznych to bardzo obszerny temat. Podobnie jak wykorzystanie aluminium i działająca, często w przeciwieństwie do konkurencyjnych konstrukcji, aerodynamika. Lotus zawsze tworzony był w zgodzie ze swoją pierwotną zasadą: nie dodatkowa moc, a redukcja masy. Dlatego też FIA kilkakrotnie pod naciskiem konkurentów zmieniała regulaminy techniczne, aby Lotusy zupełnie nie zdominowały wyścigów.

Powróćmy do modelu 6, pierwszego samochodu budowanego przez firmę w stosunkowo dużych ilościach. Z uwagi na obciążenia podatkowe na Wyspach Brytyjskich był zestawem do samodzielnego montażu: jako zestaw części zwolniony był z podatków, a więc był znacznie tańszy i bardziej dostępny. Powstawał na rurowej ramie, wzmocnionej panelami z aluminium. Klient wybierał silnik. Najczęściej był to popularny motor Forda o pojemności 1172 ccm. Brytyjskie wyścigi



Caterham wciąż oferuje zestawy do samodzielnego montażu modelu 7



Konstrukcja przestrzenna nieco uwspółcześnionego modelu Caterham CSR (fot. mycaterham.com)

klubowe stawały się coraz bardziej popularne. W podobnej formule rozgrywano je za oceanem. Amerykanie również zapragnęli Lotusa. W roku 1957 powstał Mark VII. Powstawały kompletne samochody, jak również zestawy do samodzielnego montażu. Te ostatnie zniknęły w 1973 roku, kiedy to w Anglii wprowadzono podatek VAT.

Samochód budowany podobnie jak Mark VI, na stalowej ramie z aluminiowymi panelami, charakteryzował się bardzo niskim, pozbawionym drzwi, nadwoziem, w najwyższym miejscu (szczyt przedniej szyby) nie przekraczającym wysokości 1 m. Prześwit wynosił zaledwie 130 mm, a masa auta 460 kg. Stosowano silnik Forda, BMC A i najmocniejszy – Coventry Climax, z wałkiem rozrządu w głowicy. Przednie zawieszenie było identyczne jak w aucie Formuły 2: podwójne wahacze i sprężyny śrubowe. Bębnowe hamulce uznano za wystarczające. Na marginesie warto przypomnieć, że w tych czasach ten sam pojazd służył zarówno do codziennej eksploatacji, jak i do weekendowych wyścigów, również za oceanem.

Według licznych plotek firma dopłacała do każdego egzemplarza. Auto należało przeprojektować lub zrezygnować z jego produkcji. Już na etapie przeprojektowania ujawniła się podatność projektu na liczne zmiany i modyfikacje.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Due diligence – ocena i wycena zakładów produkcyjnych

Inżynierowie w swojej działalności zawodowej realizują różne prace. Poza projektowaniem, konstruowaniem i szeroko pojętą technologią, ich wiedza i doświadczenie jest nieodzowne w pracach eksperckich, w różnego rodzaju ocenach, ekspertyzach, opiniach technicznych czy orzeczeniach wykonywanych również dla firm i zawodów, które z techniką mają niewiele wspólnego, jak np. prawnicy czy ekonomiści. Jednym z ważniejszych działań inżynierów w tym zakresie jest opracowywanie tzw. due diligence, czyli w uproszczeniu, rzetelnej i wiarygodnej oceny i wyceny przedsiębiorstwa produkcyjnego.

Aleksander Łukomski

Due diligence to opracowanie, w którym poddaje się dogłębnej analizie podmiot, w który ma się zamiar zainwestować, czyli dokonuje się analizy przedinwestycyjnej. Działanie to, podejmowane ze względu na wskazane ograniczenie dobrej wiary w obrocie handlowym, podejmowane jest w myśl łacińskiej maksymy – *caveat emptor* (niech kupujący się strzeże).

Celem wszystkich inwestorów, małych i dużych, jest osiągnięcie jak najwyższej stopy zwrotu z inwestycji, przy możliwie minimalnym ryzyku. Regułą jest jednak proporcjonalna zależność tych dwóch wartości – im większe ryzyko tym większy zysk. Bezpośredni wpływ na osiągnięcie przychodów z inwestycji w instrument finansowy jest trudny lub wręcz niemożliwy, można jednak zminimalizować ryzyko transakcji przeprowadzając badanie, właśnie *due diligence*, które polega na gruntownej analizie funkcjonowania podmiotu gospodarczego i ma na celu ustalenie silnych i słabych stron badanego przedsiębiorstwa, oraz identyfikację potencjalnych zagrożeń dla nabywcy. Jest ono koniecznym czynnikiem warunkującym sukces przy transakcji przejęcia.

Proces *due diligence* powinien umożliwić:

- zidentyfikowanie ryzyka prowadzenia działalności w danym kraju oraz zaznajomienie się z uwarunkowaniami biznesowymi, prawnymi, i podatkowymi;
- ocenę ryzyka przeprowadzenia transakcji będącego funkcją ryzyka sektora rynku oraz specyficznego ryzyka przedsiębiorstwa.

W zdecydowanej większości przypadków *due diligence* wykonuje się przy przejmowaniu przedsiębiorstwa (fuzji), przy konsolidacji przedsiębiorstw, przy inwestowaniu w nowe przedsiębiorstwo, ale także przy przejmowaniu lub inwestowaniu w nieruchomość. Z reguły także dla większych przedsiębiorstw, gdyż to opracowanie jest czasochłonne i wymaga współpracy kilku rzeczoznawców (a więc

jest też kosztowne). Dla mniejszych przedsiębiorstw, jeżeli już, wykonuje się znacznie uproszczone opracowanie. Znane jest np. opracowanie *due diligence* dotyczące tylko stanu technicznego maszyn pewnego przedsiębiorstwa. Sporządzone było przez rzeczoznawców – inżynierów mechaników, a wykonane dla banku, który finansował przejęcie polskiej fabryki wełny mineralnej dla inwestora zagranicznego, który z kolei potrzebował informacji, czy przejęta fabryka może od razu kontynuować produkcję.

Na ogół wykonanie pełnego *due diligence* powierza się doświadczonemu zespołowi rzeczoznawców, prawników i doradców podatkowych, którzy posiadają rzetelną wiedzę i doświadczenie w takich obszarach jak:

- produkty, usługi – obecne, wdrażane, planowane, czy rozważane;
- otoczenie danego przedsiębiorstwa – klienci, konkurenci;
- zespół zarządzający;
- organizacja przedsiębiorstwa;
- analiza finansowa;
- analiza prawna pod kątem własności – udziały, akcje, prawa do nieruchomości itp.;
- analiza księgowa;
- ocena zagrożeń i szacowanie ryzyka;
- wycena przedsiębiorstw i maszyn oraz urządzeń;
- inne, jak np. stan techniczny budynków i budowli urządzeń i maszyn, ich poziom techniczny lub konieczne zmiany, i ich stan prawny – zgodność z przepisami i normami oraz ich wycena.

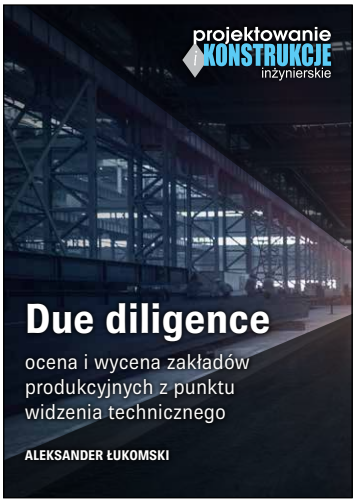
W większości opracowań *due diligence* w zespole opracowującym pomija się udział doświadczonego inżyniera, dobierając do zespołu tylko ekonomistów i prawników. Jest to ewidentny błąd. Nikt nie orientuje się tak dobrze w procesach produkcji, maszynach, urządzeniach technicznych, instalacjach technologicznych oraz ich wartości technicznej i finansowej jak doświadczony inżynier mechanik, którego wiedza jest najcenniejsza przy opracowywaniu *due diligence* dotyczących inwestowania w nową, czy używaną fabrykę lub zakład produkcyjny czy usługowy (najkorzystniej gdyby to był projektant technolog zajmujący się projektowaniem zakładów przemysłowych, a także rzeczoznawca znający dobrze maszyny i umiejący ocenić ich stan). Bez tej wiedzy i analizy na wysokim poziomie technicznym wartość *due diligence* jest znacznie mniejsza, a czasem wręcz zerowa.

Toteż przygotowaliśmy obszerne opracowanie, które zamieszczamy na naszym portalu dla przedsiębiorstw w rodzaju technicznym, z punktu widzenia technicznego, rozumianego jako inżynierska znajomość procesu produkcji, maszyn, ich stanu technicznego i prawnego, oraz organizacji produkcji. W opracowaniu omówiona jest procedura, zawartość poszczególnych elementów *due diligence* oraz kolejność analizy i raportowania jej wyników.

Jako że brak jest kompleksowych uregulowań prawnych dotyczących opracowań typu *due diligence*, to w związku z tym spotyka się opracowania znacznie różniące się od siebie, nie tylko szatą graficzną, czy zawartością, ale i merytorycznie. Nasze opracowanie (procedura oraz zawartość dokumentacji) jest próbą wyznaczenia pewnych standardów dla *due diligence* technicznego, dającą możliwość wyciągnięcia właściwych wniosków, a w wielu wypadkach też możliwość porównania uzyskanych wyników pomiędzy innymi, ale podobnymi projektami.

□

Do pobrania:



Wszystkich zainteresowanych tematem zapraszamy do zapoznania się z opracowaniem:

Due diligence: ocena i wycena zakładów produkcyjnych z punktu widzenia technicznego

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.

POJEDYNCZE WYDANIE

Koszt pojedynczego e-wydania (od 2023 r.): 20,25 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
Pojedyncze e-wydania archiwalne z lat 2020-2022 dostępne są w cenie: 17,50 zł
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