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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

11/12 (194/195) listopad/grudzień 2023

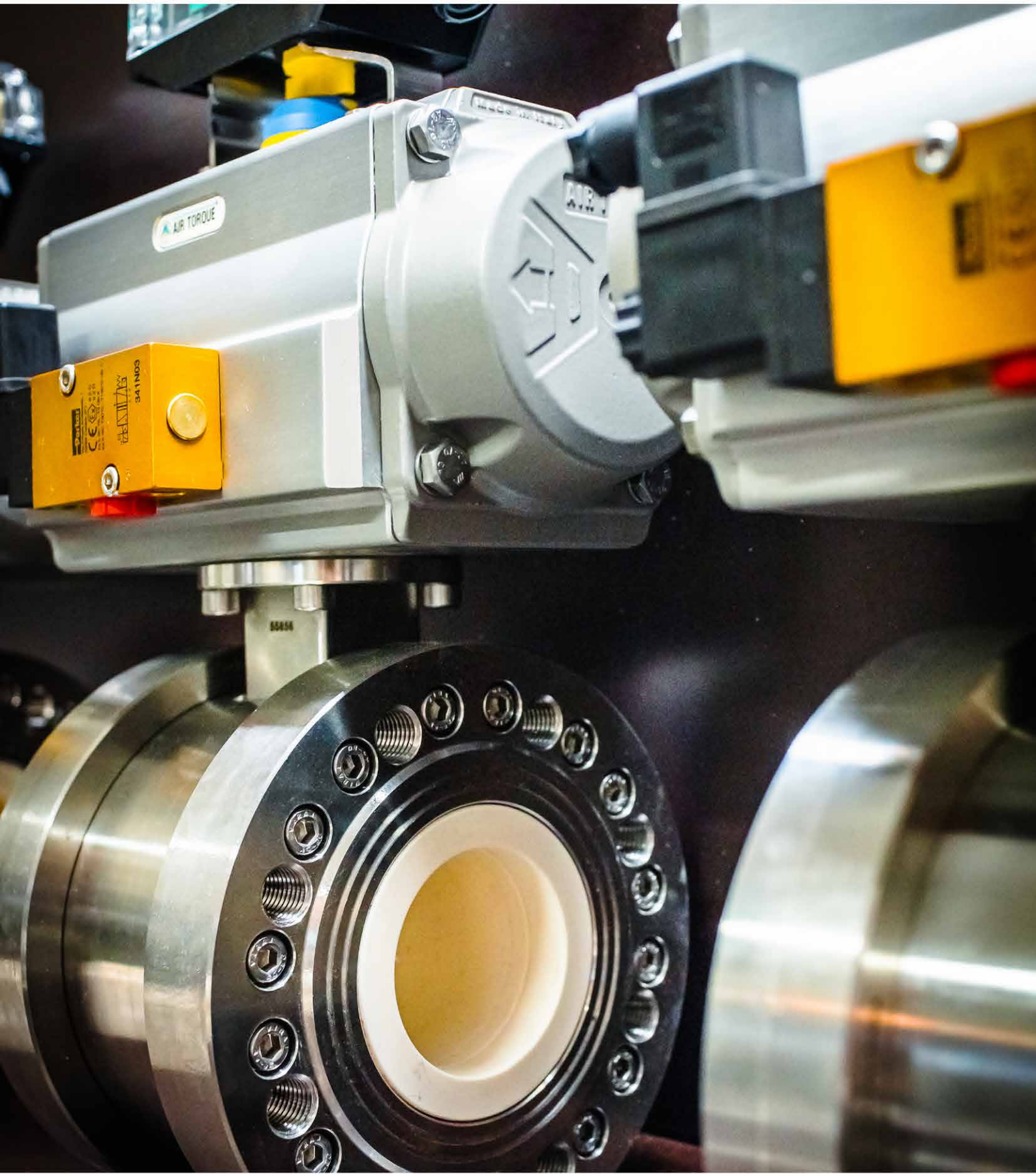
- Projektowanie kinematyki obrabiarek
- Docierarki tarczowe do obróbki powierzchni płaskich
- Modelowanie systemów metodą CFD

KALANDER – NIEBEZPIECZNA MASZYNA

WIERCENIE GŁĘBOKICH OTWORÓW

CERAMIT

CERAMIC ENGINEERING



www.ceramit.pl

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 11/12 (194/195)
listopad/grudzień 2023

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

adres do korespondencji
Rondo Daszyńskiego 1
00-843 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

ITER © 2023

Drodzy Czytelnicy,

Dzieci są przyszłością narodu – tak kiedyś mówiono. Przyszłością narodu, społeczności, rodziny, państwa – i tak zawsze było. Odkąd wprowadzono przymusowe składki emerytalne, zaczęto coraz mniejszą uwagę przywiązywać do dzieci. Skoro teraz moją przyszłością ma być imponująca emerytura od państwa, na którą harowałem przez czterdzieści czy pięćdziesiąt lat...

Z czasem coraz mniejszą uwagę przykładano też do wychowywania dzieci. Tym też już miało się zajmować państwo, a ono wie najlepiej. Skutki tego wychowania widzimy na co dzień.

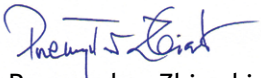
Dziś już nie samo wychowanie ale dzieci w ogóle są problemem dla wielu. Postrzegane są jako coś niechcianego, zagrożenie dla dobrego samopoczucia, dobrobytu czy osobistej wolności, ale nie tak, jak powinny być postrzegane, jako owoce miłości małżonków – kobiety i mężczyzny. Nic dziwnego, że Polska wymiera. Już wiadomo, że rok 2023 będzie tym, w którym w Polsce urodzi się najmniej dzieci od końca II wojny światowej.

W historii Bożego Narodzenia król Herod podobnie czuł się zagrożony i dzieci dla niego też nie przedstawiały większej wartości. A że jako władza prawodawcza i wykonawcza jednocześnie, miał niemal nieograniczone możliwości działania, dlatego zrobił to co zrobił.

Jednak mimo że obecnie coraz powszechniejsze wydaje się podejście Heroda, to w wielu rodzinach nadal pielęgnowana jest tradycja, normalność i szacunek dla życia, także tych najmniejszych i bezbronnych.

Oby nadchodzące Święta umocniły nas w wierze, nadziei i miłości, bez względu na to, jakie aktualnie tendencje są w modzie u możnych tego świata, współczesnych Herodów et consortes.

Życzę Państwu wesołych świąt, radości i pogody ducha, oraz wszystkiego dobrego w nowym roku!



Przemysław Zbierski

Spis treści

Nr 11/12 (194/195)
LISTOPAD/GRUDZIEŃ 2023

Roboty do inspekcji rur 6
Polimerowy kompozyt 4D 6
Precyzyjny druk wielomateriałowy 7
Drony mają uszy 8
Latający samochód Switchblade w powietrzu 10
Nowy stop aluminium o zwiększonej wytrzymałości zmęczeniowej 11
Akustyczna detekcja defektów w laserowym druku metali 12
Ducati Superquadro Mono 14
Mikroskopijne lasery 15

Wiercenie głębokich otworów (*deep hole drilling*); cz. 1 16
Jacek Szuba

Docierarki tarczowe do obróbki
powierzchni płaskich i płasko-równoległych 22
Adam Barylski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Dubai Air Show 2023 26
Ryszard Romanowski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Kalander: niebezpieczna maszyna 28
Aleksander Łukomski

Doświadczalne i analityczne metody oceny pracy łożysk w warunkach
zanieczyszczenia środka smarnego cząstkami stałymi 34
Thomas Springer, Michael Hoeprich, Douglas Clouse

Pierścienie ustalające Smalley Spirolox vs. standardowe pierścienie osadcze 42

Modelowanie systemów metodą CFD 46
David Hunt ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Automatyczna znakowarka części wykrawanych 49

FZERO, bolid bez kompromisów 50
Jacek Zbierski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Triumph Speed Twin 5T – pierwszy superbike 54
Ryszard Romanowski

Latające skrzydła oraz konstrukcje do nich zbliżone
– rozwiązania techniczne i wybrane patenty; cz. 2 62
Jakub Marszałkiewicz ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Obrabiarki: projektowanie kinematyki 64
Aleksander Łukomski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Zrównoważony niedorozwój 68
Tomasz Gerard ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

TECHNOLOGIE

16 Wiercenie głębokich otworów (*deep hole drilling*)

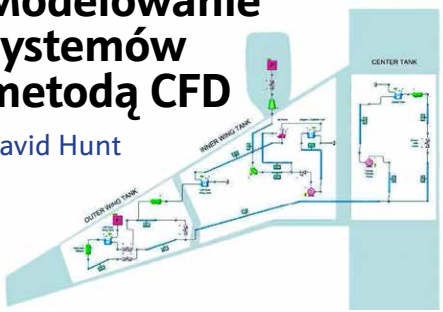
Jacek Szuba

Niezależnie od klasyfikacji otworu decydujące znaczenie ma rodzaj powstających wiórów oraz sposób ich ewakuacji z otworu, tak aby nie doprowadzić do zakleszczenia narzędzia ani do uszkodzenia powierzchni obrabianej.

ANALIZY i SYMULACJE

46 Modelowanie systemów metodą CFD

David Hunt



MASZYNY i URZĄDZENIA

22 Docierarki tarczowe do obróbki powierzchni płaskich i płasko-równoległych

Adam Barylski

MASZYNY i URZĄDZENIA

64 Obrabiarki: projektowanie kinematyki

Aleksander Łukomski

Pewne możliwości rozszerzenia parametrów obróbczych przy zastosowaniu stałych przełożeń w skrzynkach przekładniowych daje zastosowane silnika elektrycznego wielobiegowego lub falownika, albo specjalnego układu sterowania silnikiem elektrycznym, w celu uzyskania bezstopniowej zmiany obrotów.

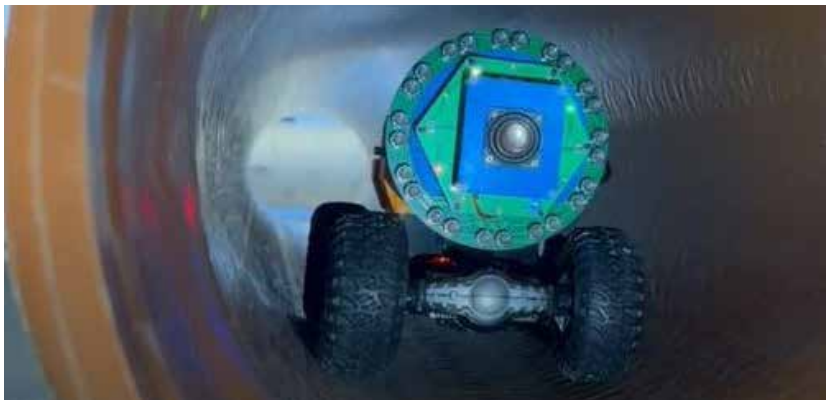
KONSTRUKCJE

50 FZERO, bolid bez kompromisów

Jacek Zbierski

Roboty do inspekcji rur

Istnieje wiele metod inspekcji rurociągów. Szczególnie istotna jest możliwość szukania defektów materiałowych lub powstałych w trakcie montażu czy eksploatacji bez potrzeby unieruchamiania przepływu. Wiele kosztownych metod defektoskopii nie jest w 100% skutecznych i nie sprawdza się we wszystkich przypadkach. Zespół inżynierów z uniwersytetu w Bristolu zademonstrował zupełnie nową metodę inspekcji. Skonstruowano sieć robotów, z których każdy działa niezależnie od pozostałych. Minimalizuje to komunikację pomiędzy robotami i nie wymaga ich synchronizacji za pomocą wymagającego systemu transmisji i wymiany danych. Każde z urządzeń wyposażono w czujniki wysyłające i odbierające impulsy akustyczne w trybie echa. Wykrywają one defekty na podstawie zmian częstotliwości dźwięku. Najpierw poprzez zakłócenia wykrywana jest obecność awarii, a następnie uruchamiany jest tryb namierzania pochodzenia zakłóceń i lokalizacji defektu.



Do budowy wykorzystano ogólnodostępne robotyczne podwozia kołowe. Dzięki temu system jest tani. Podczas prób okazało się, że system radzi sobie ze zmianami średnicy rur i ze skomplikowanymi sieciami rurociągów. Przy tym jest najtańszym z istniejących rozwiązań.

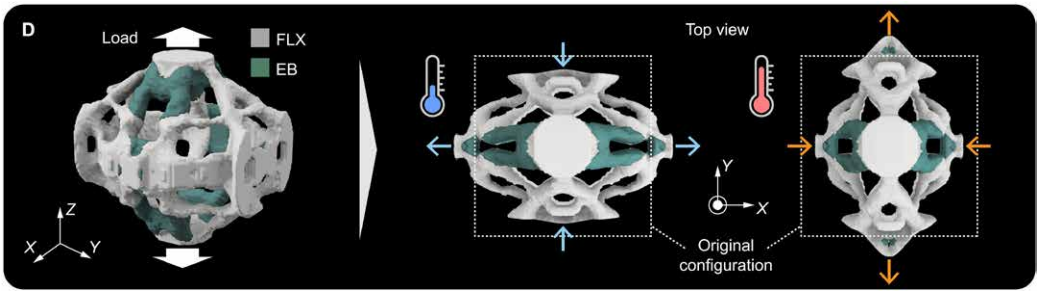
bristol.ac.uk

Polimerowy kompozyt 4D

Zespół badaczy kierowany przez prof. Shelly Zhang z Uniwersytetu Illinois Urbana-Champaign opracował kompozyt, który w sposób przewidywalny zmienia swoje właściwości pod wpływem temperatury. Podobne istniejące materiały są niezbyt stabilne i trudno przewidzieć przy jakiej temperaturze zaczną zmieniać parametry.

Stosując modelowanie komputerowe opracowano algorytm pozwalający tworzyć kombinacje dwóch różnych polimerów i różne geometrie przestrzennych struktur budowanych przy pomocy druku 3D. Algorytmy pozwoliły określić najlepszą kombinację materiałów pod kątem żądanego efektu. Przykładowy polimerowy kompozyt może mieć właściwości elastyczne przy niskiej temperaturze i stawać się sztywny w wyniku zmiany geometrii po ogrzaniu.

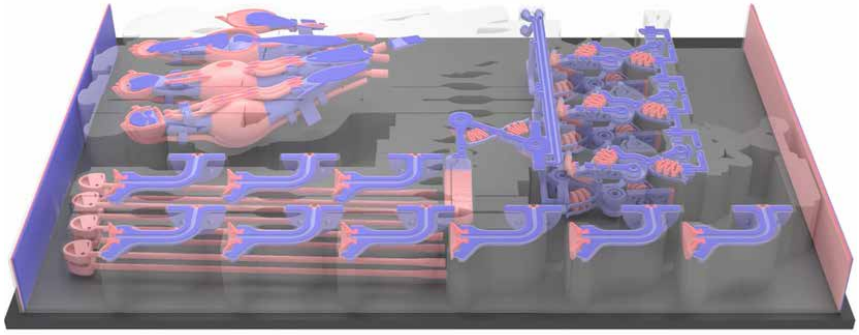
Szczególne zastosowanie przewidziano w robotyce. Wraz ze zmianą temperatury robot może zwiększać i zmniejszać swoją nośność, lub odpowiednio reagować w zmieniających się okolicznościach.



Wynalazek poddano testowi, polegającemu na uruchomianiu diody LED pod wpływem zmiany temperatury.

illinois.edu

Precyzyjny druk wielomateriałowy



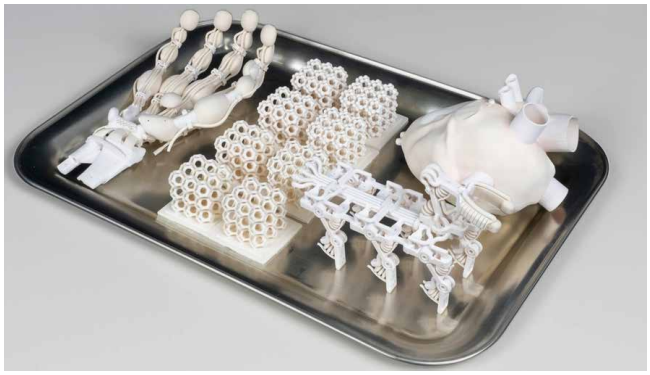
Naukowcy z Massachusetts Institute of Technology wraz z kolegami z ETH Zurich udoskonalili wielomateriałowy system druku 3D w technologii inkjet. Drukarki natryskowe zawierają tysiące dysz, punktowo osadzających kropelki żywicy w łożu proszkowym. Następnie następuje wygładzanie warstwy wałkiem lub skrobakiem i utwardzanie promieniami UV. Wygładzanie często powoduje znaczne ubytki, z powodu rozmazywania się niektórych żywic, lub inne uszkodzenia powierzchni wydruku. Stąd ilość stosowanych materiałów jest ograniczona.

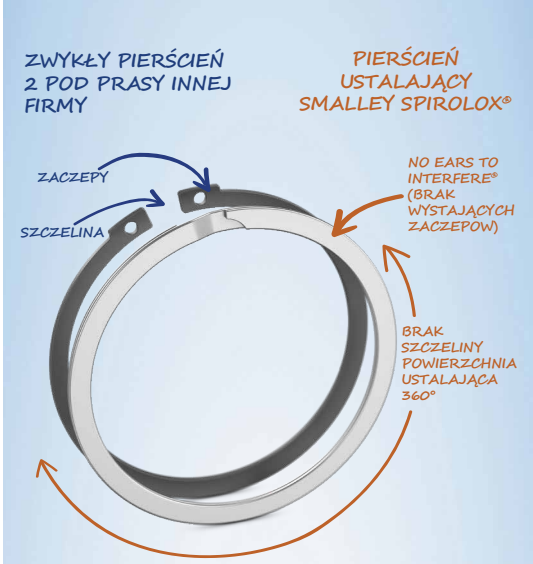
Jak wyjaśnia Wojciech Matusik z MIT, nowy system zbudowano z wykorzystaniem najnowszych osiągnięć w zakresie wizji maszynowej, umożliwiających kontrolę i analizę procesu druku w czasie rzeczywistym. Analiza danych wizualnych pozwala systemowi samodzielnie kalkulować parametry druku kolejnych detali i warstw.

Opracowana drukarka 3D działa ze znacznie większą gamą materiałów. Automatycznie skanuje powierzchnię i dostosowuje odpowiednią ilość żywicy dla każdej z dysz. Wygładzanie jest pozbawione elementów mechanicznych i odbywa się bezdotykowo. Zamiast powszechnie stosowanych akrylanów można stosować materiały, które utwardzają się wolniej.

Druk przebiega 660 razy szybciej niż w dotąd używanych systemach i nie występuje tzw. zalanie lub zapychanie się dysz. Podczas pokazu zaprezentowano chwytak o konstrukcji inspirowanej budową ludzkiej ręki, zawierający mniej lub bardziej miękkie elementy osadzone na sztywnym szkielecie.

news.mit.edu





STAL NIERDZEWNA W STANDARDZIE

Nasze pierścienie zapewniają takie samo dopasowanie i funkcjonalność jak pierścienie prasowane, ale są łatwiejsze w montażu i demontażu i nie wymagają użycia narzędzi specjalnych. Dostępne części standardowe ze stali nierdzewnej (302 i 316) i stali węglowej. Dostarczamy właściwy pierścień wykonany z odpowiedniego materiału jako rozwiązanie standardowe lub niestandardowe do określonych zastosowań.

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

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

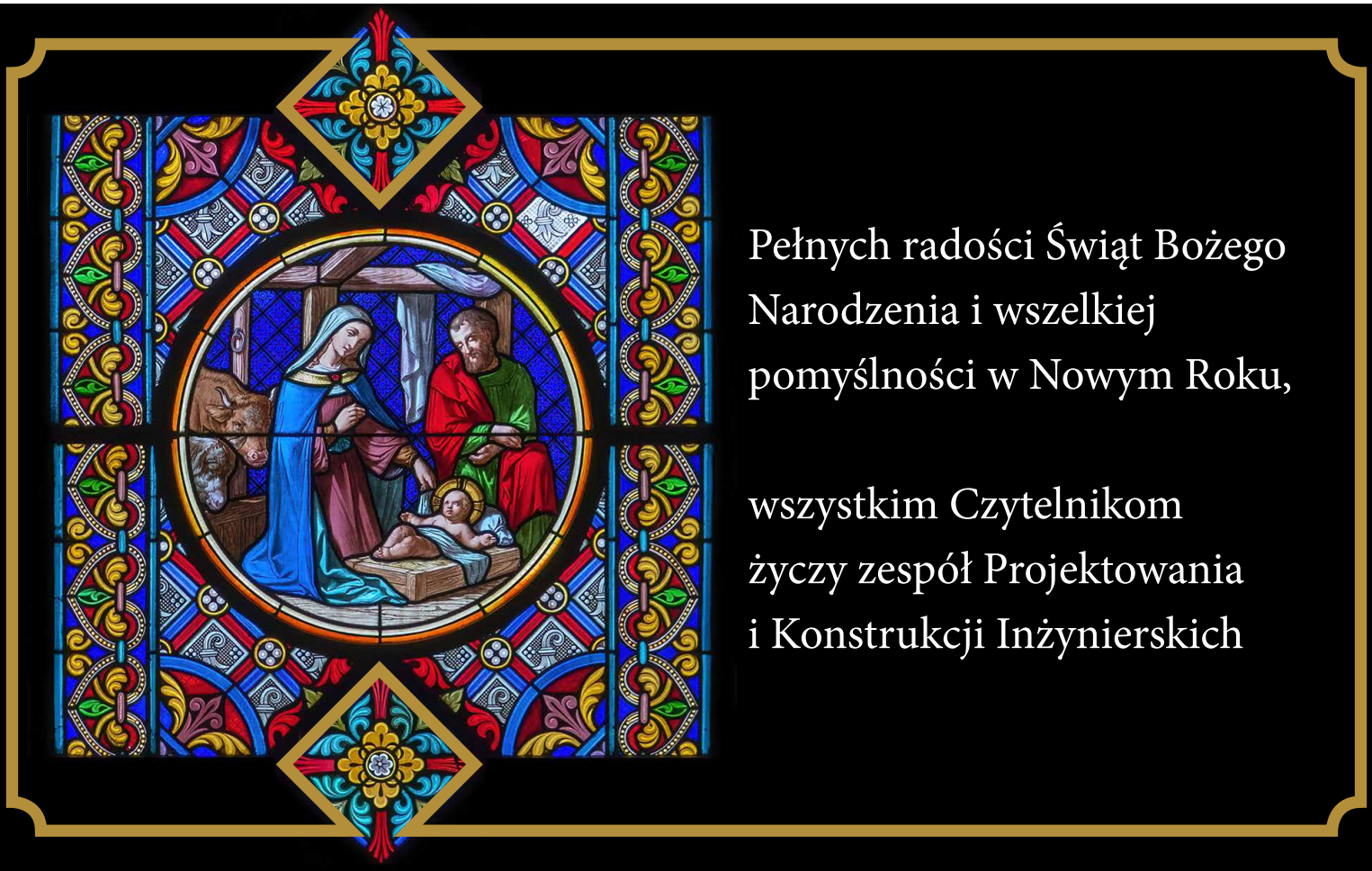
▪ REKLAMA

Drony mają uszy

Bezzałogowe statki powietrzne UAV coraz częściej używane są w akcjach ratowniczych po dużych klęskach żywiołowych do poszukiwania ocalałych. Drony są wyposażane w kamery o dużej rozdzielczości i coraz częściej także kamery termowizyjne. Okazuje się jednak, że jest to zbyt mało. Nie słysząc wołania o pomoc dron może przeoczyć niektóre miejsca.

Instytut Komunikacji, Przetwarzania Informacji i Ergonomii Fraunhofera (FKIE) opracował lekkie i bardzo czułe czujniki akustyczne. *Listening system Using Crow's nest ArraY*, zwany w skrócie LUCY, zawiera czterdzieści osiem miniaturowych mikrofonów rozmieszczonych w specjalnej konfiguracji geometrycznej, nazywanej „bocianim gniazdem". Urządzenie jest niewielkie i bardzo wytrzymałe. Może być umieszczone na spodzie drona. LUCY „słyszy" bez ograniczeń ze wszystkich kierunków. Działa podobnie jak ludzkie ucho, tyle że mózg zastępuje tu jednostka przetwarzania sygnału. System wykrywa częstotliwości niedostępne dla ludzkiego słuchu i potrafi odfiltrować dźwięki otoczenia. Można z niego korzystać nie tylko w UAV, lecz również na ziemi. Budowana jest wersja zawierająca 256 mini mikrofonów.

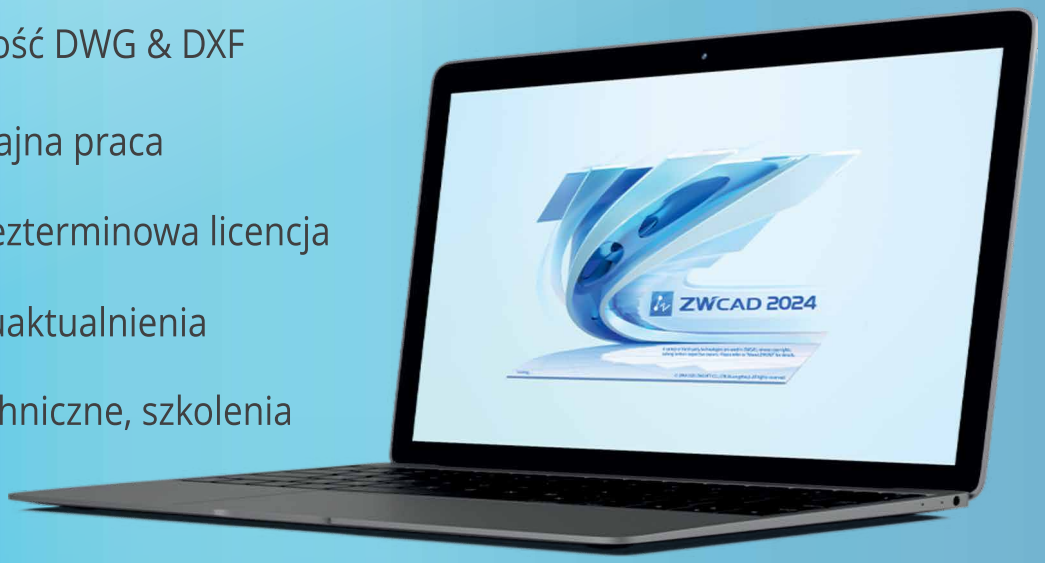
fraunhofer.de



ZWCAD 2024

Postaw na wydajność i optymalizację pracy

- Nowoczesne narzędzia projektowe
- Pełna zgodność DWG & DXF
- Płynna i wydajna praca
- Elastyczna bezterminowa licencja
- Opcjonalne uaktualnienia
- Wsparcie techniczne, szkolenia



Testuj, pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

Czy znasz już nasze nakładki branżowe?

ZWTraffic
branża drogowa

Organizacja ruchu - oznakowanie pionowe, poziome, rysowanie podstawowych konstrukcji drogowych, symulacja przejezdności

ZWGeo
branża geodezyjna

Praca na mapach - import i eksport współrzędnych punktów, wierzchołków linii, import i eksport SHP, wstawianie WMS

ZWCAD.pl

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

ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Latający samochód Switchblade w powietrzu

W listopadzie br. na lotnisku Moses Lake/Grant County w stanie Waszyngton oblatany został prototypowy samochód latający Switchblade. Pierwszy lot nowatorskiej konstrukcji trwał około 6 minut. Pilot testowy Robert Moehle pozytywnie ocenił właściwości pilotażowe maszyny.

Lot testowy stanowi ukoronowanie 14 lat pracy zespołu Samson Sky pod kierownictwem Sama Bousfielda, pomysłodawcy koncepcji Switchblade, łączącej w kompaktowej konstrukcji zalety samochodu i samolotu. Switchblade to trójkołowy dolnopłat o składanych skrzydłach, na czas jazdy w trybie drogowym chowanych w kadłubie. W tylnej części kadłuba znajduje się tunelowane śmigło pchające i składany ogon. Zastosowane rozwiązania konstrukcyjne umożliwiają bezpieczne poruszanie się po drogach publicznych i szybkie, nieskomplikowane przygotowanie do lotu.

Latający samochód wyposażono w hybrydowy układ napędowy z trzycylindrowym silnikiem o mocy 190 KM, wprawiającym w ruch śmigło lub koła pojazdu z autorską, opatentowaną technologią Skybrid. Maszyna rozwija prędkość 201 km/h na drodze i 305 km/h w powietrzu. W locie z prędkością przelotową 257 km/h zasięg ma wynosić 724 km. Oprócz standardowej wersji opracowane zostaną także warianty Snowbird (zimowy, polarny), a także Aurora i Trek (terenowy, STOL). Switchblade oferowany będzie w zestawach do samodzielnego montażu. Obecnie Samson Sky przyjmuje kolejne zamówienia i przygotowuje się do rozpoczęcia produkcji.

samsonsky.com

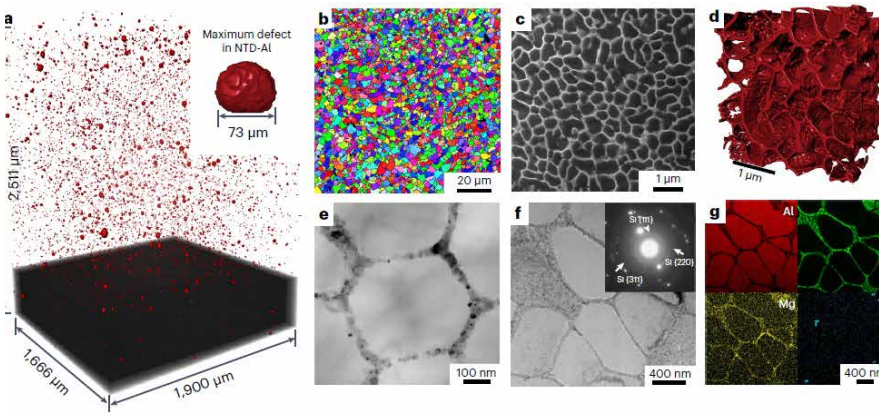
Nowy stop aluminium o zwiększonej wytrzymałości zmęczeniowej

Zmęczenie materiału odpowiada za dużą część awarii maszyn i urządzeń wykonanych z metalu. Problem dotyczy także metalowych komponentów produkowanych metodami wytwarzania przyrostowego. Tymczasem naukowcy z uniwersytetów CityU w Hongkongu i Jiao Tong w Szanghaju opracowali technologię druku przestrzennego nowego stopu aluminium o niespotykanej wytrzymałości zmęczeniowej.

Zastosowano proszek AlSi10Mg, którego drobiny pokryto nanometryczną warstwą TiB2. Tak przygotowany surowiec posłużył do druku 3D próbek metodą LPBF (*laser powder bed fusion*). Jak wykazały badania mikrotomografią rentgenowską, wewnątrz stopu doszło do formacji komórek dwufazowych, przestrzennych nanostruktur wzmacniających z eutektycznego krzemu o rozmiarach rzędu 500 nm, pełniących rolę rusztowania, powstrzymującego rozrost defektów struktury stopu i zapobiegających propagacji pękania zmęczeniowego.

Przeprowadzone badania wskazują, że nowa kompozycja stopowa jest ponad dwukrotnie odporniejsza na pękanie zmęczeniowe od stopów aluminium dotychczas stosowanych w druku 3D i przewyższa także stopy kutego aluminium. Nowy stop sprawdzi się w konstrukcjach wymagających niskiej masy i dużej wytrzymałości zmęczeniowej. Jak uważa prof. Lu Jian, prezentowane rozwiązanie może posłużyć za podstawę do opracowania analogicznych kompozycji stopów innych metali, a tym samym do udoskonalenia technologii wytwarzania przyrostowego i popularyzacji jej zastosowań w przemyśle.

cityu.edu.hk



Mikrostruktura stopu: a) analiza wyników µ-CT ilustrująca rozkład rozmiarów i występowania defektów; b) morfologia ziaren; c) dwufazowe przestrzenne nanostruktury wzmacniające; d) analogiczna stuktura wykrytwa tomografem BSE/FIB; e) obraz z TEM; f,g) po wyodrębnieniu poszczególnych składników stopowych zidentyfikowano krzem jako budulec dwufazowej struktury wzmacniającej (rys. C. Dan; źródło: doi.org/10.1038/s41563-023-01651-9)

MARCOSTA
Centrum Handlu i Produkcji Obrabiarek

Szlifujemy docieramy polerujemy

powierzchnie płaskie, okrągłe i otwory

Żądany efekt obróbki finalnej zapewniają urządzenia światowego lidera w dziedzinie docierania i polerowania - Firmy Lapmaster Wolters - UK i DE
http://www.marcosta-mtc.eu/docieraczko-polerki

Ofertę polerek uzupełnia unikalne urządzenie własnej produkcji, maszyna do polerowania przedmiotów okrągłych
http://www.marcosta.pl/node/429

Polecamy produkowany u nas przyrząd do kontroli płaskości powierzchni
http://www.marcosta.pl/node/446

Zapraszamy do kontaktu i współpracy.

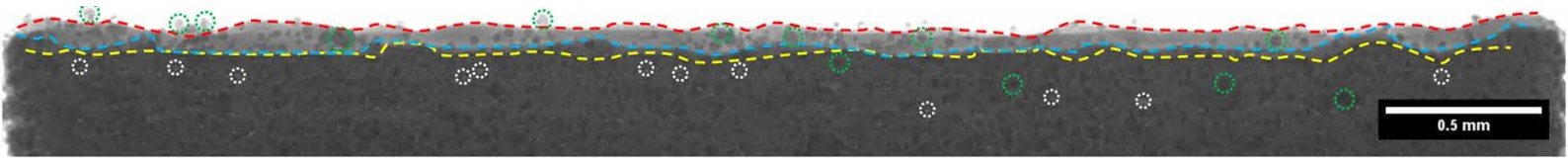
Przedstawiciel handlowy w Polsce

Marcosta MTC Sp. z o.o.
33-102 Tarnów ul. Klikowska 101 C
tel. 14 626 68 52

e-mail: handel@marcosta.pl
http://www.marcosta-mtc.eu/docieraczko-polerki

▪ REKLAMA

Akustyczna detekcja defektów w laserowym druku metali

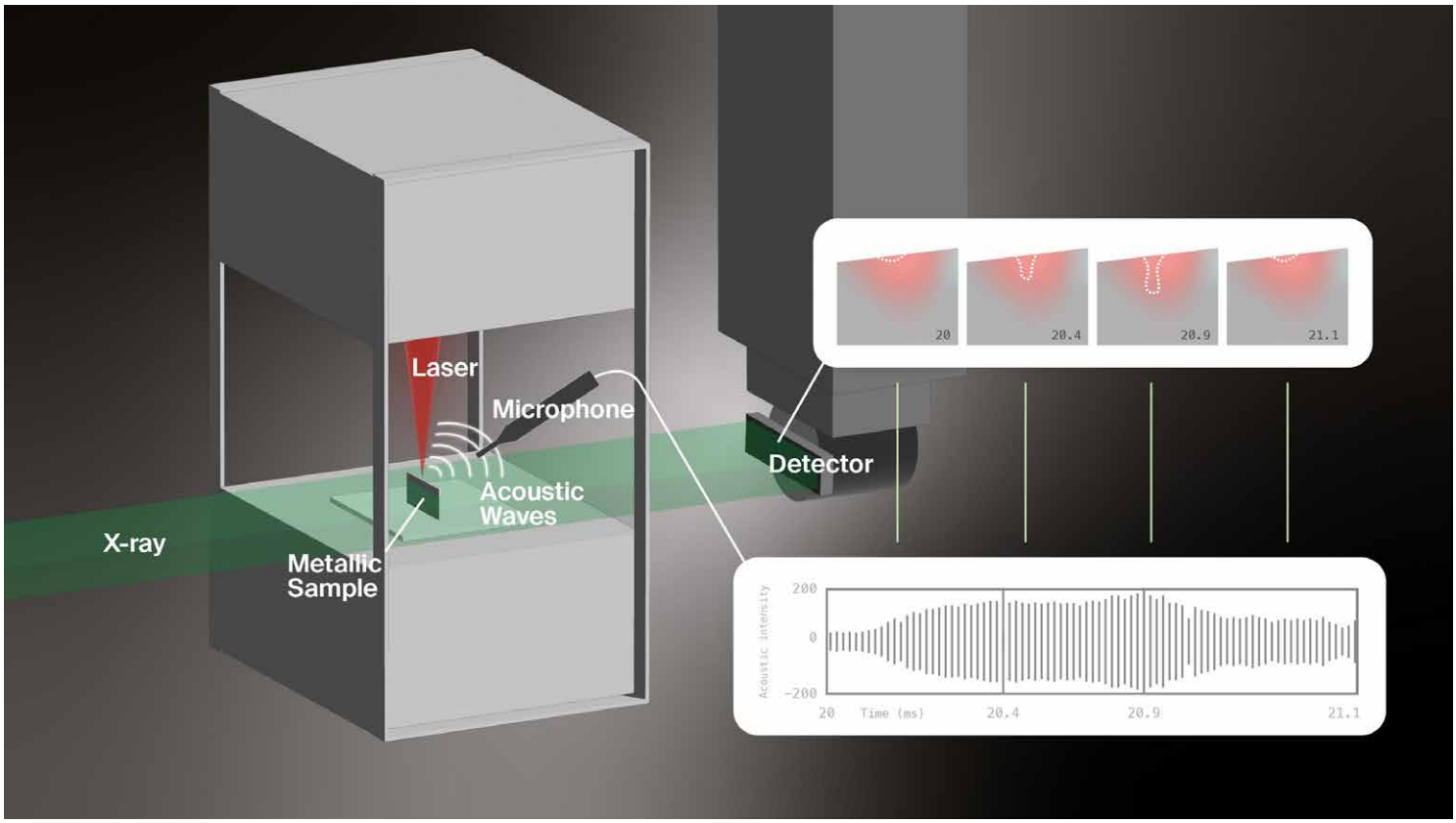


Laserowe wytwarzanie przyrostowe z proszków metali staje się nieodzowne nie tylko w prototypowaniu, lecz również w przemyśle samochodowym, lotniczym, kosmicznym i w różnych innych rodzajach produkcji. Pozwala na względnie szybkie dostarczanie wydruków o nawet bardzo skomplikowanej geometrii. Niestety technologia ma swoje ograniczenia, z których głównym jest powstawanie podczas druku defektów, znacznie zmniejszających wytrzymałość mechaniczną części, często również szpecących jej wygląd. Monitorowanie druku przy pomocy termowizji i uczenia maszynowego nie zawsze przynosi oczekiwane efekty.

Laboratorium Metalurgii Termomechanicznej (LMTM) szkoły inżynierskiej Ecole Polytechnique Federale w Lozannie opracowało nową niekonwencjonalną, a także bardzo skuteczną metodę monitoringu procesu druku w czasie rzeczywistym.

Analizowane są dźwięki wydawane przez drukarkę w procesie *laser powder bed fusion* (LPBF). Ultraczuły mikrofon, umieszczony w komorze drukującej, poprzez filtr przetwarza sygnał dźwiękowy. Analiza akustyczna wspomagana jest synchrotronowym obrazowaniem rentgenowskim. Metoda okazała się tak skuteczna, że w jej rozwój włączyły się firmy wykorzystujące druk 3D z proszków metali w zastosowaniach produkcyjnych.

epfl.ch



botek®

Technologie precyzyjnego wiercenia

Awexim, wyłączny przedstawiciel botek w Polsce

www.awexim.pl/botek

awexim@awexim.pl

Ducati Superquadro Mono

Ducati powraca do silników jednocylindrowych, prawie 30 lat po zakończeniu produkcji legendarnego Ducati Supermono 550. Nowa jednostka Superquadro Mono ma pojemność 659 cm^3 i jest wyposażona w rozrząd desmodromiczny.

Nazwa Superquadro pochodzi od stosunku między średnicą cylindra, a skokiem tłoka, który pozwala na osiągnięcie prędkości obrotowych typowych dla silników wyścigowych. W nowej jednostce wynosi on 1,86 i jest największy w kategorii jednocylindrowców – wszystko dzięki skokowi tłoka wynoszącemu zaledwie 62,4 mm i średnicy tłoka wynoszącej 116 mm. Pozwoliło to na zastosowanie zaworów o dużej średnicy, co nie byłoby możliwe bez rozrządu desmodromicznego. To rozwiązanie, które Ducati stosuje również w motocyklach startujących w serii MotoGP, pozwala na pokonanie ograniczeń narzuconych przez sprężyny zaworowe, umożliwiając tym samym uzyskanie iście ekstremalnych osiągów. W ten sposób rozrząd desmodromiczny znacząco przyczynia się zarówno do podwyższenia parametrów osiąganych przez silnik, jak i możliwości uzyskania bardzo wysokich prędkości obrotowych.

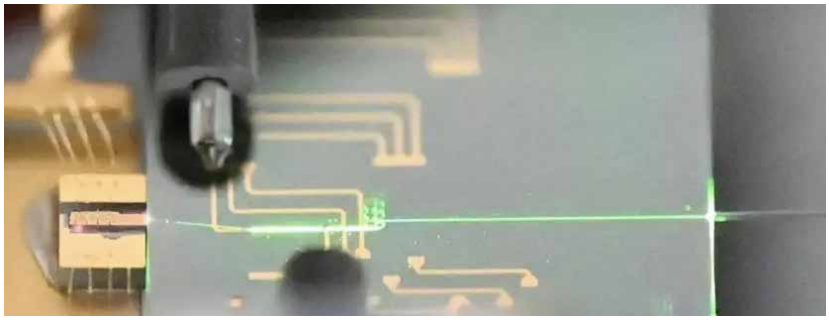
Dzięki zastosowanym rozwiązaniom silnik generuje moc 77,5 KM przy 9 750 obr./min i jest w stanie rozwinąć maksymalnie aż 10 250 obr./min, co jest wartością nigdy wcześniej nieosiągniętą przez jednocylindrowy silnik stosowany w motocyklu drogowym. Moment obrotowy, którego maksymalna wartość wynosi 63 Nm przy 8 000 obr./min, jest rozłożony w szczególnie korzystny sposób, co skutkuje liniowym i użytecznym dostarczaniem mocy. Wszystko to przy jednoczesnym przestrzeganiu limitów norm emisji spalin Euro 5. W konfiguracji wyścigowej, z układem wydechowym Termignoni moc tej jednostki wzrasta do 85 KM przy 9 500 obr./min. Superquadro Mono o ograniczonej mocy trafi również do motocykli, którymi mogą poruszać się posiadacze prawa jazdy kategorii A2.

ducatipolska.pl

Mikroskopijne lasery

W wielu dziedzinach techniki nieodzowne są pomiary i skanowanie laserowe. Urządzenia używane do tego celu są duże i bardzo kosztowne. Naukowcy z Advanced Science Research Center na uniwersytecie CUNY (City University of New York) postanowili to zmienić. Po latach badań zaprezentowali ultraszybki laser o wysokiej wydajności, mieszczący się na chipach nanofotonicznych.

Laser emituje ciąg ultraszybkich i spójnych impulsów w odstępach femtosekundowych. Dotąd podobnie działały tylko duże laserowe systemy laboratoryjne.



Wśród różnych badanych materiałów, kluczem do sukcesu okazał się cienkowarstwowy niobian litu (TFLN). Kontrola impulsów następuje poprzez zewnętrzny sygnał elektryczny o częstotliwości radiowej. Moc wyjściowa mini lasera wynosi 0,5 W. Dostroić częstotliwość impulsów można w szerokim zakresie 200 MHz.

Laser może mieć bardzo szerokie zastosowania, od pomiarów i skanów, po telefonię komórkową i nawigację. Może on np. precyzyjnie naprowadzać urządzenia w miejscach, w których zanika sygnał GPS.

asrc.gc.cuny.edu

▪ REKLAMA

Wiercenie głębokich otworów *(deep hole drilling)* cz. 1

Proces głębokiego wiercenia można zdefiniować jako obróbkę otworów, których współczynnik głębokości do średnicy przekracza 10. O ile dla typowego otworu głębokość rzadko przekracza pięciokrotność średnicy, to przy wykonywaniu głębokich otworów współczynnik ten sięga nawet 150:1.

Jacek Szuba

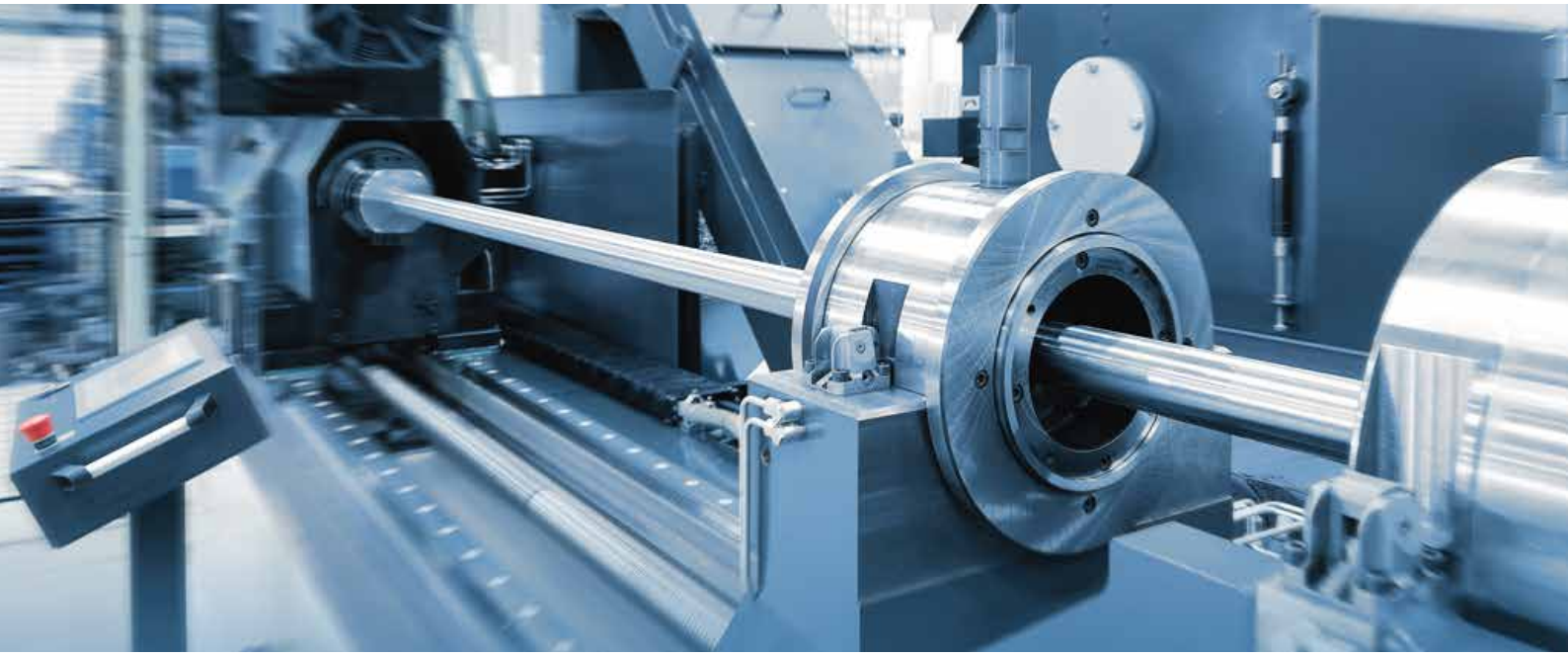
Wykonywanie głębokich otworów jest wykorzystywane w szerokim spektrum branż przemysłowych. Począwszy od przemysłu motoryzacyjnego i części takich jak osie, cylindry, bloki silników, przez przemysł lotniczy, petrochemiczny, po przemysł obronny, w którym lufy broni pancernej i artyleryjskiej wytwarzane są właśnie w procesach głębokiego wiercenia.

Niezależnie od klasyfikacji otworu decydujące znaczenie ma rodzaj powstających wiórów oraz sposób ich ewakuacji z otworu, tak aby nie doprowadzić do zakleszczenia narzędzia ani do uszkodzenia powierzchni obrabianej.

Opracowano trzy główne systemy wiercenia:

- system wiercenia lufowego,
- system ejectorowy,
- system jednorurowy.

Decyzja o wyborze konkretnego systemu jest pochodną czynników ekonomicznych oraz jakościowych. Z czynników ekonomicznych należy



Rys. 1 Maszyna do głębokiego wiercenia (źródło: Tibo)

wymienić możliwość stosowania systemu ejectorowego oraz wierteł lufowych na obrabiarkach tradycyjnych, co w znaczny sposób ogranicza koszty dla produkcji jednostkowej czy małoseryjnej. Z drugiej strony czynnik jakościowy wymusza stosowanie określonego systemu, np. przy produkcji luf, szczególnie artyleryjskich dużego kalibru (powyżej 155 mm) oraz średniego kalibru (85 do 155 mm), a co za tym idzie, wymaga wykorzystania obrabiarek specjalnych oraz oprzyrządowania dedykowanego. Z technologicznego punktu widzenia największym problemem w procesie jest kontrola strefy skrawania oraz diagnostyka niepożądanych zjawisk wpływających na postać wióra.

SYSTEM WIERCENIA LUFOWEGO

System przeznaczony głównie do wiercenia małych średnic. Może być łatwo stosowany bez specjalnych obrabiarek, przy wykorzystaniu wstępnego otworu prowadzącego. Dodatkowo nie wymaga wysokiego ciśnienia chłodziwa do zapewnienia optymalnych warunków wypłukiwania wiórów.

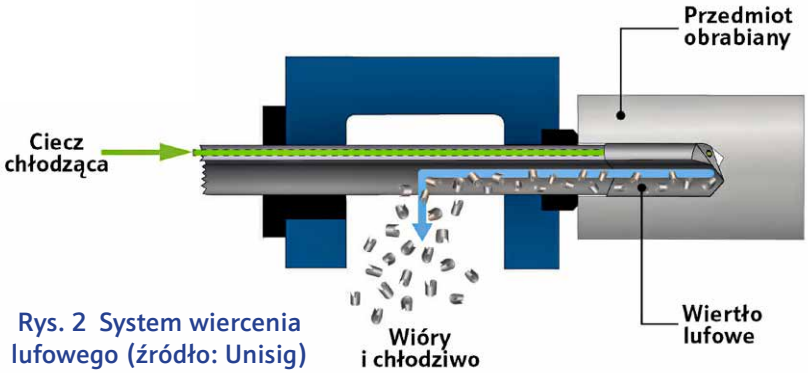
Cechy charakterystyczne systemu:

- wiercenie materiałów o trudno łamliwym wiórze,
- możliwość stosowania na obrabiarkach konwencjonalnych, jak też na centrach obróbczych,
- przeznaczony do niewielkich średnic 1-40 mm.

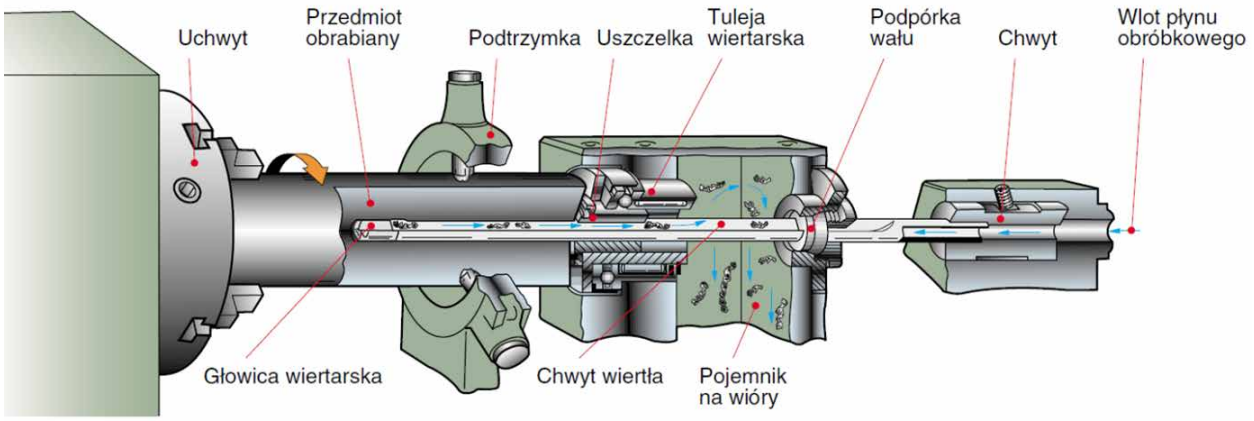
Ze względu na charakterystykę metoda ta może zostać wykorzystana do produkcji luf broni strzeleckiej, jednak biorąc pod uwagę wydajność procesu, najczęściej spotykaną technologią produkcji luf karabinowych jest obkuwanie na kowarkach. Czas obkuwania luf karabinowych o długościach do 600 mm i kalibrach do 9 mm wynosi 120-180 s, co daje zdecydowaną przewagę nad pozostałymi metodami przede wszystkim z punktu widzenia skali produkcji i zapotrzebowania na broń indywidualną.

SYSTEM EJECTOROWY

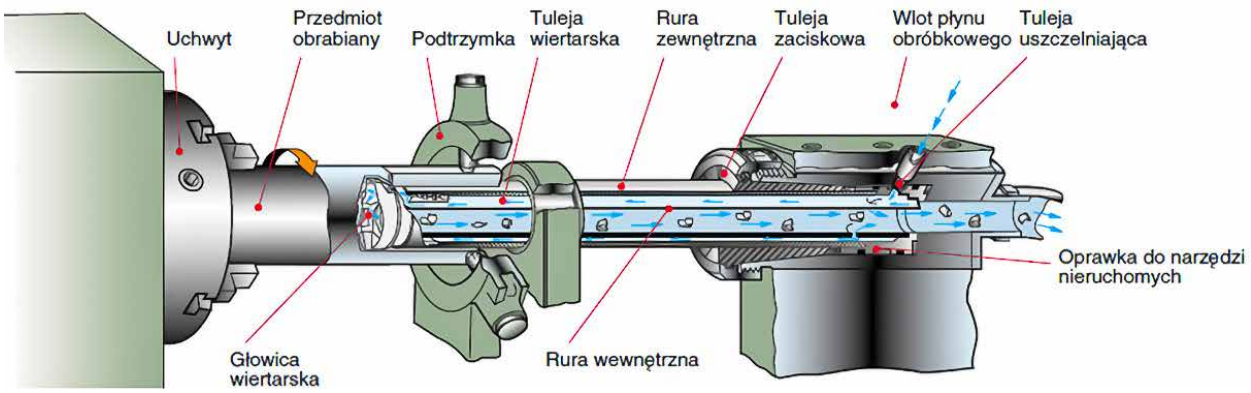
W systemie tym chłodziwo doprowadzane jest całkowicie wewnątrz korpusu, pomiędzy rurą wewnętrzną i zewnętrzną, jak przedstawiono na schemacie konstrukcji. Głowica wiertarska połączona jest z rurą zewnętrzną zazwyczaj za pośrednictwem gwintu kwadratowego. Rura wewnętrzna i zewnętrzna zamocowane są do oprawki z wykorzystaniem tulei zaciskowej i uszczelniającej.



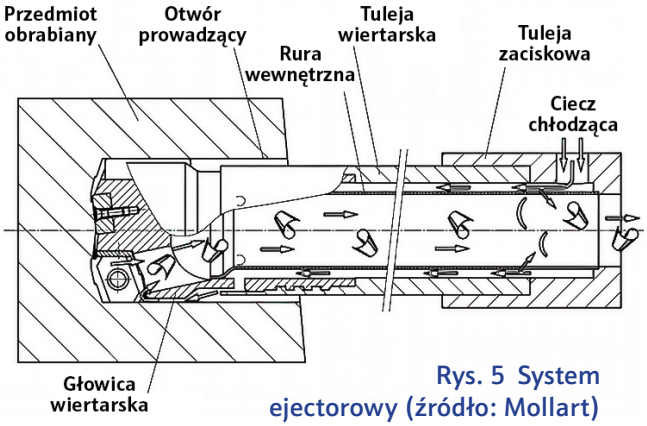
Rys. 2 System wiercenia lufowego (źródło: Unisig)



Rys. 3 Schemat konstrukcyjny systemu wiercenia lufowego (źródło: Sandvik)



Rys. 4 Schemat konstrukcyjny systemu ejectorowego (źródło: Sandvik)



Rys. 5 System ejectorowy (źródło: Mollart)

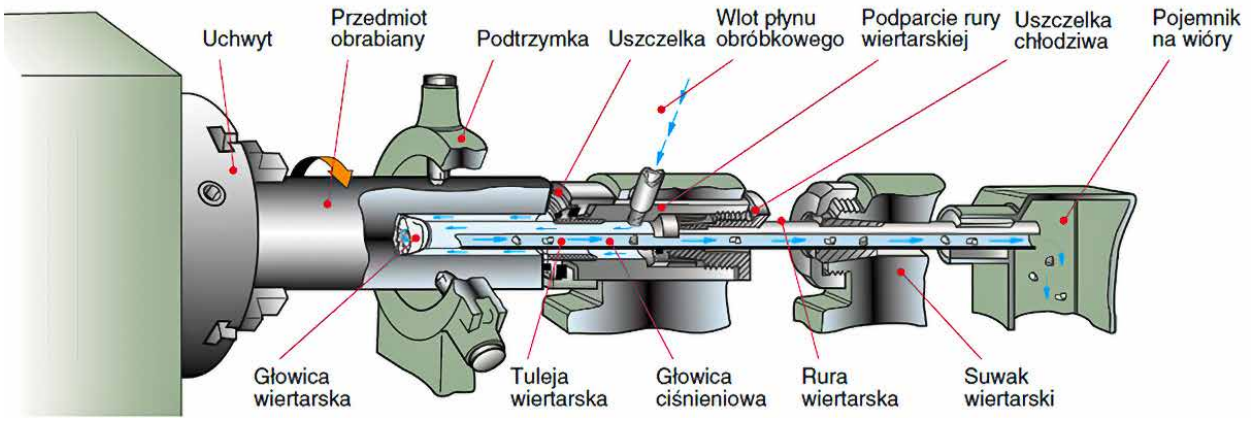
Odprowadzenie wiórów następuje rurą wewnętrzną. Najważniejszą cechą jest możliwość stosowania tego systemu na obrabiarkach tradycyjnych bez wprowadzania większych zmian.

System ejectorowy w zestawieniu z systemem jednorurowym jest prosty i tani. Nie wymaga dedykowanych obrabiarek oraz zmagania się z problemem uszczelnienia. Uwidacznia swoje zalety w produkcji krótkoseryjnej z wykorzystaniem obrabiarek uniwersalnych, najlepiej z wrzecionem poziomym. Podobnie jak system STS, ze względu na okrągły przekrój chwytu, wykazuje się dużą sztywnością w porównaniu z wiertłami lufowymi.

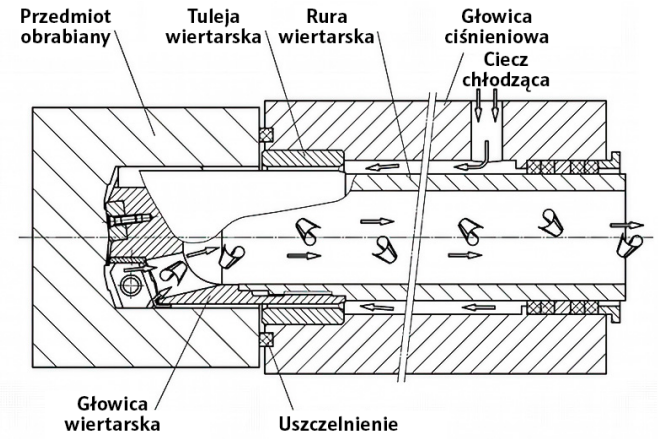
SYSTEM JEDNORUROWY – STS (*SINGLE TUBE SYSTEM*)

Pomiędzy głowicę oraz zewnętrzną powierzchnię rury wiertarskiej a wiercony otwór podawane jest chłodziwo pod wysokim ciśnieniem. Otwór uszczelniony jest przez odpowiedni docisk tulei wiertarskiej wraz z uszczelnieniem, przez którą podawany jest płyn obróbkowy. Konstrukcja narzędzia umożliwia odprowadzenie wiórów przez korpus głowicy wiertarskiej, a następnie przez rurę wiertarską.

Na rysunku przedstawiono schemat ewakuacji wiórów ze strefy skrawania. Z konstrukcji systemu wynika, jak istotną rolę pełni uszczelnienie, które zapewnia przepływ chłodziwa i utrzymanie ciśnienia w układzie. Głowica ciśnieniowa pełni także



Rys. 6 Schemat konstrukcyjny systemu STS (źródło: Sandvik)



Rys. 7 System STS (źródło: Mollart)

rolę zabezpieczenia przeciążeniowego układu. W razie wzrostu obciążenia głowicy, np. przez zbyt duże wióry, które zablokowały przepływ, wzrasta ciśnienie, co prowadzi do rozszczelnienia układu bez destrukcyjnych konsekwencji dla pozostałych elementów. System ten przewidziany jest do obróbki równych, wyjątkowo długich przedmiotów, wymagających specjalnych obrabiarek, np. osie śrub okrętowych, lufy armatohaubic.

Metoda ta została opracowana w latach 40., w ramach stowarzyszenia BTA (*Boring and Trepanning Association*), stworzonego przez europejskich producentów realizujących procesy głębokiego wiercenia i dążących do udoskonalenia tej metody. Akronim BTA jest w branży powszechnie używany jako nazwa dla systemu jednorurowego.

STRATEGIE WIERCENIA

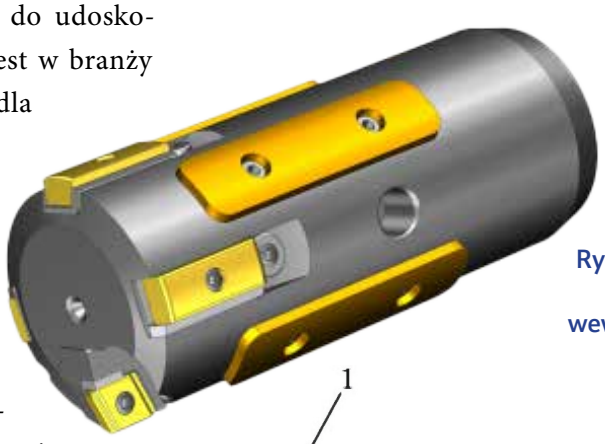
Na jakość wykonywanego otworu wpływ ma zespół czynników, począwszy od wyboru systemu, przez wybór narzędzia, po przygotowanie oprzyrządowania maszyny w postaci tłumika drgań, podtrzymek, tulei czy głowicy ciśnieniowej. Ze względu na dużą wartość stosunku głębokości otworu do jego średnicy ważnym aspektem jest kontrola bicia promieniowego narzędzia. Wiercenie rozpoczyna się w tulejce wiertarskiej pozycjonując narzędzie i prowadząc je od momentu zagłębienia aż do oparcia listew prowadzących na obrabianej powierzchni.

Istotnym czynnikiem wpływającym na prostoliniowość wiercenia jest konfiguracja kinematyki procesu: obrotu narzędzia i przedmiotu obrabianego. Najmniejsze odchyłki prostoliniowości uzyskuje się w przypadku równoczesnego obrotu przedmiotu obrabianego i narzędzia, a kierunki obrotu są przeciwne. W przypadku nieruchomego narzędzia odchyłki prostoliniowości przyjmują wartość rzędu 0,1-0,3 mm/metr wywierconego otworu. Najwyższe wartości odchyłek prostoliniowości charakteryzują kinematykę wiercenia, w której ruch obrotowy wykonuje jedynie narzędzie i oscyluje w przedziale 0,3-1,0 mm/metr.

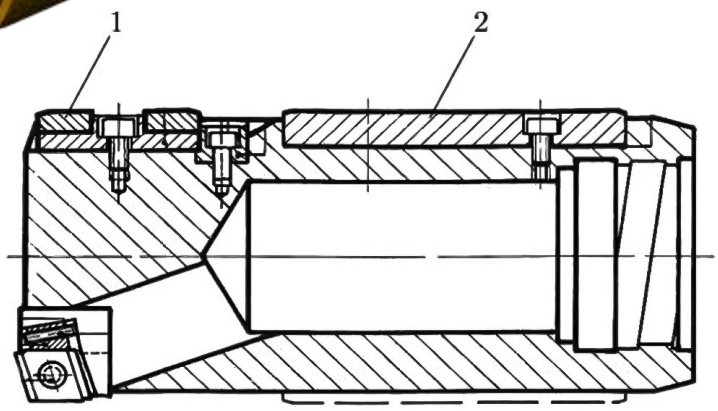
Proces głębokiego wiercenia można podzielić także ze względu na sposób realizacji posuwu:

- posuw realizowany przez pchanie głowicy,
- posuw realizowany przez ciągnienie głowicy.

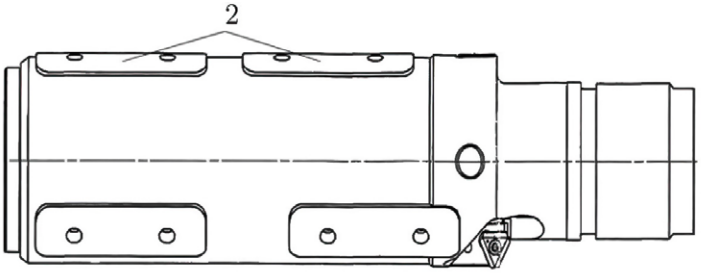
Na ilustracjach przedstawiono przykład głowicy powiercającej, dla której posuw realizowany jest przez pchanie. Z elementów wyróżniających ten typ konstrukcji należy wymienić listwy prowadzące (1) oraz wkładki stabilizujące (2). Zasadniczym problemem jest stabilizacja głowicy



Rys. 8 Głowica powiercająca z gwintem 1-zwojowym wewnętrznym (źródło: Botek)



Rys. 9 Przekrój głowicy



Rys. 10 Głowica powiercająca ciągniona

w początkowej fazie procesu, kiedy narzędzie wprowadzane jest w materiał. Pomimo wstępnego prowadzenie w tulei wiertarskiej następuje efekt „pływania" głowicy, który będzie w dużym stopniu zależał od wstępnego ustawienia całego układu, łącznie z przygotowaną powierzchnią czołową obrabianego przedmiotu.

Listwy prowadzące muszą spełniać szereg wymagań, dotyczących przede wszystkim wysokiej dopuszczalnej temperatury pracy oraz wytrzymałości obciążeniowej. Materiałem wykorzystywanym do produkcji listew jest zazwyczaj węglik spiekany z odpowiednią powłoką zmniejszającą współczynnik tarcia.

Wkładki stabilizujące (2) mają za zadanie utrzymanie sztywności głowicy w otworze. Wkładki wykonane są z tekstolitu, który charakteryzuje się stabilnością wymiarową w podwyższonych temperaturach oraz niskim współczynnikiem tarcia, co jest niezwykle istotne ze względu na dużą powierzchnię przylegania wkładek do otworu. Zdolność do tłumienia drgań oraz dobra skrawalność sprawiają, że pomimo faktu, iż tekstolit to jeden z najstarszych materiałów konstrukcyjnych (stosowany jest od lat 30. ubiegłego wieku), jest on nadal powszechnie spotykanym materiałem w przemyśle.

W przypadku głowicy ciągnionej przedstawionej na następnej stronie, rura wiertarska zostaje przeprowadzona przez cały otwór, a podparcie następuje w tulei na końcu przedmiotu obrabianego. Głowica podpierana jest na dużej powierzchni, co zapewnia stabilizację, szczególnie istotną przy zagłębianiu głowicy w materiał. Z doświadczeń zakładowych wynika, że otwory wykonywane w tej strategii charakteryzują się mniejszymi odchyłkami prostoliniowości otworu w porównaniu ze strategią realizacji posuwu przez pchanie.

METODY NADZORU

Ze względu na kinematykę działania systemów wiercenia głębokich otworów zasadniczym problemem staje się kontrola procesu. W wielu innych metodach skrawania (np. toczenie) kontrola procesu jest uproszczona z uwagi na fakt możliwej kontroli wizualnej strefy skrawania. Nawet w przypadku utrudnionego dostępu, ze względu np. na duże gabaryty przedmiotu obrabianego, operator ma często do dyspozycji system wizyjny, co znacząco ułatwia kontrolę oraz szybką reakcję w razie ewentualnych problemów.

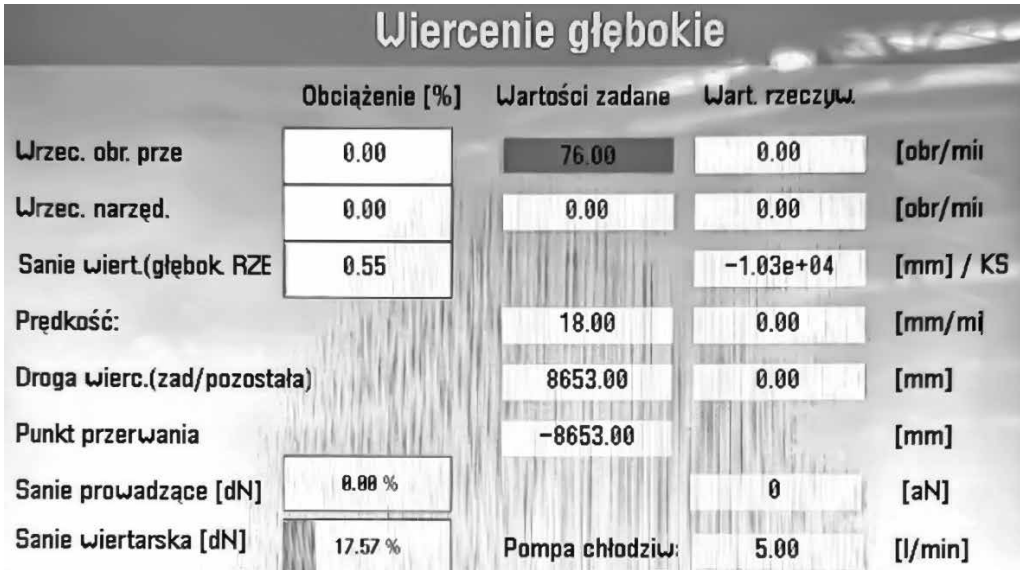
W procesie głębokiego wiercenia możliwość kontroli strefy skrawania jest ograniczona. Operator oczywiście kontroluje proces za pośrednictwem interfejsu w postaci zestawu parametrów dostępnych z pozycji pulpitu sterującego. Jednak sama wiedza o nieprawidłowej pracy głowicy, objawiającej się zwiększeniem obciążenia wrzeciona narzędziowego oraz napędzającego przedmiot obrabiany, nie daje odpowiedzi o charakterze nieprawidłowości oraz ewentualnych przyczynach.

Rys. 11 Przykład konfiguracji sprzętowej do głębokiego wiercenia (źródło: BTA-Tiefbohrsysteme)

Dlatego też konieczne jest wykorzystywanie pośrednich metod kontroli procesu:

- kontroli akustycznej,
- kontroli termicznej,
- kontroli wizualnej.

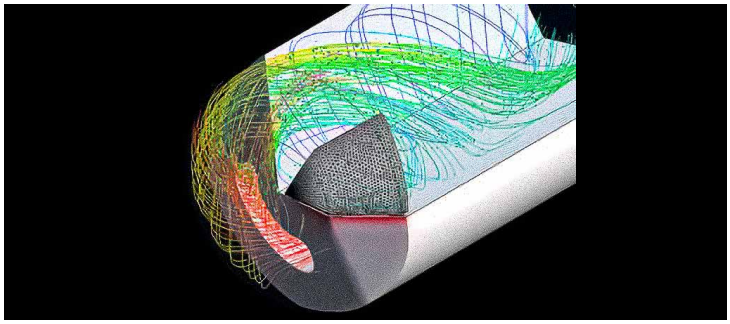
W pierwszej kolejności należy skupić się na kontroli wizualnej wiórów. Bez znajomości geometrii wióra, która będzie umożliwiać swobodny przepływ przez kanały w głowicy oraz rurze wiertarskiej, nie będzie możliwa efektywna realizacja procesu wiercenia.



Rys. 12 Przykład parametrów na pulpicie operatorskim

W trakcie obróbki mogą pojawić się problemy nie wpływające na kształt wióra, ale sygnalizowane przez pozostałe metody kontrolne.

Kontrola termiczna strefy, w której aktualnie pracuje głowica, daje informacje o ewentualnych problemach w strefie skrawania. Jedną z potencjalnych przyczyn zwiększonej temperatury na ściankach przedmiotu obrabianego może być zaburzona praca listew prowadzących. Przyczyny takiego stanu rzeczy można szukać w nieodpowiednim międzyoperacyjnym przygotowaniu otworu lub zbyt niskiej prędkości wiercenia. W konsekwencji prowadzi to do powstania narostu na listwach, co przekłada się bezpośrednio na jakość wykonanego otworu. Problem ten może mieć też inną przyczynę, wynikającą z braku filtracji drobnej frakcji wióra. Mniejsze cząstki materiału odkładają się na listwach, a rysując powierzchnię otworu zwiększają temperaturę. Na wzrost generowanej energii termicznej może mieć wpływ także zastosowanie niewłaściwego oleju, który nie spełnia postawionych mu wymagań. Nakładanie się niektórych objawów, wykrytych w różnych metodach kontroli, może doprowadzić do ustalenia rzeczywistej przyczyny. Bez szybkiej i odpowiedniej reakcji na powstały problem może nastąpić kaskadowe wywołanie niepożądanych czynników. Nieprawidłowa filtracja oleju, zbyt niska prędkość wiercenia przełoży się na nadmierne zużycie listew, co prowadzi do skrócenia żywotności narzędzia lub w najgorszym przypadku do złamania płytki.



Rys. 13 Symulacja przepływu chłodziwa w procesie głębokiego wiercenia (źródło: A*STAR Singapore Institute of Manufacturing Technology)

W następnym artykule zostaną zaprezentowane szczegóły konstrukcyjne wiertarek poziomych oraz kluczowych podzespołów. Mając określoną architekturę systemu wskażemy na istotne czynniki mające wpływ na stabilność oraz jakość procesu.

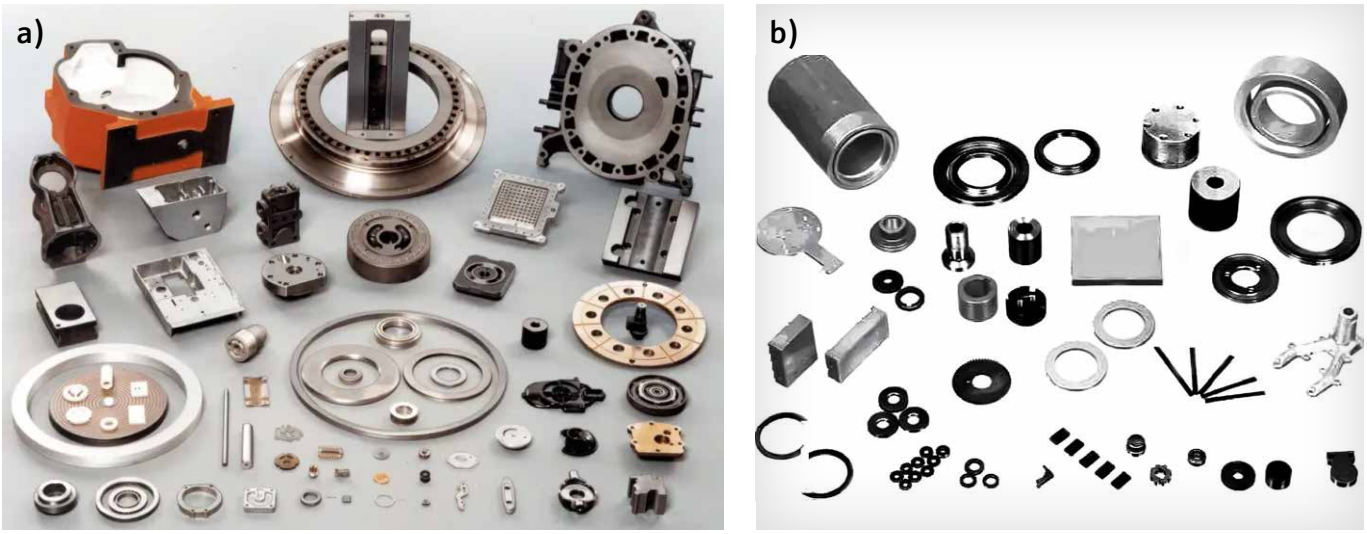
Jacek Szuba

Docierarki tarczowe do obróbki powierzchni płaskich i płasko-równoległych

Docieranie należy współcześnie, obok gładzenia i dogładzania oscylacyjnego, do podstawowych sposobów ściernej obróbki bardzo dokładnej. Nie występują w tym zakresie ograniczenia co do kształtu docieranej powierzchni, jak i gatunku oraz twardości obrabianego materiału. Docierane są głównie elementy metalowe, ale i ceramiczne, czy różnego rodzaju kryształy. W praktyce przemysłowej przeważa docieranie powierzchni płaskich na docierarkach jednotarczowych oraz powierzchni płasko-równoległych na obrabiarkach dwutarczowych. Stosunkowo nowym sposobem obróbki jest szlifowanie na docierarkach tarczowych, głównie dwutarczowych. Proces ten nazywany jest też mikroszlifowaniem, gładzeniem lub szlifowaniem z kinematyką docierania.

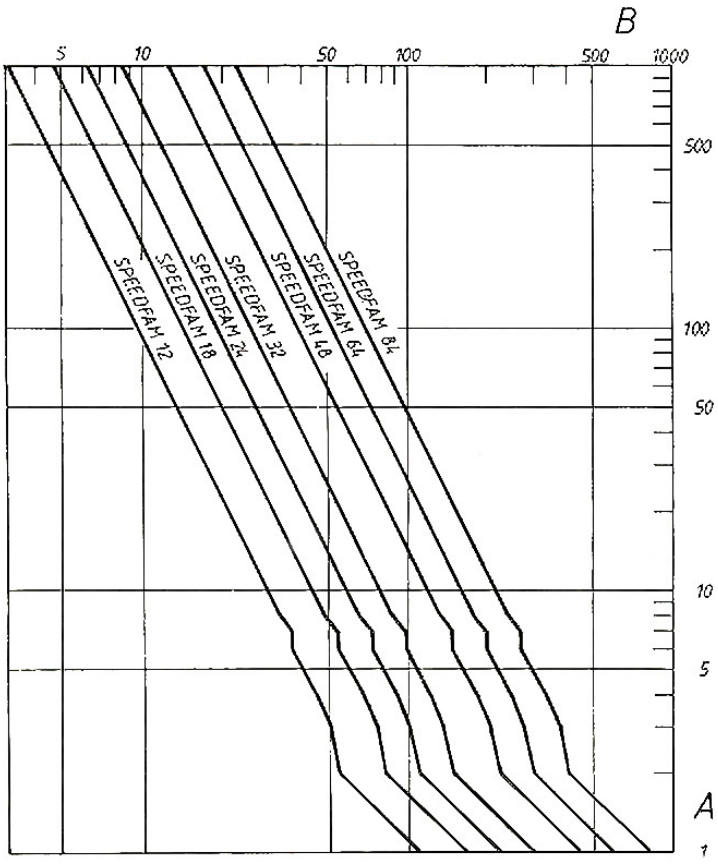
Adam Barylski

Podstawowym sposobem docierania maszynowego powierzchni płaskich i płasko-równoległych jest obróbka na docierarkach jedno- i dwutarczowych [1, 2]. Dotyczy to względnie dużego zbioru elementów o zróżnicowanych kształtach (Rys. 1). W przypadku docierania jednostronnego elementy mogą być umieszczone w pierścieniach prowadzących bez separatorów i wtedy



Rys. 1 Przykładowy asortyment elementów docieranych maszynowo: a) na docierarce jednotarczowej (źródło: Stähli Läpp-Technik GmbH), b) na docierarce dwutarczowej (źródło: Amsler Laeppfinish AG)

Rys. 2 Docieranie powierzchni płaskich na docierarce jednotarczowej bez użycia separatorów oraz z dociążeniem obciążnikowym obrabianych elementów (źródło: Stähli)

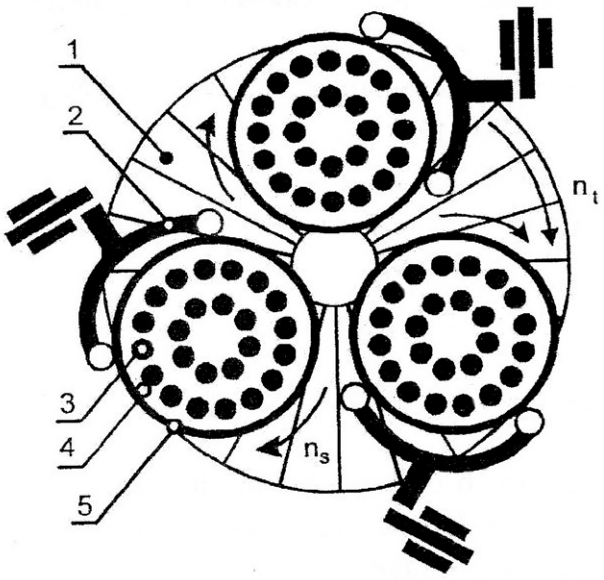


Rys. 3 Przykładowy nomogram dla docierarek jednotarczowych (źródło: SpeedFam)

ich wypełnienie jest największe (Rys. 2). Takie ułożenie przedmiotów podczas obróbki dotyczy głównie elementów o zarysie kołowym i zależy od ich wielkości i innych cech konstrukcyjnych. W innym przypadku należy zastosować indywidualnie zaprojektowane separatory przedmiotowe. W produkowanych obecnie docierarkach jednotarczowych liczba pierścieni prowadzących wynosi od jednego do czterech [2].

W przypadku niestosowania separatorów, do wyznaczenia liczby przedmiotów (A), docieranych w jednym pierścieniu prowadzącym, w zależności od ich średnicy zewnętrznej (B), można posłużyć się odpowiednim nomogramem (Rys. 3).

Standardowy układ wykonawczy docierania powierzchni płaskich na docierarce jednotarczowej przedstawiono na rysunku 4. W tym układzie wykonawczym na powierzchni roboczej docieraka (1) poruszają się pierścienie prowadzące (5) z prędkością obrotową n_s. Tarcza docierająca, obracająca się z prędkością n_t, napędza pierścienie, w których umieszczone są swobodnie separatory (4) z przedmiotami (3). Na przedmioty wywierane jest obciążenie poprzez podkładkę filcową, dla zapewnienia bardziej równomiernego rozłożenia nacisku. W zależności od rozwiązania



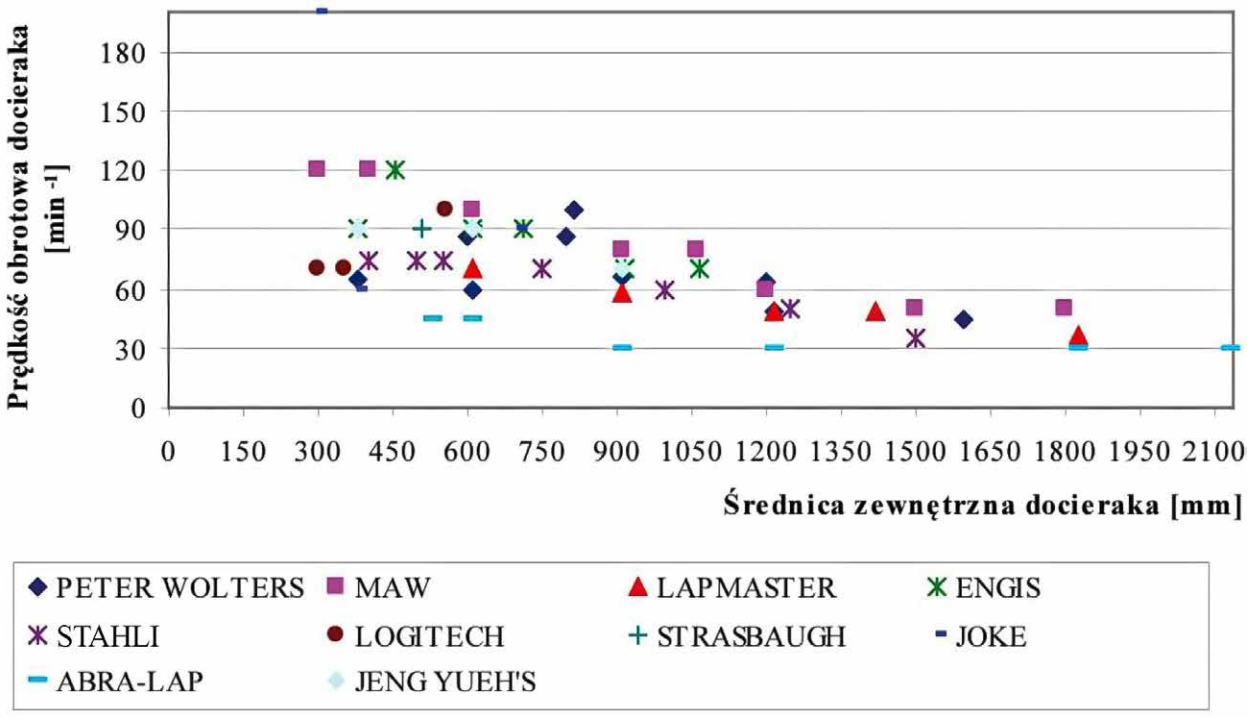
Rys. 4 Schemat układu wykonawczego docierarki jednotarczowej z trzema pierścieniami prowadzącymi

konstrukcyjnego obrabiarki dociążenie elementów obrabianych może odbywać się za pomocą siłownika pneumatycznego (Rys. 5) lub obciążnikowo (Rys. 2).

Rys. 5 Widok ogólny obrabiarki z czterema pierścieniami prowadzącymi i pneumatycznym dociążeniem obrabianych elementów (źródło: Peter Wolters)

Rys. 6 Przykład docierarki jednotarczowej (źródło: Lapmaster Wolters)

Przykład konstrukcji docierarki jednotarczowej przedstawiono na rysunku 6. Porównując współcześnie wytwarzane docierarki można zauważyć szeroki zakres średnic tarcz docierających, co jest oczywiste ze względów praktycznych – zarówno w aspekcie wymiarów obrabianych przedmiotów, jak i wielkości produkcji (Rys. 7). W większości analizowanych typów docierarek parametry kinematyczno-geometryczne mają przebieg zbliżony do liniowego (Rys. 8), zaś napęd bezstopniowy

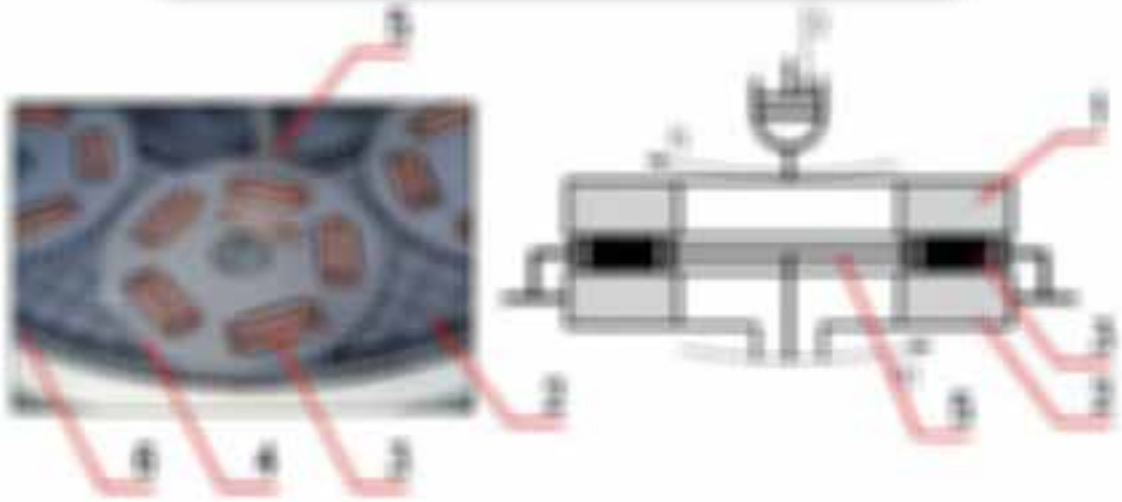


Rys. 7 Podstawowa charakterystyka kinematyczno-geometryczna docierarek jednotarczowych wybranych producentów (na podstawie materiałów informacyjnych firm)

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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



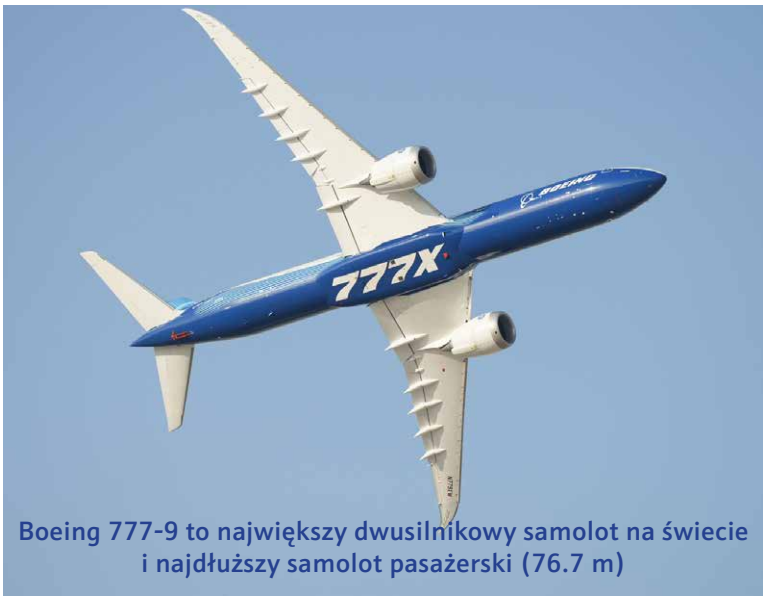
Dubai Air Show 2023

Salon lotniczy w Dubaju z każdą kolejną edycją robi się coraz większy. W tym roku trwał od 13 do 17 listopada. Informacje o nowych konstrukcjach zostały nieco przyćmione przez gigantyczne zakupy linii lotniczych z Bliskiego Wschodu. Jak to zwykle bywa pertraktacje owiane są tajemnicą. Krążące pogłoski weryfikowane są dopiero podczas uroczystego podpisywania umów.

Ryszard Romanowski

W Dubaju linie Emirates zawarły umowę z Boeingiem na zakup 95 samolotów Boeing 777-8, 777-9 i 787 na kwotę około 52 mld. USD. Rozszerzono poprzednie zamówienie i w sumie flotę wzbogaci 295 samolotów. Emirates podpisało również umowę z Airbusem na 15 kolejnych samolotów A350-900 na kwotę 6 mld USD. Ethiopian Airlines zakupiły dziesięć maszyn tego modelu, a EGYPTAIR 15. W umowach zawarto zastrzeżenie, że w zamawianych samolotach konieczna jest poprawa osiągów silników Rolls-Royce Trent.

Zakupy u Airbusa zrobił również Airbaltic, wzbogacając swą flotę o 30 maszyn A220-300.



Boeing 777-9 to największy dwusilnikowy samolot na świecie i najdłuższy samolot pasażerski (76.7 m)

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Kalander: niebezpieczna maszyna

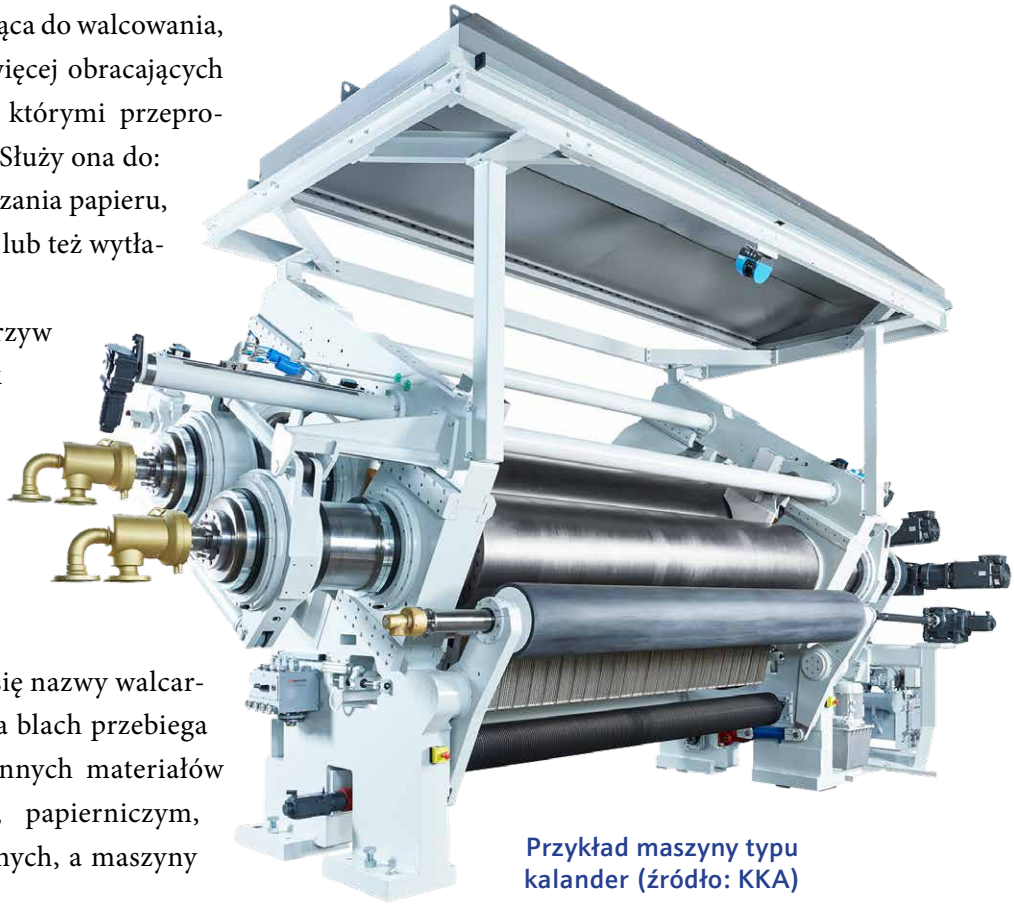
Istnieje szereg przepisów i norm, których stosowanie w budowie maszyn powinno zapewniać, że operacje technologiczne realizowane za pomocą maszyn są zgodne z założeniami technologów i konstruktorów tych maszyn, a także że są one bezpieczne dla operatorów i osób postronnych w trakcie pracy na nich. Jednak niektóre operacje technologiczne wciąż wymagają dużego udziału operatora w realizacji operacji technologicznych i jego bliskiej współpracy z maszyną. Bywa że praca na tych maszynach może stać się niebezpieczna. Do takich maszyn można zaliczyć kalander, zwłaszcza używany do wytwarzania folii z mieszanek tworzyw termoplastycznych, a także do wytwarzania mieszanek gumowych w produkcji np. dętek i opon.

Aleksander Łukomski

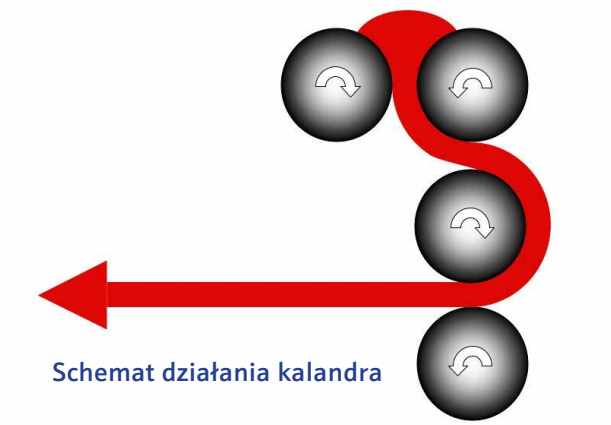
Kalander – maszyna służąca do walcowania, złożona z dwóch lub więcej obracających się walców, pomiędzy którymi przeprowadza się prasowane materiały. Służy ona do:

- nadawania połysku i wygładzania papieru, folii z tworzywa oraz tkanin lub też wytłaczania na nich wzorów,
- tworzenia mieszanek z tworzyw plastycznych lub mieszanek gumowych,
- tworzenia pasów, taśm i folii, również wielowarstwowych, z tworzyw termoplastycznych lub gumowych.

W hutnictwie zwykle używa się nazwy walcarka, mimo że proces walcowania blach przebiega podobnie jak kalandrowanie innych materiałów w przemyśle włókienniczym, papierniczym, gumowym czy tworzyw sztucznych, a maszyny wyglądają podobnie.



Przykład maszyny typu kalander (źródło: KKA)



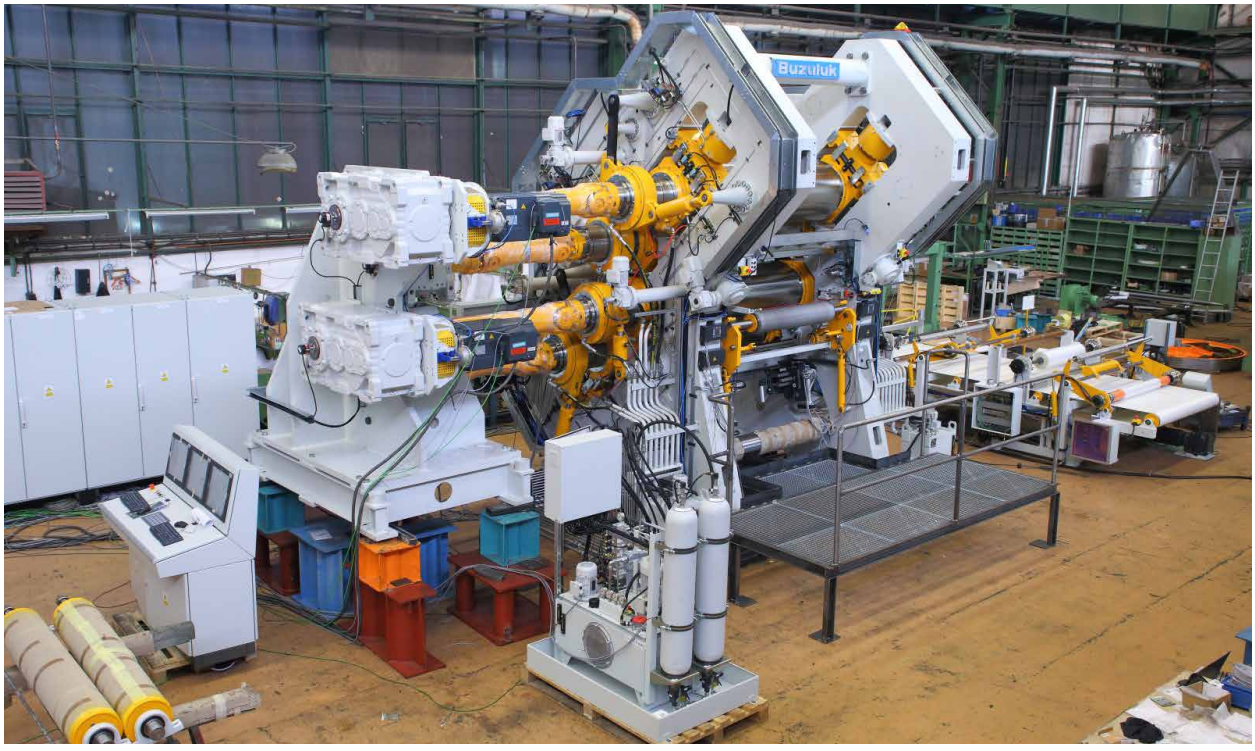
Schemat działania kalandra

Najprostszym kalandrem jest magiel napędzany ręcznie, chociaż proces prasowania materiału w nim nieco odbiega od obecnie stosowanych. W przemyśle takie maszyny były używane już w XVII wieku w europejskich w manufakturach włókienniczych i w manufakturach papierniczych. Poruszane były wówczas najczęściej ręcznie, przy pomocy korby, ale stosowano również napęd mechaniczny, z wykorzystaniem siły zwierząt. Obecnie kalandry napędzane są elekto-mechanicznie lub hydraulicznie (przy pomocy silników hydraulicznych obrotowych) i wyposażone są w mechanizmy do precyzyjnego ustawiania szczeliny pomiędzy walcami, hamulce oraz systemy bezpieczeństwa. Występują – od najprostszej konstrukcji zespołu dwóch walców, po rozwiązania wielowalcowe, a nawet skomplikowane linie do walcowania.

Walce mają różne średnice, gdyż procesy kalandrowania wymagają czasem większych, a czasem mniejszych średnic. Walce mogą być podgrzewane do nawet 200 °C lub chłodzone, w zależności od fazy procesu kalandrowania.

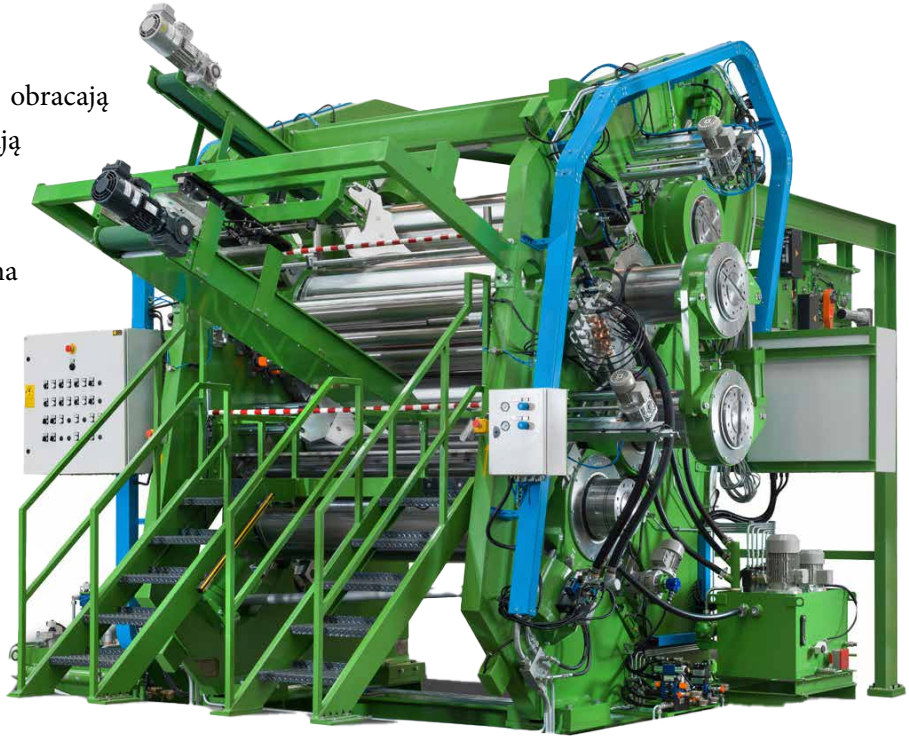
Pojedyncze kalandry mają najczęściej 3-6 walców o równoległych osiach, umieszczonych w jednym rzędzie pionowym lub nieco przesuniętych. Zdarzają się rzędowe w poziomie lub kombinacje tych rozwiązań, przy większej liczbie walców.

Walce kalandra mają gładką, wypolerowaną lub piaskowaną powierzchnię. Są one podparte w łożyskach prowadzących, ustalonych w korpusie maszyny i ustawianych w stosunku do innych walców kalandra. Walce mogą mieć w osi otwory nieprzelotowe lub przelotowe, w celu regulowania temperatury w czasie obiegu cieczy. W maszynie występują jeszcze inne walce, odmienne od walca kalandra. To wałki dodatkowe. Mogą one być napędzane i mieć regulowaną temperaturę. Do wałków dodatkowych zalicza się wałki dociskające, wałki moletujące, wałki prowadzące włókno ciągłe, wałki naciągające, wałki ściągające, wałki poszerzające poprzecznie itp.



Nowa instalacja kalandra (źródło: Buzuluk)

Sąsiednie współpracujące walce obracają się w przeciwnych kierunkach. Mają regulację obrotów, a dla zapewnienia łatwiejszego przechodzenia materiału z jednego zespołu walców na następny, kolejne zespoły mają malejące prędkości obrotowe. Szczeliny pomiędzy kolejnymi zespołami walców zmniejszone są stopniowo, dzięki czemu w kolejnych szczelinach międzywalcowych następuje ujednorodnienie kalandrowanego tworzywa. Zmniejszające się szczeliny międzywalcowe zapewniają m.in. usunięcie z plastyfikatu pęcherzyków powietrza. Folia otrzymana metodą kalandrowania jest zorientowana w kierunku wzdłużnym.



Kombinowana linia kalandrująca (źródło: Rodolfo Comerio)

Kalandrowanie ma na celu nadanie walcowanemu materiałowi innych kształtów – głównie innej grubości i szerokości, lub zmiany jego właściwości, np. składu mieszanki, stopnia uplastycznienia czy ujednorodnienia.

We włókiennictwie materiały po kalandrowaniu mogą być satynowane, wygładzone, z nadrukiem, wytłaczane na powierzchni walcami z grawerem i matowane, na tkaninach takich jak bawełna, wiskoza, mieszankach bawełny i poliestru lub wiskozy itp.

Kalandrowanie materiałów polimerowych polega na uplastycznianiu tworzywa we wcześniejszym procesie przetwórczym, a następnie jego kształtowaniu przez zespoły walców kalandra.

Tworzywo uplastycznione wstępnie w prostym kalandrze przepuszczane jest przez kilka szczelin międzywalcowych, dzięki czemu otrzymuje się odpowiednio szeroką wstęgę o wymaganej grubości, którą odbiera się na bębny chłodzące i zwija na wale odbierającym. Proces ten, któremu poddaje się tworzywa termoplastyczne, służy do produkcji folii.

Stanowisko produkcyjne z kalandrem. Widoczne podesty i pulpit operatorski (źródło: Bellmer)

Produkcja mieszanek z tworzyw plastycznych czy mieszanek gumowych polega na mieszaniu i uplastycznianiu ich w postaci kęsa materiału, powstałego z dodania kilku składników i najpierw wytłaczanego w wytłaczarce, a potem przepuszczanego pomiędzy walcami. Ta operacja przebiega z dużym udziałem operatora, który musi chwytać rękoma wychodzący z pomiędzy walców kęs wstępnie wymieszanych składników, potem obracać go, często odcinać nożem (niekiedy też podgrzewanym) kawały kęsa i łączyć je z kęsem w inny sposób, przed ponownym wpuszczeniem pomiędzy walce. Czynność tę należy przeprowadzać wielokrotnie w kalandrach dwu lub trzy walcowych. Znane są trochę inne przebiegi tej operacji, gdzie wykorzystuje się całą szerokość walców, przy małej szczelinie pomiędzy walcami, ale operator i tak jest potrzebny do odcinania płatów mieszanej np. gumy. Tak produkuje się mieszanki gumowe w produkcji opon, nawet przy produkcji wielkoseryjnej, czy podczas produkcji folii z tworzyw sztucznych czy też roztworów lub dyspersji w wyniku ciągłego przepuszczania między dwoma lub więcej walcami. Bez względu jednak na to jak wygląda ten proces w szczegółach, zawsze jest on niebezpieczny. Później płaty gumy przekazywane są na kalander, który formuje płat gumy na taśmy o odpowiedniej grubości i przekazuje je na obcinarkę, która wycina arkusze gumy o odpowiedniej szerokości i długości, a następnie przekazywane są one do dalszej przeróbki, np. na opony, dętki lub inne produkty.

Instalacja łożyska wałka kalandra
(źródło: Rodolfo Comerio via Twitter)

Jednym z wielu produktów wykonywanych w liniach kalandrów są np. taśmy przenośnikowe dla transporterów taśmowych używanych w górnictwie. Są one wykonywane z wysoko odpornej gumy, zbrojone stalową siatką i tworzą wielokilometrowe taśmociągi do transportu urobku (np. węgla brunatnego). Przesuwają się z prędkością 600 m/min na zestawach krążników i są narażone na duże obciążenia dynamiczne – od zmiennej wielkości kawałków węgla, po spadające transportowane kawałki urobku i węgla z współpracującego przenośnika. Podobne zastosowanie taśm występuje też w innych kopalniach surowców naturalnych.

Walce kalandrów wykonywane są z dużą dokładnością. Ich powierzchnia jest niekiedy piaskowana, niekiedy dokładnie toczona i polerowana. Problemem jest czyszczenie walców np. w poligrafii, gdzie na powierzchni znajdują się trudne do usunięcia zabrudzenia od farby drukarskiej. Obecnie najlepszą metodą mycia powierzchni walców jest metoda wybuchowego tworzenia bąbli wody na powierzchni walca, w specjalnych maszynach.

Opracowano też specjalne łożyska do tych maszyn. Walce kalandra są narażone na wysokie obciążenia i prędkości, które mogą prowadzić do zużycia zmęczeniowego łożysk baryłkowych i odkształcania termicznego pierścienia wewnętrznego. Także w wyniku występowania podwyższonej temperatury istnieje ryzyko utraty stabilności wymiarowej oraz wytrzymałości mechanicznej łożyska. Zostały więc opracowane serie łożysk walcowych, dzięki którym walce kalandra mogą się swobodnie rozszerzać termicznie, co zapewnia wyższą dokładność pracy i możliwość ciągłego funkcjonowania w temperaturze do 200 °C.

Przykładowy proces walcowania i kalandrowania folii, stosowany w przemyśle tworzyw sztucznych, przedstawiono poniżej.

Proces tworzenia mieszanek w kalandrze rozpoczyna się od granulowania za pomocą noży obrotowych na głowicy wytłaczarki i jest możliwy tylko w przypadku kilku termoplastów, jak np. polichlorek winylu czy polietylen. Niektóre wymagają ochłodzenia przed cięciem (np. polistyren). Następnie realizowana jest operacja walcowania, do której używany jest kalander z dwoma poziomymi ogrzewanymi walcami, przeważnie z frykcją, która w walcarkach i kalandrach do tworzyw sztucznych jest różnicą między prędkościami obwodowymi pary współpracujących walców. Walce są ogrzewane i występują w różnych układach, w zależności od realizowanej produkcji.

W produkcji cienkiej folii pojedynczej (miękkiej, twardej lub półtwardej) miesza się na gorąco wszystkie składniki i żeluje wstępnie w specjalnej ugniatarce zamkniętej i ze stemplem. Podżelowaną masę podaje się na umieszczony pod nią kalander, a po przewalcowaniu dwa noże tarczowe na końcach walców odcinają pasy gorącej masy. Dalej walcowanie odbywa się w linii kalandrów, która składa się z kilku zespołów walców. Po następnym przewalcowaniu masy następuje dalsze odcinanie pasa masy i podawanie na następny kalander, gdzie masę kalandruje się w efekcie w folię. Folię tę po ochłodzeniu, i kontroli, oraz obcięciu brzegów, nawija się na wałek. Taki ciąg technologiczny jest bardzo wydajny. Folie grubsze (ok. 2 mm) i płyty kalandruje się na kalandrach o dużej średnicy walców w układzie V.

W produkcji wykładzin podłogowych wielowarstwowych stosuje się kalandrowanie folii o grubości 0,06 mm i łączenie kilku warstw folii w materiał z wykorzystaniem tanich napełniaczy do jego spodnich warstw. Jako górną warstwę stosuje się folię bez napełniaczy ale z dobrymi zmiękczaczami, co zapewnia otrzymanie wykładzin wysokiej jakości.

We wszystkich procesach kalandrowania, niezależnie od branży, zdarzają się poważne wypadki. Najczęściej zdarzają się pochwycenia rąk lub odzieży przez walce, podczas ręcznej współpracy operatora z maszyną, np. przy podawaniu pomiędzy walce arkuszy z nadrukiem w przemyśle włókienniczym, podawaniu pojedynczych arkuszy papieru w przemyśle papierniczym lub przy tworzeniu mieszanek w przemyśle tworzyw sztucznych i przemyśle gumowym. Niektóre mocno zmechanizowane linie technologiczne do kalandrowania są osłonięte i mają zabezpieczenia przed skutkami pochwycenia.

Zgodnie z przepisami walce walcarki i kalandra muszą się rozsunąć po naciśnięciu przycisku awaryjnego wyłącznika. W kalandrach do mieszanek gumowych i tworzyw sztucznych stosowany jest tzw. wyłącznik awaryjny brzuszny. W momencie pochwycenia rąk operatora przez walce i wciągnięcia ich w szczelinę wyłącznik awaryjny brzuszny powoduje rozsunięcie walców.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 15 października 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji wyrobów gumowych, w pkt. 4 i 5 mówi:

4. *Awaryjne zatrzymanie pracy walcarki powinno powodować automatyczne rozsunięcie się walców i włączenie biegu wstecznego.*
5. *Dopuszczalna droga hamowania nieobciążonej walcarki nie powinna przekraczać ¼ obrotu walca przedniego.*

Kalander wyposażony w system hydraulicznego pozycjonowania walców, także podczas awaryjnego rozsuwania. Widoczny wyłącznik awaryjny brzuszny – listwa w biało czerwone pasy (źródło: Comerio Ercole)

I drugi, zmieniający przepis z Rozporządzenia z 2003 roku:

4. *Awaryjne zatrzymanie pracy walcarki powinno spowodować automatyczne rozsunięcie się walców lub włączenie biegu wstecznego.*

Unijna norma bezpieczeństwa EN 1417:2015 wymaga, aby szybkość awaryjnego otwarcia walców na odległość minimum 50 mm nie przekraczała czasu 5 sekund.

Czyli tutaj jest jakby sterowanie w czasie, a w naszym, polskim rozporządzeniu jest sterowanie w funkcji drogi, które wydaje się generalnie rozwiązaniem bezpieczniejszym (chociaż zależy to od szybkości obrotów). Nawet ¼ obrotu walca spowoduje poważne uszkodzenie rąk, więc należy szukać innych jeszcze zabezpieczeń. Wydaje się, że systemy hydrauliczne są praktycznie jedynym rozwiązaniem pozwalającym na uzyskanie parametrów zgodnych z obowiązującymi przepisami i normami, jednocześnie gwarantując wysoką precyzję i niezawodność działania. Podczas konstruowania napędów hydraulicznych należałoby zastosować dużą wydajność pompy i duże przekroje rur i aparatury w systemie bezpieczeństwa, oraz drugi obieg o małym przekroju i małych przekrojach dławików, dla precyzyjnej regulacji szczeliny pomiędzy walcami. Problem ten dotyczy też kalandrów i walcarek w przemyśle włókienniczym i papierniczym.

W Polsce używanych jest wiele starych walcarek i kalandrów, które nie mają nawet tego zabezpieczenia i w większości tych maszyn nie ma możliwości zastosowania jakiegoś mechanizmu rozsuwającego walce, np. hydraulicznie. Zdarzają się też nowe zakupy maszyn z Dalekiego Wschodu i to np. dla dużej fabryki opon, które także nie mają takiego mechanizmu. Te maszyny, według obowiązujących przepisów, nie mogą być użytkowane.

Zastąpienie operatora przy tworzeniu mieszanek tworzyw sztucznych i mieszanek gumy oraz przy innych kalandrach, jest sporym wyzwaniem dla konstruktorów tych maszyn. Jednak należy wierzyć, że takie rozwiązania będą kiedyś, w niedalekiej przyszłości, powszechnie stosowane. Być może

Obsługa kalandra w zakładach papierniczych Newton Falls Paper Mill, ok. 1950 r. (źródło: Town of Clifton Museum via North Country at Work)

rozwiązaniem jest odpowiednie przystosowanie robotów przemysłowych handlingowych, co wydaje się dobrym kierunkiem, lub przebadanie możliwości zastosowania walców kształtowych, mających odpowiednie współpracujące powierzchnie do samoczynnego obracania kęsa materiału i wsuwania go pomiędzy walce.

Spośród prac niebezpiecznych przy kalandrach należy wymienić też poważne problemy z elektrostatyką. Przy produkcji tkanin, papieru, a zwłaszcza tworzyw sztucznych, wytwarzają się ładunki elektrostatyczne o wielkości np. 10.000 V, które mogą spowodować porażenie operatora lub osoby postronnej, a także częściej są przyczyną wybuchu np. granulatu lub pożaru. Odpowiednie uziemienie maszyn i antyelektrostatyczne posadzki w hali takich maszyn są obowiązkowe.

Należy dokładać wszelkich starań, aby zmniejszać niebezpieczeństwo dla pracowników obsługujących te maszyny.

Aleksander Łukomski

Doświadczalne i analityczne metody oceny pracy łożysk w warunkach zanieczyszczenia środka smarnego cząstkami stałymi

Doświadczenia pokazują, iż zanieczyszczenie środka smarnego cząsteczkami stałymi stanowi główną przyczynę uszkodzeń łożysk i kół przekładni, a w konsekwencji kosztów spowodowanych przestojem urządzeń, napraw gwarancyjnych i obniżeniem produktywności. Opracowano kilka doświadczalnych metod ułatwiających inżynierom-projektantom analizę oraz opracowanie urządzeń mniej wrażliwych na takie zanieczyszczenia. Dokument ten zawiera informacje porównujące wyniki testów trwałości łożysk oraz metody analizy predykcyjnej dla różnych typów łożysk stożkowych pracujących w warunkach zanieczyszczenia cząstkami stałymi. Najnowsze prace pozwoliły na opracowanie jednej metody analitycznej (wykorzystując metodę określania charakterystyki stanu powierzchni), powiązanie jej z testami trwałości łożysk w warunkach pracy w środowisku z zanieczyszczeniami cząstkami stałymi, a także określenie zmian w konstrukcji i sposobie projektowania łożysk, co umożliwiło na zwiększenie trwałości łożysk pracujących w tych warunkach.

Thomas Springer, Michael Hoeprich, Douglas Clouse

CHARAKTERYSTYKA ZANIECZYSZCZEŃ

Inżynierowie projektujący urządzenia, mają do dyspozycji różne narzędzia do analizy zanieczyszczonego środka smarnego ułatwiające ocenę oraz monitorowanie niekorzystnego wpływu cząstek stałych na zużycie elementów [1, 2, 3, 4]. Dostępne narzędzia umożliwiają zrozumienie składu materiału i charakterystyki zanieczyszczenia środka smarnego [5]. Większość z nich służy do monitorowania i analizy procesu zużywania się części, a także poziomu zanieczyszczenia środka smarnego dla celów obsługi konserwacyjnej. Nie są one jednak pomocne w ocenie wpływu zanieczyszczeń na uszkodzenia powierzchni zębów przekładni oraz bieżni łożysk, ponieważ jest to związane ze zmniejszeniem trwałości wywołanym zmęczeniem materiału.

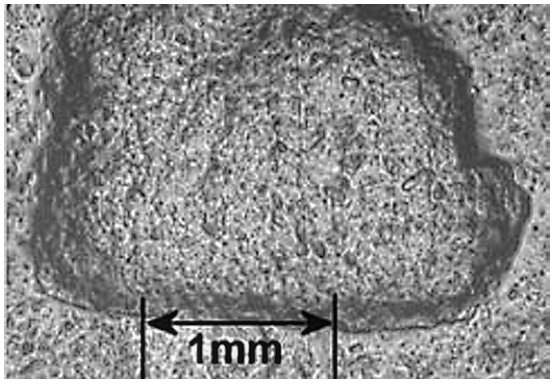
Czas próbkowania – godziny	Liczba cząstek > (na 100 ml)						
Kod ISO							
Środek smarny	5 µm	15 µm	25 µm	50 µm	100 µm	300 µm	
0 / 0	44718	7578	769	150	15	0	16 / 13
113 / 113	745800	98280	8820	300	90	30	20 / 17
446 / 446	679800	67500	14700	300	0	0	20 / 17
722 / 276	147990	10990	1400	30	0	0	18 / 14
1130 / 684	343260	36060	2460	60	0	0	19 / 16

Tab. 1

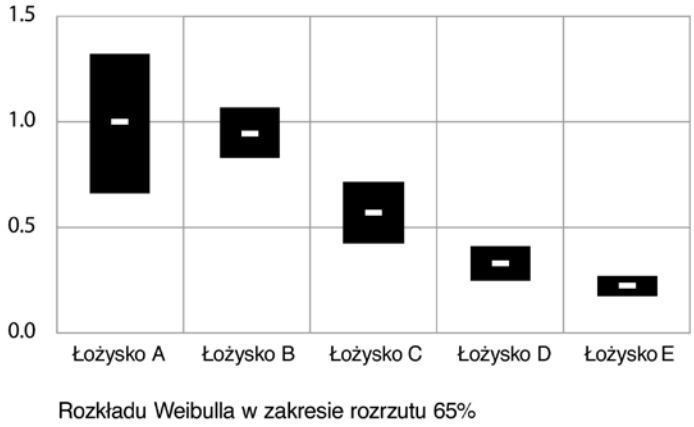
METODA OKREŚLANIA CHARAKTERYSTYKI STANU POWIERZCHNI

Nixon i Cogdell opracowali metodę oceny negatywnego wpływu środka smarnego zanieczyszczonego cząstkami stałymi [6] nazywaną Debris Signature Analysis℠. Wyniki badań przeprowadzonych we współpracy z producentem maszyn, są przykładem korzyści płynacych z zastosowania tej metody dla oceny systemów urządzeń. Do oceny poziomu zanieczyszczeń w konkertnym zastosowaniu, wykorzystano standardową metodę określania rozkładu i koncentracji zanieczyszczeń. Łożyska pracujące w urządzeniach producenta, po dłuższym czasie eksploatacji zostały wymontowane i sprawdzone pod kątem uszkodzeń powstałych przez zanieczyszczenia, zarówno wizualnie jak i za pomocą wspomnianej metody Debris Signature Analysis. Tabela 1 przedstawia typowy rozkład wielkości cząstek i ich koncentrację w czasie eksploatacji. Rys. 1 przedstawia typowy wygląd powierzchni bieżni łożyska w strefie obciążenia, po pewnym okresie eksploatacji.

Tylko na podstawie porównań wizualnych widać było, że analiza środka smarnego nie wskazywała na wielkość poziomu uszkodzenia powierzchni. Dzięki porównaniu danych w tabeli 1 z widocznym uszkodzeniem można z pewnością stwierdzić, że pobieranie próbek środka smarnego nie umożliwiło wykazanie obecności cząstek większych niż 300 µm. Jednakże wizualne porównanie wgnieceń, niektórych o średnicy 6 mm, wskazuje na obecność w próbce cząstek ponad 100 razy większych niż 300 µm. W celu dokładniejszego scharakteryzowania uszkodzenia powierzchni bieżni zastosowana została metoda Debris Signature Analysis, która wykazała przewidywane skrócenie trwałości o 42%. Przykład ten ilustruje konieczność określania charakterystyki stanu powierzchni w celu powiązania efektywności pracy z uszkodzeniem wynikającym z zanieczyszczenia.

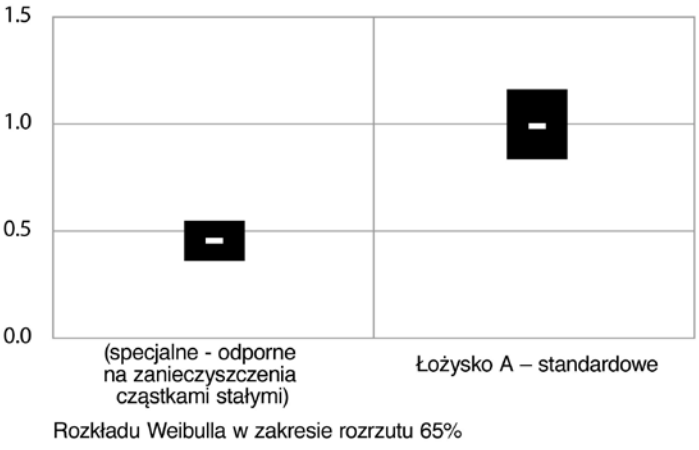


Rys. 1 Zbliżenie powierzchni bieżni łożyska w strefie obciążenia z bardzo dużym wgnieceniem



Rys. 2 Porównanie testu trwałości dla łożyska o średnicy zewnętrznej 73 mm

Tylko na podstawie porównań wizualnych widać było, że analiza środka smarnego nie wskazywała na wielkość poziomu uszkodzenia powierzchni. Dzięki porównaniu danych w tabeli 1 z widocznym uszkodzeniem można z pewnością stwierdzić, że pobieranie próbek środka smarnego nie umożliwiło wykazanie obecności cząstek większych niż 300 µm. Jednakże wizualne porównanie wgnieceń, niektórych o średnicy 6 mm, wskazuje na obecność w próbce cząstek ponad 100 razy większych niż 300 µm. W celu dokładniejszego scharakteryzowania uszkodzenia powierzchni bieżni zastosowana została metoda Debris Signature Analysis, która wykazała przewidywane skrócenie trwałości o 42%. Przykład ten ilustruje konieczność określania



Rys. 3 Porównanie testu trwałości łożyska standardowego i odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi (średnica zewnętrzna: 83 mm)

charakterystyki stanu powierzchni w celu powiązania efektywności pracy z uszkodzeniem wynikającym z zanieczyszczenia.

PORÓWNANIE EFEKTYWNOŚCI PRACY PRODUKTU

W procesie analizy, w celu oceny i przewidywania efektywności pracy łożyska w warunkach zanieczyszczenia cząstkami stałymi, przeprowadzono liczne testy trwałości łożysk gdzie wykorzystano standardową metodę powstawania uszkodzeń przez cząstki stałe [7]. Na powierzchni testowanych łożysk wykonano wgniecenia, a w trakcie testów nie dodawano kolejnych zanieczyszczeń.

Rys. 2 przedstawia porównanie efektywności pracy łożysk stożkowych pięciu największych producentów. Testy które zostały wcześniej opublikowane w raporcie [8] zostały przeprowadzone na standardowych produktach danego producenta. W grupie tej, skrajne wyniki różniły się między sobą nawet o 300%. Łożysko A miało najwyższy współczynnik efektywności. W łożysku B i E zastosowano stal hartowaną na wskroś a w łożyska C i D niektóre lub wszystkie komponenty były wykonane ze stali nawęglanej.

Dla celów porównania statystycznego, wyniki testu trwałości podano w zakresie rozrzutu wynoszącym 65%. Rozrzut ten obliczono na podstawie wielkości próbki i rozproszenia błędów testów i jest funkcją rozkładu Weibulla. Jeżeli rozrzuty te pokrywają się pomiędzy grupami testowymi, nie można określić statystycznie istotnej różnicy w trwałości przy poziomie rozrzutu wynoszącym 90%.

BADANIA ŁOŻYSK STANDARDOWYCH I ODPORNYCH NA ZANIECZYSZCZENIA CZĄSTKAMI STAŁYMI

Przeprowadzono również badania standardowego łożyska jednego z producentów (łożysko A) i łożysk specjalnych „odpornych na zanieczyszczenia cząstkami stałymi" dwóch innych producentów. W tym przypadku łożyska specjalne

miały trwałość nawet dziesięciokrotnie większą w porównaniu do standardowych.

Rys. 3 przedstawia znormalizowane wyniki testów przy warunkach identycznych jak przedstawiono na rys. 2. W tym przypadku łożysko A uzyskało trwałość, która nieznacznie przekroczyła wyniki uzyskane dla łożyska specjalnego.

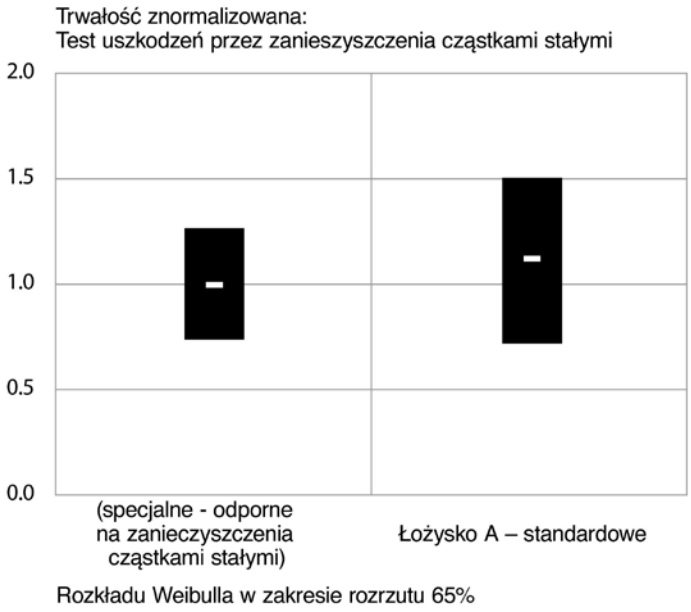
Rys. 4 przedstawia znormalizowane wyniki testu trwałości w warunkach podobnych do przedstawionych na rys. 2, ale po zmianie rodzaju zanieczyszczeń. Doprowadziło to tylko do niewielkich uszkodzeń spowodowanych przez cząstki stałe. W tym przypadku metodę Debris Signature Analysis zastosowano do standardowego łożyska A i przewidziano tylko nieznaczne zmniejszenie trwałości spowodowane przez cząstki stałe. W tych warunkach łożysko A uzyskało wyniki trwałości równe wynikom łożyska specjalnego.

Rys. 5 przedstawia znormalizowane wyniki dla większego łożyska o średnicy zewnętrznej 318 mm. Zmienione zostały warunki przeprowadzania testu (częściowo poprzez użycie większego łożyska), a także nowy rodzaj zanieczyszczeń i metodę ich wprowadzenia. Spowodowało to powstanie uszkodzeń od umiarkowanych do dużych. Metodę Debris Signature Analysis zastosowano do standardowego łożyska A oraz przewidziano nawet trzykrotne zmniejszenie trwałości. W tych warunkach łożysko A uzyskało wyniki testu trwałości, które znacznie przekroczyły wyniki uzyskane dla łożyska specjalnego.

Jednym z wniosków wynikających z tego testu jest to, że różnice w procesie produkcji, materiałach i stosowanej obróbce pomiędzy producentami łożysk wpływają na trwałość zmęczeniową łożysk pracujących w środowiskach o wysokim zanieczyszczeniu cząstkami stałymi.

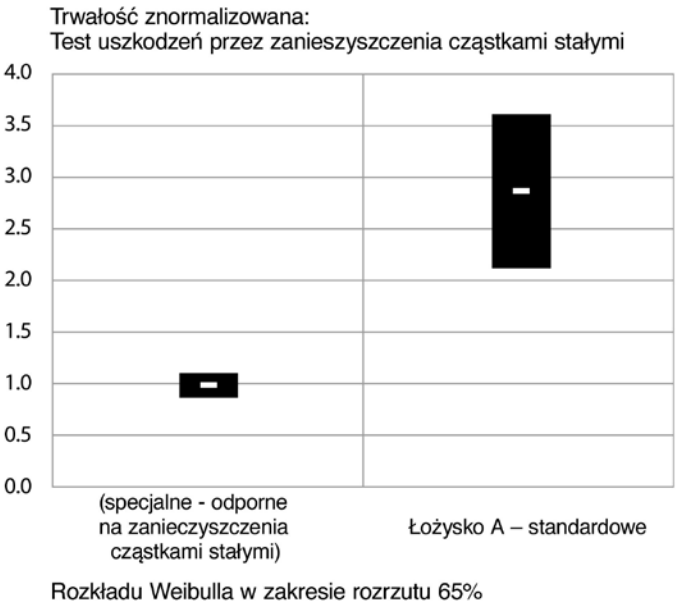
ZWIĘKSZANIE POZIOMU EFEKTYWNOŚCI PRACY

Badając strukturę materiału i parametry procesu produkcji łożyska A, opracowano sposób

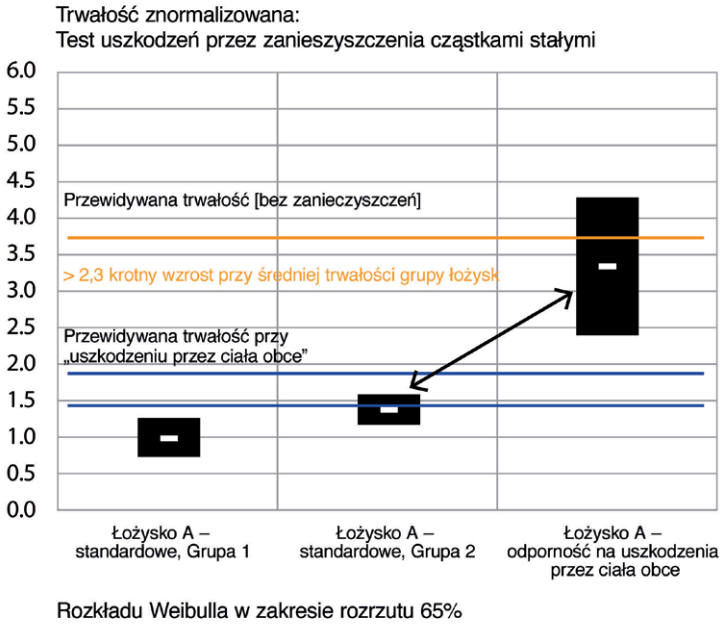


Rys. 4 Porównanie testu trwałości łożyska standardowego i odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi (średnica zewnętrzna: 68 mm)

pozwalający na zwiększenie odporności na działanie cząstek stałych. Za cel przyjęto poprawę charakterystyki mechanicznej łożyska odnośnie wytrzymałości, plastyczności i twardości, szczególnie na powierzchniach kontaktu elementów tocznych z bieżnią. Oznaczało to również zmianę



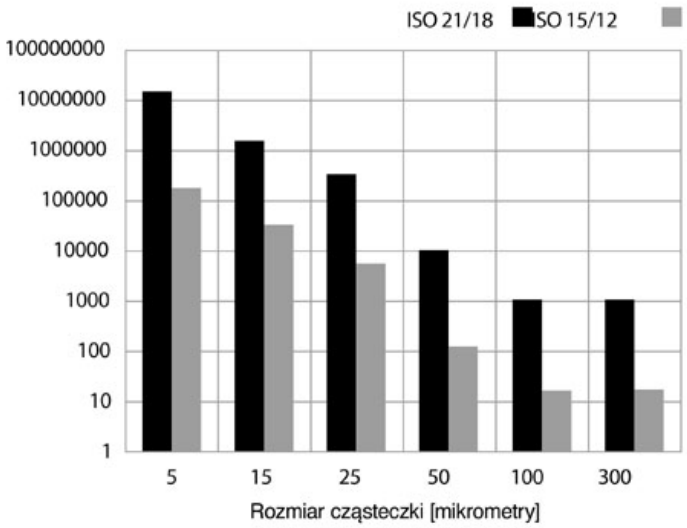
Rys. 5 Porównanie testu trwałości łożyska standardowego i odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi (średnica zewnętrzna: 318 mm)



Rys. 6 Porównanie testu trwałości łożyska specjalnego odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi i łożyska standardowego (średnica zewnętrzna: 248 mm)

kluczowych parametrów konstrukcji i zaostrzenie limitów kontroli procesu dla wybranych parametrów, szczególnie podczas obróbki cieplnej. Opatentowana specyfikacja obejmuje wybrane parametry, w tym skład chemiczny stali, zawartość austenitu, mikrostrukturę i kontrolę właściwości warstwy powierzchniowej po obróbce cieplnej.

Wyniki efektywności pracy nowego łożyska odpornego na działanie cząstek stałych,



Rys. 7 Rozkład wielkości cząstek dla dwóch określonych kodów ISO

wynikającej ze zmiany konstrukcji i procesu jego wytwarzania, przedstawia rys. 6. W rezultacie przeprowadzonych testów dwóch podstawowych grup łożysk, w których wgniecenia powstały w wyniku działania cząstek, ich trwałość była około 2 do 3 razy krótsza niż przewidywana trwałość łożysk bez wgnieceń. Zastosowana metoda Debris Signature Analysis przewidziała zmniejszenia trwałości łożysk w wyniku zanieczyszczeń o wartość współczynnika od 0,4 do 0,5.

Wykazano, że efektywność pracy łożyska odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi była znacznie wyższa niż w przypadku grup podstawowych, dla których górny zakres rozrzutu 65% przekroczył linię przewidywanej trwałości przy braku uszkodzeń przez cząstki stałe. Dlatego zastosowanie łożyska odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi zaprzeczyło negatywnemu wpływowi uszkodzeń powstałych przez cząstki stałe i zwiększyło średnią żywotność grupy łożysk o 2.3 raza względem dwóch grup łożysk wytworzonych w standardowym procesie produkcji. Obecnie, łożyska odporne na zanieczyszczenia cząstkami stałymi są oferowane jako produkt o nawet 2-krotnie dłuższej trwałości w środowiskach gdzie występują takie zanieczyszczenia.

MODEL PREDYKCJI TRWAŁOŚCI

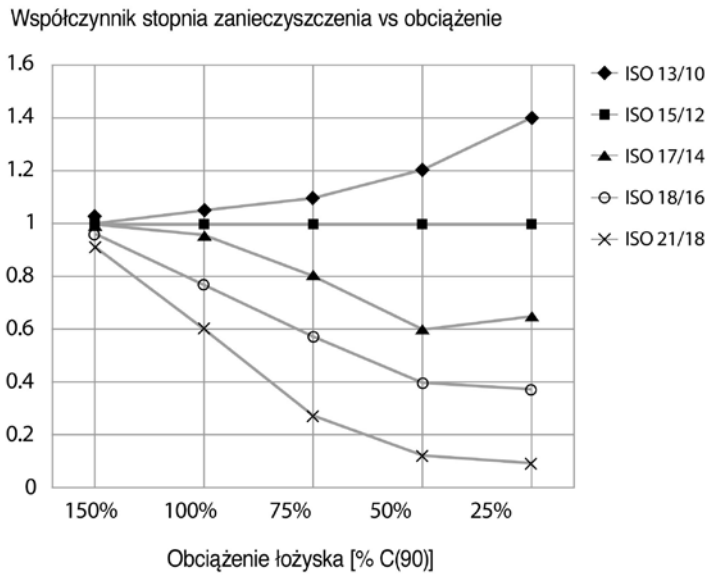
Teoretyczną podstawę dla oceny predykcji trwałości łożysk w środowiskach gdzie występują zanieczyszczenia cząstkami stałymi przedstawiono w modelu Ai [12], w którym określono wpływ wgnieceń na miejscowe obciążenia bieżni oraz trwałość. Model ten został zweryfikowany za pomocą testów z kontrolowanymi wgnieceniami w łożyskach z wykorzystaniem łożysk o charakterystyce efektywności pracy odpowiadającej łożysku A.

Ponieważ cząstki występujące w różnych zastosowaniach mają szeroki zakres rozmiarów, opracowano program określający efekt zanieczyszczenia środka smarnego uwzględniający realistyczny rozkład ich rozmiarów. Zastosowano dwie metody. W pierwszej

metodzie symulowano rozkład rozmiarów cząstek stałych powiązany z ich rozkładem zgodnie z normą ISO 4406. Zmieszano cząsteczki stali 52100 odpowiadającej normom ISO 13/10, 15/12, 17/14, 18/16 i 21/18 ze środkiem smarnym i użyto ich do wytworzenia wgnieceń zgodnie z opisem w publikacji Nixon [7]. Jako przykład, rys. 7 przedstawia rozkład cząstek użytych dla poziomów czystości ISO 4406 21/18 i 15/12. Rozkłady te, opracowano na podstawie analizy i charakterystyki ISO 4406 używanego oleju zanieczyszczonego przez cząstki stałe. Powierzchnie łożysk z obecnymi wgnieceniami odwzorowano optycznie w celu uzyskania rozkładu wielkości wgnieceń i ich gęstości. Umożliwiło to uzyskanie profilu Debris Signature Analysis dla każdego z tych warunków zanieczyszczenia. Dane odnośnie rozmiarów wgnieceń i ich gęstości na powierzchni zgromadzono do dalszego wykorzystania przez inżynierów ds. zastosowań w celu analizy trwałości łożysk, które mogą pracować w podobnych środowiskach.

Celem drugiej metody było uzyskanie łożysk pochodzących z rzeczywistych zastosowań oraz opracowanie charakterystyki optycznej rozmiarów wgnieceń i ich gęstości na powierzchni dla celów przyszłej analizy trwałości. Były to łożyska o większych gabarytach, które zwykle narażone są na pracę w środowiskach o większym zanieczyszczeniu, a których nie można prawidłowo opisać na podstawie normy ISO 4406. Na podstawie zdjęć pokazujących wgniecenia na powierzchni, inżynierowie mogą wybrać poziom uszkodzenia powierzchni występujący w ich zastosowaniu.

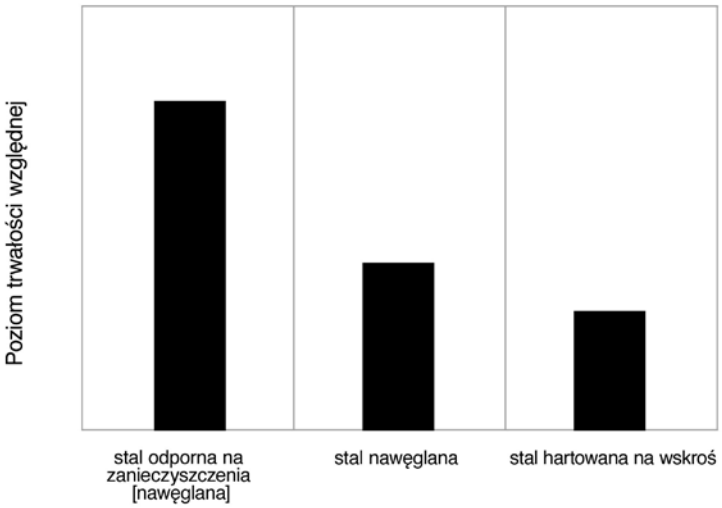
Analiza trwałości środka smarnego przeprowadzona na standardowych stanowiskach do wykonywania testów trwałości wykazała, że podstawowy poziom czystości jest zgodny z normą ISO 15/12. Na tym poziomie czystości wartość współczynnika trwałości po uszkodzeniu przez cząstki stałe wynosi 1,0. Użycie czystszego środka smarnego zwiększyłoby żywotność, a środka z większą ilością zanieczyszczeń – zmniejszyło ją.



Rys. 8 Zmiana współczynnika stopnia zanieczyszczenia jako funkcja obciążenia i różnych kodów ISO

Aby określić współczynnik zmniejszenia trwałości, dane z metody Debris Signature Analysis są następnie używane w sposób opisany poniżej. W celu określenia naprężeń w miejscu styku i powierzchni kontaktu, dla danych warunków określa się obciążenia występujące w miejscu styku bieżni z elementem tocznym. Pozwala to określić wpływ wielkości i liczby wgnieceń na trwałość łożyska w tym środowisku. Rys. 8 przedstawia wykres zależności współczynników stopnia zanieczyszczeń (a3D) dla łożyska stożkowego o otworze 33 mm dla różnych poziomów czystości środka smarnego i obciążeń promieniowych wyrażonych jako wartość procentowa nośności C(90). Jak widać, przy dużych obciążeniach wpływ zmiany ilości cząstek na całkowite obciążenie jest mniejszy niż w przypadku niewielkich obciążeń.

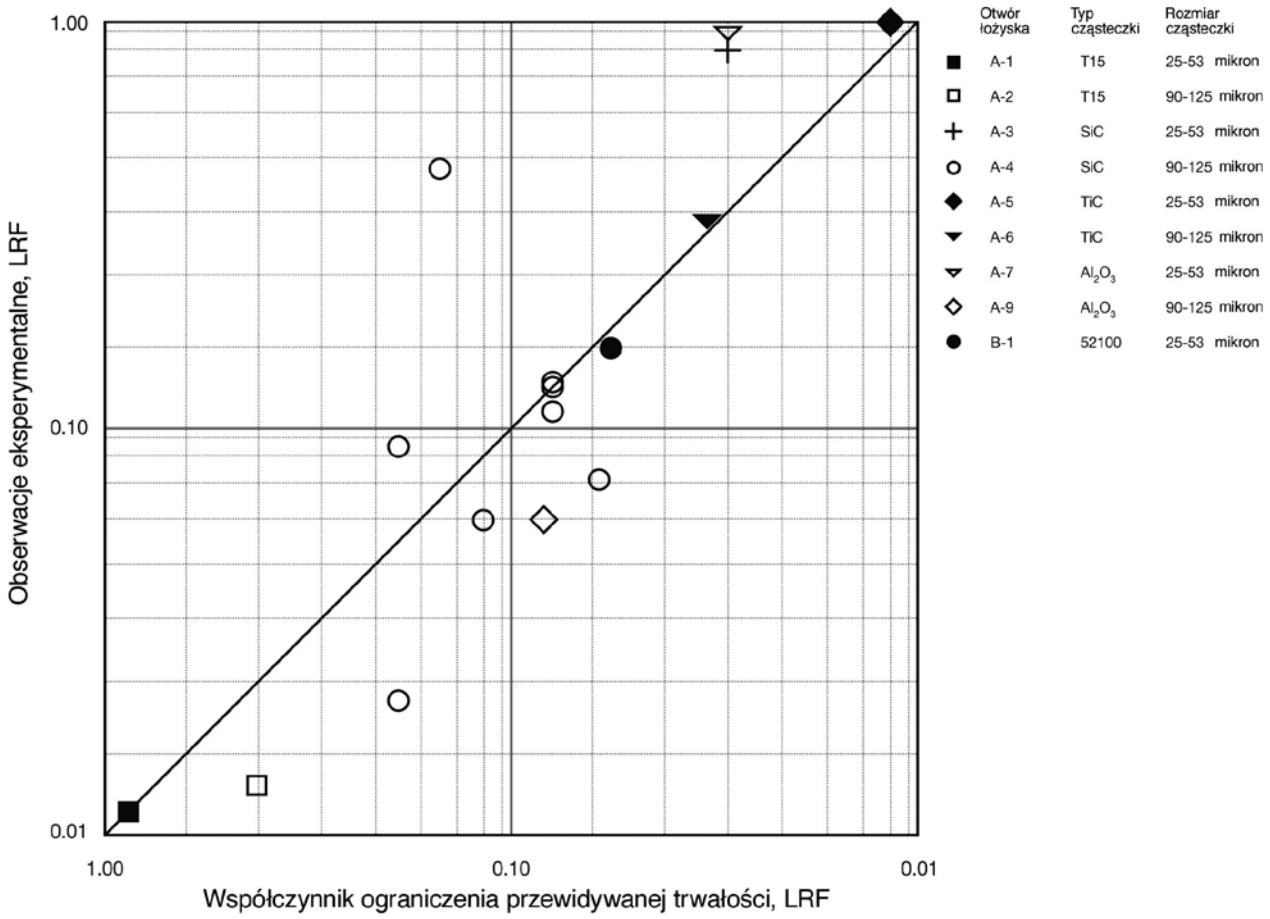
Jak pokazano na rys. 2, w przypadku łożysk wykonanych ze stali hartowanej na wskroś prawdopodobieństwo powstania wgnieceń w wyniku zanieczyszczeń cząstkami stałymi może być większe niż w przypadku łożysk wykonanych ze stali nawęglanej. Jak pokazano na rys. 6, odporność łożysk ze stali nawęglanej można dodatkowo zwiększyć. Na rys. 9 przedstawiono różnice



Rys. 9 Względny współczynnik stopnia zanieczyszczeń dla różnych materiałów łożysk

współczynników stopnia zanieczyszczeń związanych z zanieczyszczeniami dla łożysk wykonanych ze stali hartowanej na wskroś względem łożysk ze stali nawęglanej w umiarkowanie zanieczyszczonym środowisku. Łożyska wykonane ze stali hartowanej na wskroś będą miały nieco krótszą trwałość niż łożyska ze stali nawęglanej. Jak można oczekiwać, mikrostruktura łożyska odpornego na zanieczyszczenia cząstkami stałymi skuteczniej zwiększa trwałość łożyska w środowisku o wyższym poziomie zanieczyszczeń.

Pod kątem trwałości przetestowano znaczną liczbę łożysk (w których cząstki stałe spowodowały wgniecenia) na maszynach do testowania trwałości, z których korzystali autorzy tej publikacji. Na rys. 10 przedstawiono związek między eksperymentalnie określonym zmniejszeniem trwałości z powodu zanieczyszczeń a zmniejszeniem trwałości przewidywanym przez metodę Debris Signature Analysis [15]. W przypadku łożyska zastosowanego przez autorów pokazano ten model w celu wykazania praktycznego związku między wgnieceniami spowodowanymi przez cząstki stałe, a w konsekwencji powstania uszkodzenia.



Rys. 10 Porównanie wyników eksperymentu z przewidywaniami modelu

WNIOSKI

Poniższe wnioski i obserwacje podano jako wynik analizy i testów doświadczalnych.

1) W systemach o wysokim stopniu zanieczyszczenia zastosowanie tylko metod analizy środka smarnego może nie wystarczyć do powiązania uszkodzenia łożyska z rzeczywistą pracą łożyska.

2) Test trwałości zmęczeniowej łożysk w celu oceny podatności na uszkodzenia związane z zanieczyszczeniami cząstkami stałymi może stanowić przydatne narzędzie do różnicowania efektywności pracy łożysk.

3) Ustandaryzowane testy trwałości w warunkach zanieczyszczenia wykazały, że łożyska standardowe i odporne na zanieczyszczenia pochodzące od różnych producentów mają zupełnie inną trwałość. Różnice te należy uwzględnić w przypadku porównań odporności łożysk na zanieczyszczenie cząstkami i podczas stosowania narzędzi do przewidywania efektywnej trwałości.

4) Oczekuje się, że bezpośredni pomiar uszkodzeń zastosowany w metodzie Debris Signature Analysis umożliwia uzyskanie bardziej precyzyjnych wyników niż inne metody obejmujące analizę zanieczyszczeń środka smarnego opisujących wielkość uszkodzenia.

5) Metoda Debris Signature Analysis może stanowić narzędzie umożliwiające porównywanie pod względem ilościowym, środowisk o różnym stopniu zanieczyszczenia w kontekście urządzeń działających prawidłowo i tych, które nie działających prawidłowo.

6) Nowy model przewidywania trwałości umożliwia wykazanie praktycznego związku między wgnieceniami spowodowanymi przez cząstki stałe, a powstaniem uszkodzenia.

Thomas Springer
Michael Hoeprich
Douglas Clouse

The Timken Company

Bibliografia:

[1] Anderson, D. P., *Wear Particle Atlas (Revised)*, Predict/DLI, Cleveland, OH, 1995.

[2] *Standard Test Method for Insoluble Contamination of Hydraulic Fluids by Gravimetric Analysis*, ASTM D4898-90, ASTM, W. Conshohocken, PA, 1996

[3] Glaeser, W. A., *Use of Surface Analysis Techniques in the Study of Wear, Wear*, Vol. 100, No. 1-3, pp. 477-487, December 1984

[4] Ives, L. K., *Electron Microscopy*, ASM Handbook, Vol. 18, Friction, Lubrication and Wear Technology, ASM International, 1995

[5] Poley, J., *Oil Analysis for Monitoring Hydraulic Oil Systems, A Step-Stage Approach*, Lubrication Engineering, Vol. 46, No. 1, 1990, pp 41-47

[6] Nixon, H.P., Cogdell, J. D., *Debris Signature Analysis^{SM}: A Method for Assessing the Detrimental Effect of Specific Debris Contaminated Lubrication Environments*, SAE Paper 9814781998

[7] Nixon, H.P., Zantopulos, H., Cogdell,J.D., *A Standardized Method for Evaluating Debris Resistance of Rolling Element Bearings*, SAE Tech. Paper Series 940728, (1994)

[8] Nixon, H.P., Zantopulos, H., *Fatigue Life Perfor--mance Comparisons of Tapered Roller Bearings with Debris-Damaged Raceways*, 1995

[9] Nixon, H.P., *Assessing the Detrimental Impact of Lubricant Formulations and Debris Contamination on Tapered Roller Bearing Performance Characteristics*, SAE Paper 1996.

[10] Fox, G.P., Nixon, H.P., Martens, M.D., *A Bearing Life Prediction Method for Utilizing Progressive Function--al Surface Damage Analysis from a Debris Contaminated Lubrication Environment*, SAE Paper 1999-01-2793

[11] Nixon, H.P., Ai, Xiaolan, Cogdell, J.D. , Fox, G.P., *Assessing and Predicting the Performance of Bearings in Debris Contaminated Lubrication Environment*, SAE Paper 1999-01-2791

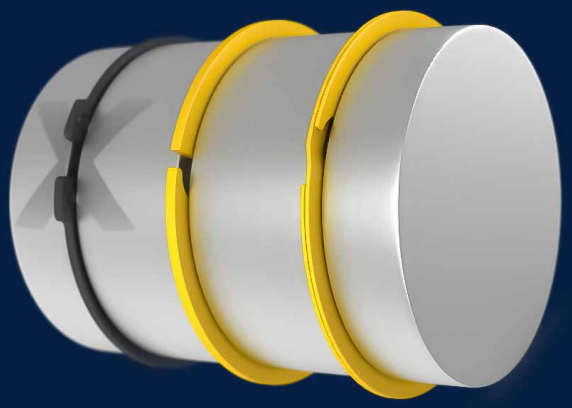
[12] Ai, Xiaolan and Nixon, Harvey P., *Fatigue Life Reduction of Roller Bearings Due to Debris Denting: Part I – Theortical Modeling*, Tribology Transactions, Vol. 43 (2000),2, pp. 197-204

[13] Ai, X., Nixon, H.P., *A Bearing Life Prediction Model for Debris Damaged Rolling Element Bearing Surfaces*, 1999.

[14] Ai, X., Sawamiphakdi, 1999, *Solving Elastic Contact between Rough Surfaces as an Unconstrained Strain Energy Minimization by Using CGM and FFT Techniques*

[15] Ai, X., *Effects of Debris Contamination on the Fatigue Life of Roller Bearings*, 2001

PIERŚCIENIE USTALAJĄCE SMALLEY SPIROLOX VS. STANDARDOWE PIERŚCIENIE OSADCZE



W zastosowaniach przemysłowych odnajdujemy różne pierścienie ustalające, wśród których wyróżniają się pierścienie Spirolox, zwracające uwagę inżynierów ze względu na unikalną konfigurację, niezawodność i wygodę. W niniejszym artykule porównamy konwencjonalne pierścienie osadcze z pierścieniami ustalającymi Spirolox firmy Smalley i postaramy się odpowiedzieć na pytanie czym charakteryzują się pierścienie Spirolox i jakie zalety wynikają z ich stosowania.

1. PIERŚCIENIE USTALAJĄCE SPIROLOX SĄ NAWIJANE, NIE WYTŁACZANE, CO ZAPEWNIA WIĘKSZĄ SWOBODĘ KONSTRUKCYJNĄ

Wszystkie pierścienie ustalające **Spirolox** są nawijane przy użyciu naszego unikalnego **procesu nawijania krawędziowego**, który stosujemy z powodzeniem od ponad 50 lat, zapewniając precyzyjne, lecz elastyczne rozwiązania w zakresie ustalania elementów konstrukcyjnych. Proces zaczyna się od okrągłego drutu, który zostaje spłaszczony przy użyciu walcarki. Następnie płaski drut jest nawijany po krawędzi promieniowej na kształt okręgu, tworząc pierścień. Dzięki temu procesowi dysponujemy swobodą konstrukcyjną, która pozwala nam oferować 6000 różnych części standardowych podzielonych na 30 podstawowych konfiguracji.

Nawijanie naszych pierścieni nie wymaga użycia dedykowanego oprzyrządowania z matrycą i tłocznikiem, znanych z technologii produkcji konwencjonalnych pierścieni osadczych. Swoboda modyfikacji średnicy bez wymiany narzędzi umożliwia naszym inżynierom dopasowanie pierścieni do najbardziej wymagających zastosowań.

Oznacza to, że możemy zaoferować Państwu błyskawiczną modyfikację parametrów na każdym etapie procesu, bez obawy o zwiększenie kosztów. Jeśli pierścienie standardowe nie spełniają Państwa wymagań, zawsze istnieje możliwość wykonania **pierścieni niestandardowych** bez ponoszenia kosztów oprzyrządowania.

Co jeszcze istotne, podczas nawijania krawędziowego wykorzystywane jest tylko tyle materiału, ile wymaga pierścień, co właściwie pozwala

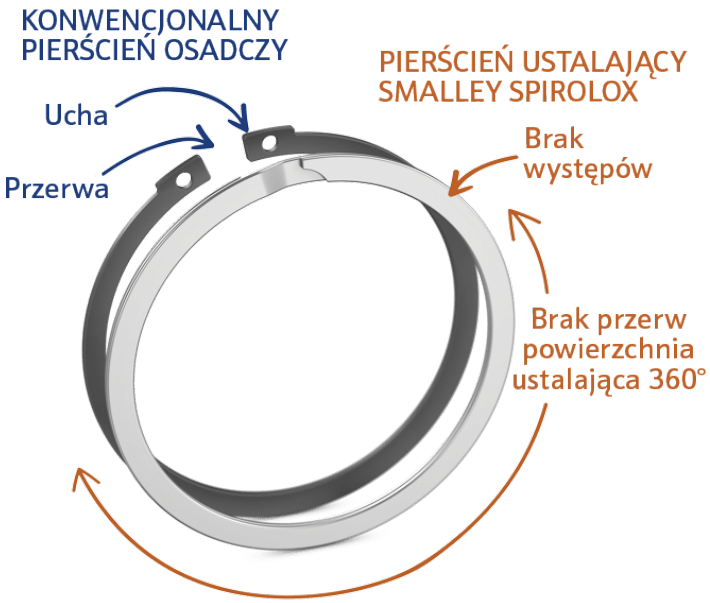
Nawijanie krawędziowe

Wykrawanie

wyeliminować straty materiałowe w produkcji. Tymczasem, w produkcji pierścieni osadczych, są one wykrawane z arkusza blachy, generując straty materiałowe w postaci skrawków wewnątrz i na zewnątrz pierścienia. W przypadku dużych rozmiarów pierścieni lub użycia bardziej egzotycznych materiałów, koszty strat materiałowych znacznie wzrastają.

2. BRAK WYSTAJĄCYCH ELEMENTÓW, KOLIDUJĄCYCH Z INNYMI KOMPONENTAMI

Swoją unikalną konfigurację pierścienie Spirolox zawdzięczają technologii nawijania krawędziowego. Podczas gdy konwencjonalne pierścienie osadcze mają ucha, zajmujące dodatkową przestrzeń i wystające poza obwód pierścienia, pierścienie Spirolox nie mają wystających elementów, dzięki czemu równo przylegają do sąsiadujących komponentów, zachowując niski profil promieniowy.



3. ESTETYKA WIZUALNA

Oprócz spełniania zasadniczej roli ustalania komponentów, pierścienie Spirolox są niejednokrotnie preferowane ze względu na estetykę. W zastosowaniach, w których pierścienie są widoczne z zewnątrz, duże znaczenie ma brak wystających elementów, zakłócających estetykę złożenia. Co więcej, oferowanych jest szereg powłok, **wykończeń powierzchni** i **materiałów**, odpowiednich pod kątem estetyki wyrobu.

4. 360° POWIERZCHNI USTALAJĄCEJ

W przeciwieństwie do konwencjonalnych pierścieni osadczych, wielozwojowe pierścienie Spirolox mają jednorodny przekrój i pełen obwód. Dzięki powierzchni ustalającej w zakresie 360°, wielozwojowe pierścienie Spirolox zapewniają równomierny rozkład obciążeń na potrzeby bezpiecznego ustalania komponentów złożenia.

5. PEŁNA ZASTĘPOWALNOŚĆ

Pierścienie Spirolox nie tylko spełniają szereg dodatkowych kryteriów, mogą też z powodzeniem zastępować pierścienie osadcze w obrębie tej samej części. Oznacza to, że pierścień ustalający Spirolox zmieści się w tym samym rowku co pierścień osadczy i będzie przyjmował te same obciążenia. Jeśli korzystają Państwo z pierścieni osadczych, zachęcamy do zapoznania się z **tabelą zamienników**, gdzie znajdą Państwo informację, czy mogą je Państwo zastąpić pierścieniami Spirolox bez dodatkowych zmian konstrukcyjnych.

6. ŁATWOŚĆ INSTALACJI I DEMONTAŻU

Pierścienie Spirolox są **łatwiejsze i bezpieczniejsze w montażu** od pierścieni osadczych, które wymagają stosowania specjalnych szczypiec, wprowadzanych w ucha pierścieni i rozwierających pierścień przy montażu na wale, lub ściskających go przy instalacji od wewnątrz. Podczas montażu dużych pierścieni, zsunięcie się pierścienia ze szczypiec stanowi już pewne zagrożenie dla bezpieczeństwa.

Inaczej jest w przypadku pierścieni Spirolox, które mogą być instalowane poprzez ręczne nawijanie do rowka, co daje operatorowi większą swobodę do manewru i nie jest niebezpieczne. Są one także wyposażone standardowo w wycięcie, umożliwiające demontaż pierścienia bez użycia specjalistycznych narzędzi. Pierścień można odwinąć z rowka przy użyciu zwykłego śrubokręta lub rozszywacza.

OD CZEGO ZACZĄĆ?

Teraz, kiedy mieli Państwo okazję zapoznać się z podstawowymi różnicami między pierścieniami Smalley Spirolox, a konwencjonalnymi pierścieniami osadczymi, zachęcamy Państwa **do kontaktu z inżynierami firmy Smalley** i przyjęcia pierścieni ustalających Spirolox w skład Państwa rozwiązań konstrukcyjnych.

Możemy także zapewnić Państwu **darmowe próbki** naszych pierścieni z oferty standardowej, w celu przetestowania zalet pierścieni Spirolox w Państwa zastosowaniach.

Instalacja i demontaż
zewnętrznego pierścienia ustalającego

ZOBACZ VIDEO

Instalacja i demontaż
wewnętrznego pierścienia ustalającego

ZOBACZ VIDEO

6 ZALET PIERŚCIENI USTALAJĄCYCH SPIROLOX

BRAK WYSTAJĄCYCH UCH – pierścienie Spirolox nie mają wystających elementów, dzięki czemu równo przylegają do sąsiadujących komponentów zachowując niski profil promieniowy

SWOBODA KONSTRUKCYJNA
unikalny proces nawijania krawędziowego umożliwia łatwe i ekonomiczne dopasowanie parametrów produkcyjnych

ESTETYKA WIZUALNA – kiedy pierścienie są widoczne z zewnątrz, brak wystających elementów jest bardzo istotny. Co więcej, oferowanych jest szereg estetycznych powłok, wykończeń powierzchni i materiałów

POWIERZCHNIA USTALAJĄCA 360°
jednorodny przekrój i pełen obwód zapewniają równomierny rozkład obciążeń na potrzeby bezpiecznego ustalania komponentów złożenia

ŁATWA, BEZPIECZNA INSTALACJA I DEMONTAŻ – pierścienie mogą być ręcznie nawijane do rowka; są także wyposażone w wycięcie, umożliwiające demontaż pierścienia bez użycia specjalistycznych narzędzi

PEŁNA ZASTĘPOWALNOŚĆ
pierścień ustalający Spirolox zmieści się w tym samym rowku co pierścień osadczy i będzie przyjmował te same obciążenia

Jeśli chcieliby Państwo dowiedzieć się więcej o pierścieniach ustalających, zapraszamy do pobrania nowego e-booka:

Kompletny poradnik, przygotowany przez inżynierów firmy Smalley, zawierający odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania odnośnie pierścieni ustalających

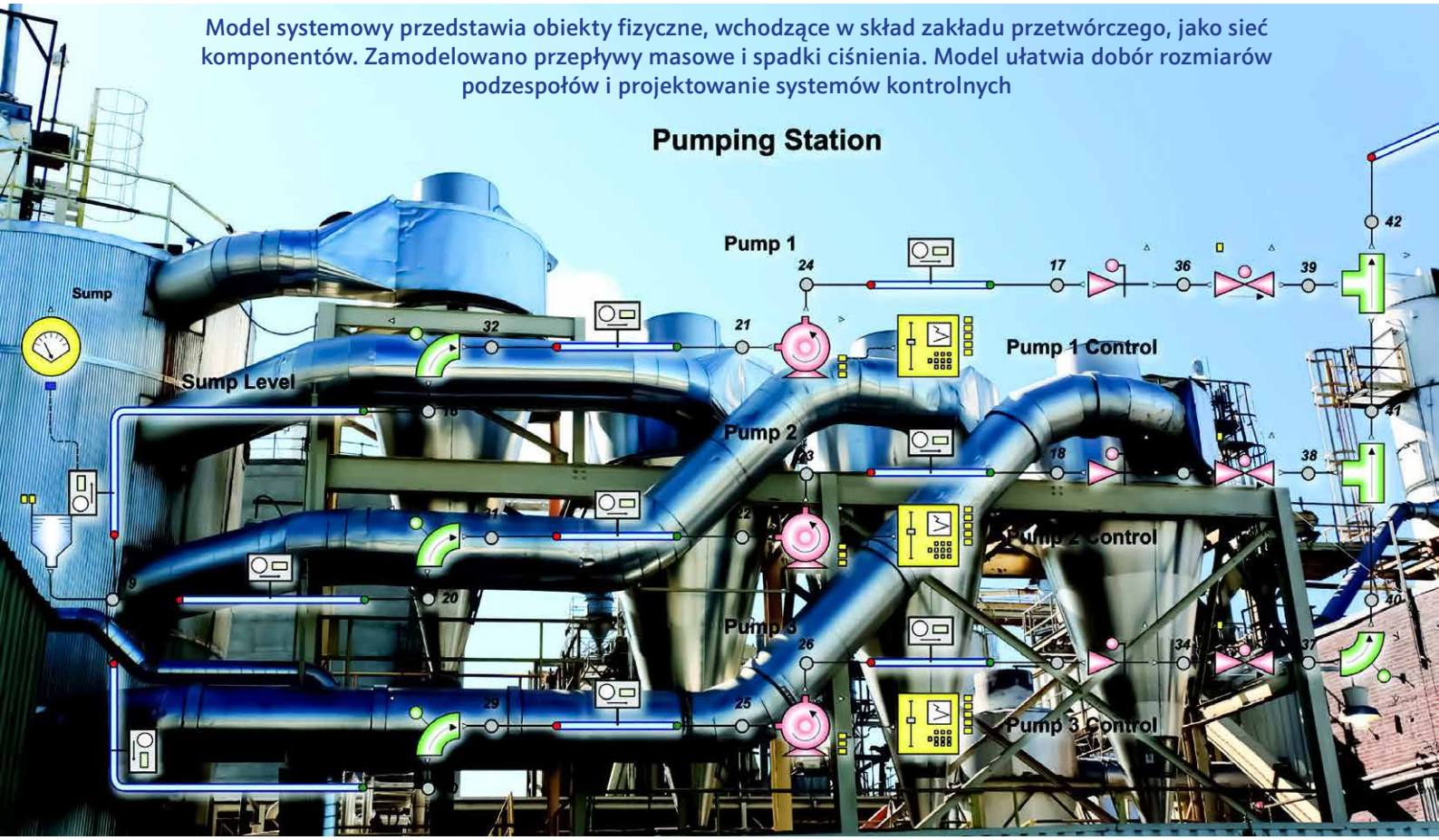
Poradnik można pobrać **tutaj.**

Modelowanie systemów metodą CFD

Podsystemy przepływowe wchodzą w skład wielu systemów. Typowymi przykładami w kontekście inżynierskim są podsystemy smarowania, paliwowe, hydrauliczne i rurociągowe. Poza tym są też przykłady takich systemów spoza świata techniki, np. układ krwionośny czy rzeka. Takie systemy są ogromne, złożone i niejednokrotnie mają charakter przejściowy.

Modelowanie metodą obliczeniowej mechaniki płynów (CFD – *computational fluid dynamics*) pomaga w analizie i zrozumieniu tych złożonych systemów przepływowych, uzupełniając dwu- i trójwymiarowe techniki CFD, wykorzystywane w analizie szczegółowej. Jest jasne, że nie projektuje się krwionośnych systemów naczyniowych, jednak lekarze mogą czerpać wiedzę w zakresie problemów medycznych z przeprowadzonych analiz tego typu na tej samej zasadzie, co inżynierowie modelujący reaktor jądrowy.

David Hunt



Model systemowy przedstawia obiekty fizyczne, wchodzące w skład zakładu przetwórczego, jako sieć komponentów. Zamodelowano przepływy masowe i spadki ciśnienia. Model ułatwia dobór rozmiarów podzespołów i projektowanie systemów kontrolnych

W wielu przypadkach modelowanie systemów metodą CFD pozwala inżynierom na budowę modeli opartych na katalogach predefiniowanych komponentów, wykorzystywanych do:

- wykonywania analizy rozmiarów;
- analizy przejściowych przepływów, w tym formacji fal, skoków i spadków ciśnienia;
- analizy złożonych systemów w szerszej perspektywie, np. analiza przepływów masowych;
- znalezienia rozwiązania kompromisowego między szczegółowością modelu a szybkością symulacji, potrzebnego w przypadku wstępnej analizy konstrukcyjnej i optymalizacji;
- zrozumienia problemu, który może okazać się zbyt duży lub zbyt złożony do analizy dwu- i trójwymiarowymi technikami CFD.

STRATEGIE SYMULACJI

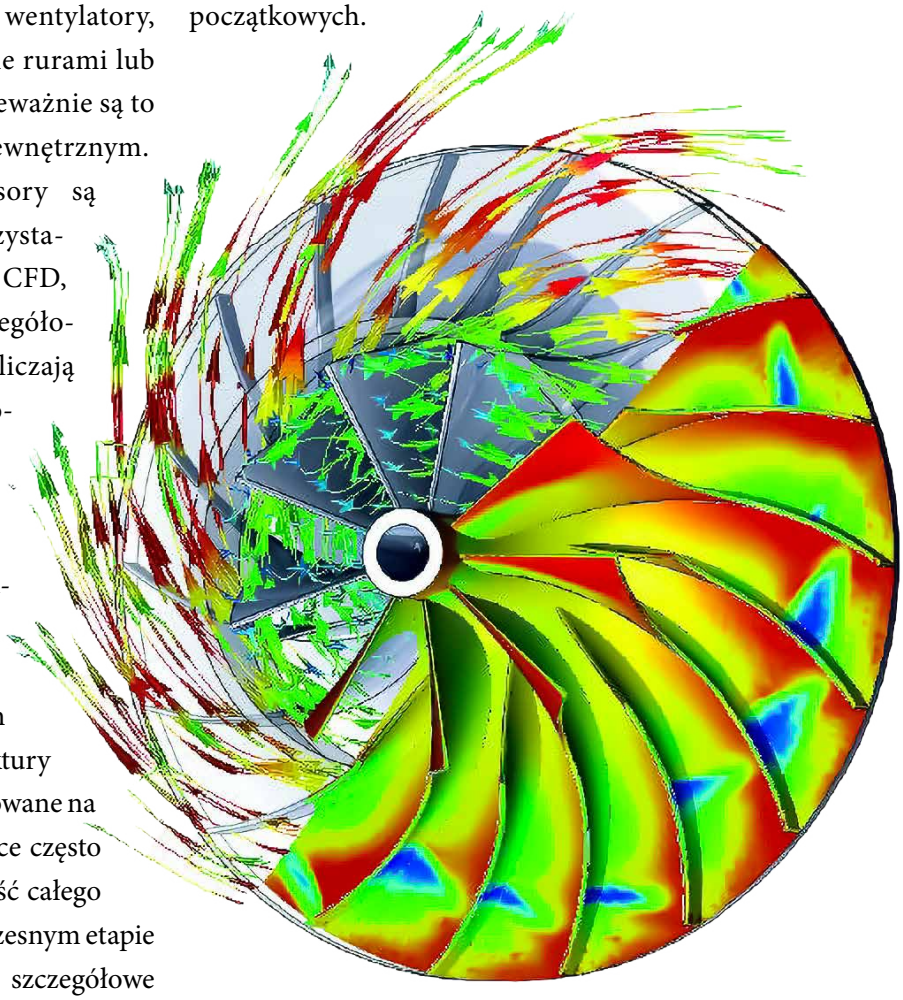
Tego typu podsystemy zwykle składają się z wielu komponentów, takich jak pompy, wentylatory, radiatory, turbiny i zawory, połączone rurami lub oddzielone otwartą przestrzenią. Przeważnie są to systemy ciśnieniowe o przepływie wewnętrznym.

Takie komponenty jak kompresory są zazwyczaj projektowane z wykorzystaniem dwu- i trójwymiarowych analiz CFD, przeprowadzanych w oparciu o szczegółową geometrię z programów CAD. Obliczają one przepływ płynu w obrębie komponentu, dostarczając bardzo szczegółowych wyników analizy przepływu.

Z kolei na poziomie całych systemów, konstruktorzy są zainteresowani projektami w szerszym ujęciu, z uwzględnieniem doboru rozmiaru komponentów (często gotowych podzespołów handlowych) i architektury systemu. Są to istotne decyzje, podejmowane na wczesnym etapie projektowania, mające często decydujący wpływ na koszt i wydajność całego systemu. Jednak bywa tak, że na tak wczesnym etapie projektowym nie są jeszcze dostępne szczegółowe geometrie, a analiza 3D przepływu może okazać się zbyt szczegółowa w kontekście potrzeb projektanta, który ma dobrać rozmiar kompresora i potrzebuje jedynie określić wydatek cieplny i spadki ciśnienia. Stąd też modelowanie systemów metodą CFD wykorzystuje uproszczone modele komponentów, oparte na danych eksploatacyjnych, które charakteryzują ich własności objętościowe.

BUDOWA MODELU SYSTEMU

Model systemu przedstawia wspomniane obiekty fizyczne jako sieć komponentów. Przykładowo chłodnicy samochodu może odpowiadać komponent „chłodnica/*radiator*", a głównemu cylindrowi hamulcowemu – komponent „pompa/*pump*". Takie komponenty są połączone ze sobą – na przykład przewód powrotny chłodnicy będzie połączeniem typu „rura/*pipe*". Do użytkownika należy zdefiniowanie warunków brzegowych, a także, w przypadku analizy stanów przejściowych – warunków początkowych.



Symulacja CFD wirnika turbiny kompresora

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Automatyczna znakowarka części wykrawanych

K-CUBED ENGINEERING to spółka, która powstała dzięki zaangażowaniu trzech doświadczonych inżynierów w celu zagwarantowania narzędzi do wprowadzenia nowego wymiaru produkcji.

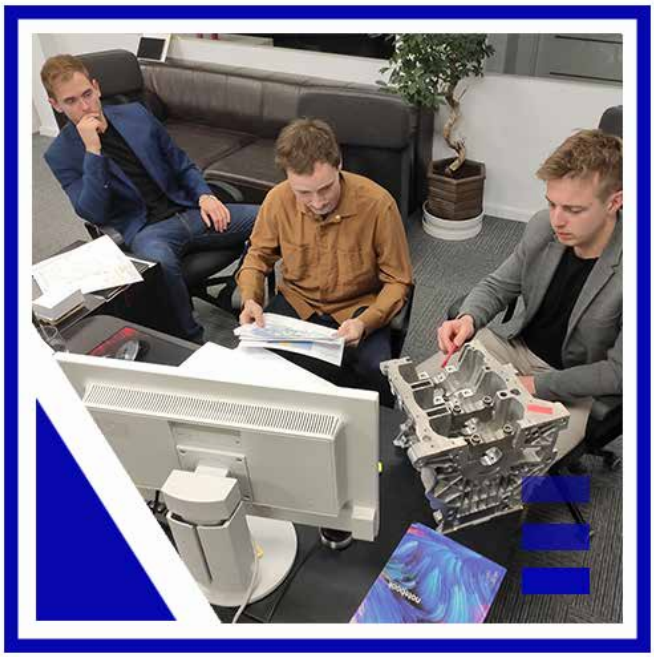
Pierwszą misją zespołu jest stworzenie automatycznej znakowarki części wykrawanych oraz zintegrowanie jej z systemami zarządzania produkcją.

Urządzenie pozwoli na ograniczenie strat oraz zwiększy świadomość przepływu produkowanych części maszyn. Umożliwi nadruk kodów QR, za pomocą których dokumentacja będzie mogła być wyświetlana elektronicznie.

Oferowana optymalizacja istniejących procesów oraz ich integracja przygotuje zakłady produkcyjne do sprawnego wdrożenia przemysłu 4.0.

AUTOMATYCZNA ZNAKOWARKA CZĘŚCI WYKRAWANYCH K-CUBED:

- Urządzenie przeznaczone do integracji z istniejącą maszyną wykrawającą.
- Wykrawanie i oznaczanie elementów na pojedynczym stanowisku.
- Programy na znakowarkę generowane z plików wykonawczych wykroju blach (automatyczne generowanie oznaczeń).
- Nanoszenie oznaczeń na elementy umożliwia integrację produkcji z informatycznymi systemami zarządzania (oferowanie software'u jako produktu komplementarnego).
- Znakowanie bez ingerencji w materiał.



PLATFORMY STARTOWE
Hub of Talents 2

K-CUBED ENGINEERING

Zapraszamy do kontaktu i współpracy przy projektowaniu i wdrażaniu systemów automatyzacji produkcji. Nie zostawaj w tyle i wprowadź z nami swoją firmę w świat przemysłu 4.0

Kontakt K-CUBED:
Telefon: +48 606 522 744
Email: office@k-cubed.pl
Adres: Stępień 15/B
14-500 Braniewo, Polska

Fundusze Europejskie Polska Wschodnia
Rzeczpospolita Polska
Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

FZERO, bolid bez kompromisów

Zaczęło się od Lotusa T125, który miał być początkiem nowej ligi wyścigowej dla pasjonatów. Z planów brytyjskiej marki nic nie wyszło, a projekt został wykupiony przez przedsiębiorcę z branży IT – Davida Dickera z antypodów, który zebrał zespół inżynierów i rozpoczął prace nad dalszym rozwojem samochodu. Tak powstały zakłady Rodin Cars, stawiające sobie za cel budowę optymalnych bolidów, z wykorzystaniem całego potencjału nowoczesnych technologii, bez oglądania się na regulacje popularnych wyścigów.

Jacek Zbierski

Na bazie przekonstruowanego Lotusa T125 powstał pierwszy samochód marki – model FZED, łączący w sobie elementy zapożyczone z bolidów F1 i Indy Car. FZED napędzany jest silnikiem Cosworth GPV8, rozwijającym moc 675 KM przy 9 600 obr./min. Cały samochód waży 609 kg, z czego 135 kg to silnik. Zaawansowana aerodynamika utrzymuje przyczepność przy prędkościach dochodzących do 300 km/h. FZED gwarantuje wrażenia z jazdy i osiągi porównywalne z wyścigówkami Grand Prix, ale dla Rodin Cars to nie wystarcza.

Od podstaw budowany jest kolejny samochód – FZERO. Nazwa nawiązuje do przyjętego podejścia konstrukcyjnego – zero kompromisów. Nieskrępowani regulaminami wyścigów, wymogami homologacji czy nawet kryteriami rynkowymi, inżynierowie Rodin Cars cieszą się rzadką swobodą w zakresie projektowania samochodów. Z kreatywnym podejściem podjęli się wyzwania wyartykułowanego przez właściciela firmy, Davida Dickera: budowy samochodu o osiągach przewyższających współczesne bolidy F1.

FZERO odchodzi od otwartej konfiguracji bolidów F1 – ma w pełni kryty owiewką kokpit i zabudowane koła. Kompozyty polimerowe wzmocnione włóknami węglowymi, użyte w konstrukcji nadwozia i elementów aerodynamicznych, a także cały szereg komponentów ze stopów tytanu, zapewniają jak najniższą masę pojazdu – docelowo poniżej 700 kg. Jak wyjaśnił Adam Waterhouse, inżynier z zespołu odpowiadającego za konstrukcję FZERO, właściwie każdy metalowy detal pojazdu, od wsporników po obudowę skrzyni biegów, z wyjątkiem śrub, został wydrukowany w 3D ze stopu tytanu. Same śruby również wykonano z tytanu, lecz przy użyciu konwencjonalnych technik produkcyjnych. Detale poddano następnie azotowaniu plazmowemu PVD, uzyskując charakterystyczny, złotawy kolor, kontrastujący z czernią kompozytów węglowych, co stanowi element wizerunku marki. Zastosowanie takiej powłoki to jednak przede

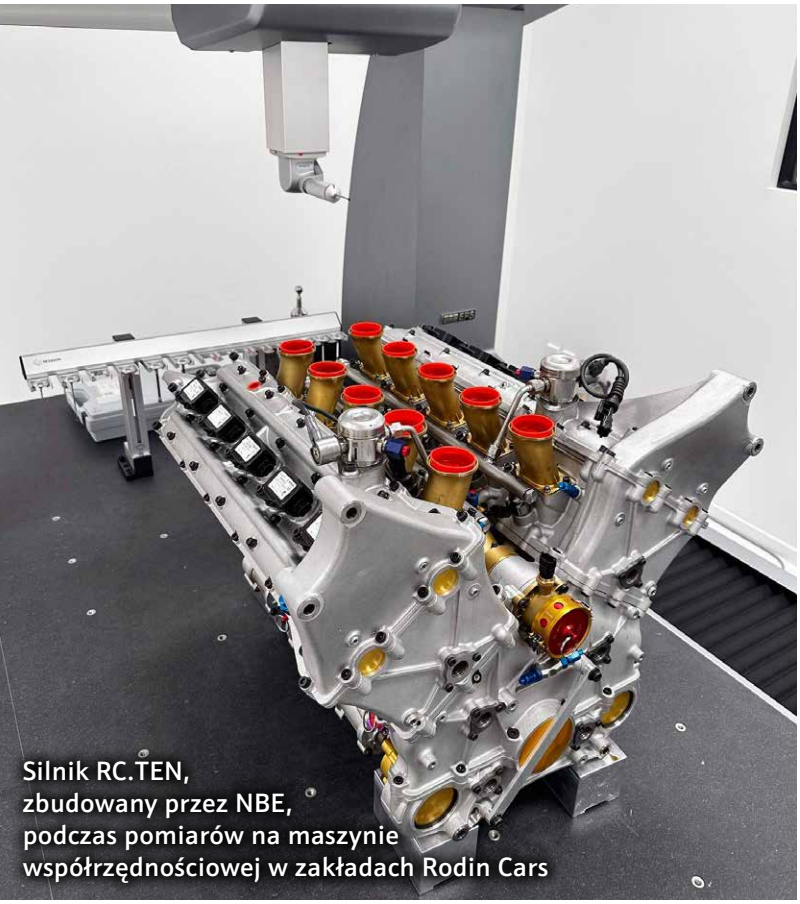
FZED powstał na bazie Lotusa T125

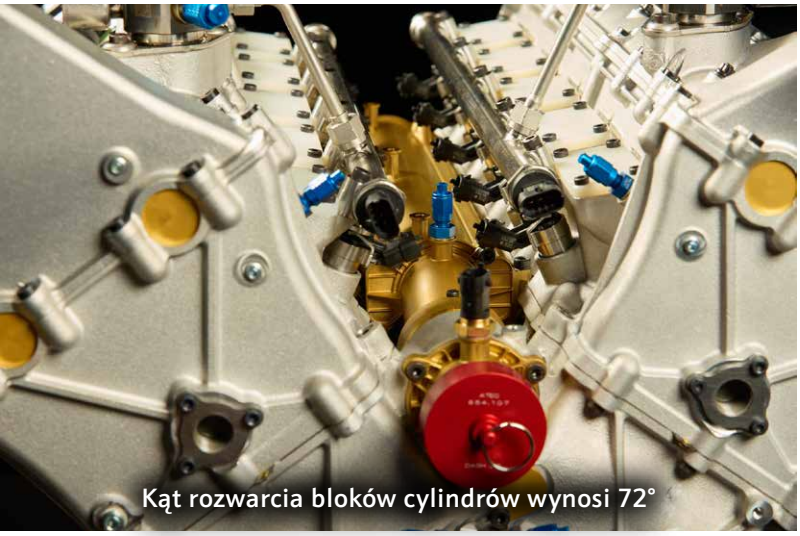
FZERO odchodzi od otwartej konfiguracji bolidów F1

Układ dolotowy z widocznym intercoolerem i rozmieszczeniem kanałów dolotowych ze stopu tytanu

Aerodynamika FZERO

Pokrywa głowicy bloku silnika zamontowana w przyrządzie mocującym w centrum obróbczym CNC


Silnik RC.TEN, zbudowany przez NBE, podczas pomiarów na maszynie współrzędnościowej w zakładach Rodin Cars


Kąt rozwarcia bloków cylindrów wynosi 72°

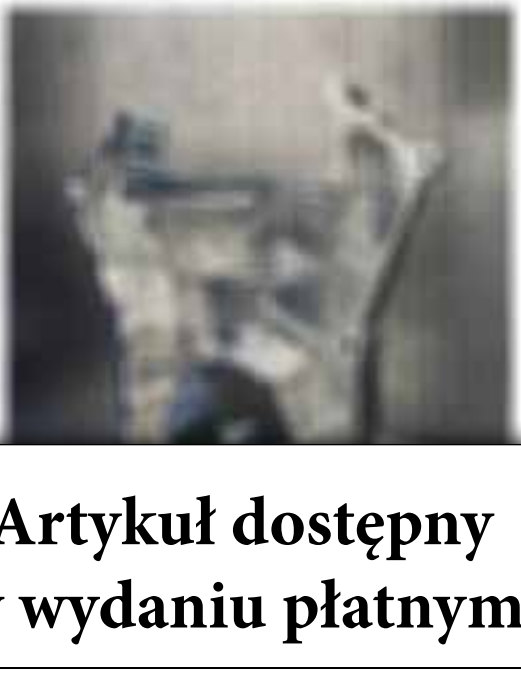
wszystkim utwardzenie powierzchni, skutkujące zwiększeniem odporności na zużycie i wytrzymałości zmęczeniowej komponentów metalowych.

Podejście Rodin Cars do układu napędowego również jest bezkompromisowe. Na potrzeby modelu FZERO postanowiono zbudować system hybrydowy, z własnym silnikiem i dedykowaną skrzynią biegów.

Chodziło o to, by zbudować jak najlżejszy silnik V10 o pojemności 4,0 l, o najbardziej zwartej konstrukcji jak to tylko możliwe – tłumaczy Dicker. W fazie koncepcyjnej Dickerowi doradzał doświadczony brytyjski konstruktor silników wyścigowych Graham Dale Jones, a ostateczny projekt i budowę silnika zlecono również brytyjskiej firmie Neil Brown Engineering.

W budowie silnika RC.TEN zastosowano takie rozwiązania jak:

- wstępna komora spalania, umożliwiająca zapłon ubogiej mieszanki paliwowo-powietrznej oraz szybkie i równomierne spalanie;
- wtrysk bezpośredni, zapewniający obmywanie denka tłoka i ścianek cylindra zimnym paliwem, a także umożliwiający precyzyjną kontrolę dawkowania paliwa do poszczególnych cylindrów i spalanie ubogiej mieszanki;
- rozrząd na kołach zębatych i płaski wał korbowy, odpowiednie dla wysokich obrotów;
- popychacze dźwigniowe, umożliwiające dłuższy skok i szybszy cykl pracy zaworów;
- sucha miska olejowa, zapewniająca optymalny przepływ oleju, niezależnie od przyspieszenia poprzecznego;
- egzotyczne stopy metali, powłoki PVD i DLC.



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Triumph Speed Twin 5T – *pierwszy superbike*

„Triumph i wszystko łatwe", „Najlepszy motocykl na świecie" – to hasła reklamowe firmy, w których kryło się ziarno prawdy. Podobnie jak w późniejszych opiniach, w których twierdzono, że zaprezentowany w 1937 roku Triumph Speed Twin zniszczył brytyjski przemysł motocyklowy.

Ryszard Romanowski

Założona w 1885 roku przez niemieckiego emigranta Siegfrieda Bettmana firma zaczęła od produkcji rowerów przy Much Park Street w Coventry. W 1902 r. wyjechał z niej pierwszy motocykl. Triumph jest najstarszą na świecie marką produkującą motocykle.

Jak to w Anglii, jakość maszyn weryfikowano na torach, szczególnie na trasie Tourist Trophy. Już w 1907 roku podczas pierwszej edycji TT, Jack Marschall na Triumphie przyjechał drugi na metę. Maszyna udowodniła, że jest nie tylko niezawodna i precyzyjnie wykonana, lecz również szybsza od konkurentów, których wtedy na Wyspach nie brakowało. Od tego czasu Triumph niemal na stałe zagościł na słynnej górskiej trasie.

Firma przyciągała najlepszych inżynierów i nie bała się wprowadzać innowacji. W latach dwudziestych Harry Ricardo zaprojektował słynną do dzisiaj komorę spalania, od razu zastosowaną w seryjnym modelu Type R Fast, zwanym popularnie Ricci. Co ciekawe, światowy przemysł motoryzacyjny nie zauważył wówczas zalet rozwiązania. Na dużą skalę zaczęła je dopiero stosować Honda pod koniec lat pięćdziesiątych. Obecnie półkulista komora spalania z centralnie umieszczoną świecą zapłonową wydaje się czymś oczywistym.

Triumph stał się wojskowym motocyklem na frontach I wojny światowej. Niestety po jej zakończeniu i kilku latach prosperity nadszedł wielki kryzys. Sprzedaż motocykli znacznie spadła. Ogromna jak na te czasy fabryka, już dawno przeniesiona na Priory Stret w Coventry, zaczęła walczyć o przetrwanie. W 1935 roku zdecydowano o jej sprzedaży. Pojawił się Jack Sangster, który w 1932 roku w podobnej sytuacji został właścicielem firmy Ariel. Powstała koncepcja wygaszania produkcji motocykli na rzecz samochodów, które wydawały się bardziej lukratywne. Na szczęście pomysł szybko upadł. W 1936 roku powstała spółka Triumph Engineering Company.

Genialnego konstruktora Triumpha – Vala Page'a przeniesiono do Ariela. Na jego miejsce przyszedł Edward Turner, konstruktor, który zaprojektował m.in. słynnego, czterocylindrowego Ariela Square Four. Finansami zajął się Charles Parker, który nawet podczas kryzysu nie odniósł finansowej porażki.

Ariel Square Four nie zyskał uznania klientów. Europejscy motocykliści nie przepadali za dużymi pojemnościami silników, twierdząc nie bez racji, że od tego są samochody.

Wyzwaniem było skonstruowanie napędu o osiągach silnika dwucylindrowego i wymiarach

Silnik powojennego modelu Triumph 5T Speed Twin (źródło: carandclassic.com)

niewielkiego jednocylindrowca. Dwucylindrowy silnik o tłokach poruszających się równolegle zaprojektował już wcześniej Val Page, wykorzystując wiele części z produkowanych silników, lecz motocykl nazwany 6/1 nie odniósł rynkowego sukcesu. Turner czuł jednak, że w tym rozwiązaniu kryje się ogromny potencjał.

Tu legendy mieszają się z rzeczywistością. Podobno natchnienie przyszło w pubie. Na rozłożonych pustych pudełkach ulubionych papierosów zaczęły powstawać rysunki silnika.

Powstał zwarty wał korbowy, z dużym przeciwciężarem pośrodku, który rozdzielał dwa składane korbowody łożyskowane na panewkach ze stopu cyny – tzw. „białego metalu". Wał obracał się na łożyskach kulkowych.

Dwa wałki rozrządu, umieszczone z przodu i z tyłu cylindra, napędzane były kołami zębatymi, podobnie jak tłoczkowa pompa oleju. System smarowania odbywał się za pomocą tzw. suchej miski olejowej. Popychacze, umieszczone po obu stronach silnika, sterowały ruchem zaworów pracujących w żeliwnej głowicy. Znając doskonale drgania generowane przez silnik jednocylindrowy Twina zaprojektowano tak, aby dzięki konstrukcji napędu rozrządu maksymalnie je ograniczyć. Gotowy silnik okazał się o 2,2 kg lżejszy od jednocylindrowca, stosowanego w sportowym Tiger 90, a przy tym niewiele droższy w produkcji. W porównaniu do wielu innych jednocylindrowych jednostek oferowanych na rynku okazał się węższy. Miał „królewską" pojemność 500 ccm, średnicę tłoka 63 mm i skok 80 mm. Stopień sprężania dostosowany był do dostępnych wówczas paliw i wynosił 7:1.

Warto na chwilę przenieść się do lat powojennych. Jeden z dealerów Triumpha wspominał dzień, kiedy sklep wypełnił się motocyklistami, którzy przyjechali na Speed Twinach, Tigerach i Thunderbirdach. W pewnym momencie w powietrzu wyraźnie czuć było zapach spalenizny. Wszyscy rzucili się na poszukiwanie źródła ognia. W końcu okazało się, że zapach dochodzi z zaparkowanych motocykli, w zbiornikach których zamiast „podłego", dostępnego wówczas na stacjach paliwa znajdowały się mieszanki na bazie benzenu. Działo się to w latach pięćdziesiątych.

Silnik modelu Triumph 5T Speed Twin z 1954 roku od strony gaźnika (źródło: Iconic Auctioneers)

Speed Twina pokazano światu w 1937 roku. Silnik wraz z czteroprzełożeniową skrzynią zamontowano w elementach nośnych Tigera 90. Błyszczał chrom i lakier Cardinal Red. Gdzieniegdzie przykuwały uwagę złote akcenty znaku fabrycznego i tabliczki patentowe, umieszczonej na prawej obudowie silnika. Zastosowano tradycyjny sztywny tył, a z przodu kolejną fabryczną wersję zawieszenia trapezowego. Rok później prasa i konkurencja przeprowadziła testy drogowe. Okazało się, że na torze Speed Twin może spokojnie walczyć z każdą dwucylindrówką, przewyższając je ogromnym momentem, dostępnym od najniższych obrotów. Prawdziwa wielka premiera odbyła się w następnym roku na słynnym wówczas Olympia Motor Show. Według opisów firmowe stoisko lśniło chromami, lakierami i brokatem.

Niestety rozwój motocykli nie trwał długo. W 1939 roku Anglia przystąpiła do wojny i wszelka cywilna produkcja zeszła na odległe plany. Wojsko ogłosiło przetarg na motocykle. Swoje prototypy zaprezentowały BSA, Matchless, Royal Enfield i oczywiście

Triumph 5T Speed Twin z 1938 roku w całej okazałości (źródło: nationalmcmuseum.org)

Triumph. Mimo że w przeciwieństwie do Niemiec w Anglii system norm dobrze działał, wojsko wymagało jeszcze lepszej unifikacji części zamiennych i narzędzi. Przetarg zdecydowanie wygrał Triumph, model 3TW, z maksymalnie uproszczonym silnikiem Twin o pojemności 350 ccm i trójbiegową skrzynią. Zaczęła powstawać pierwsza seria i wszystko szło doskonale, do 14 listopada 1940 r. Nalot 400 bombowców Luftwaffe zniszczył większość fabryki, a w niej pierwszą serię motocykli wojskowych.

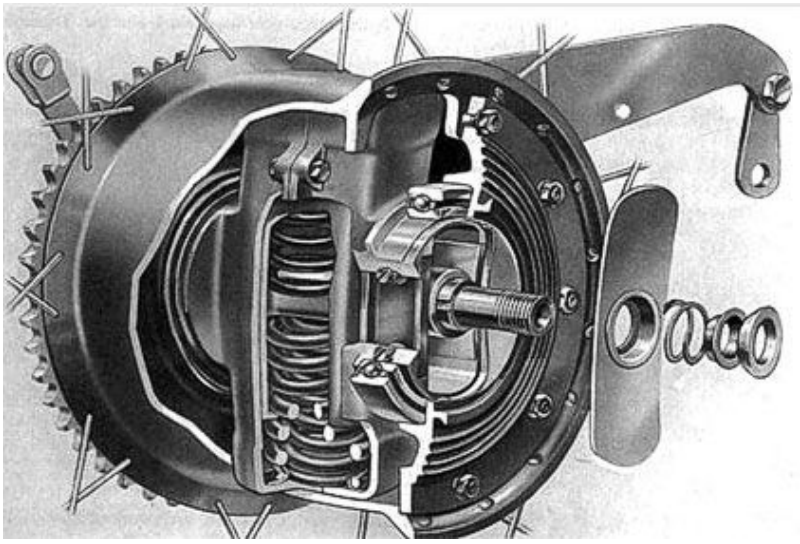
Odbudowa nie miała sensu. Jedyną iskierką radości było to, że ocalała zabytkowa katedra, znajdująca się bardzo blisko fabryki. Ogromny zakład przy Priory Street przestał istnieć. Znaleziono inne miejsce, mniej atrakcyjne dla niemieckich lotników, stosunkowo blisko Coventry, leżące przy szosie do Birmingham. Rozpoczęto budowę nowej fabryki w Meriden.

Już podczas wojny postanowiono zrezygnować w powojennym Speed Twinie z magdyna – iskrownika zintegrowanego z prądnicą, oraz trapezowego przedniego zawieszenia. Opracowano również ciekawy system resorowania tylnego koła.

W imponującym tempie powstawała nowa fabryka. Produkcja motocykli musiała jednak ulec jeszcze poważniejszemu zmniejszeniu, ponieważ RAF zamówił dużą ilość agregatów prądotwórczych wykorzystujących silnik Twin. Zmodyfikowana do tego celu jednostka miała aluminiowy cylinder oraz głowicę.

Skończyła się wojna i fabryka w Meriden ruszyła z produkcją cywilną. Rodzina Speed Twina już zdobyła odpowiednią renomę wśród klientów i chętnych na nowy, lepszy niż przed wojną motocykl nie brakowało. Firma wprowadziła opracowane wcześniej zmiany: widelec teleskopowy, prądnicę w przedniej części silnika, a z tyłu niezawodny iskrownik. Niestety na nowe motocykle trzeba było czekać co najmniej trzy miesiące. Większość produkcji zakładu wysyłano do USA, w ramach spłaty wojennych kredytów.

Miłośników sportów motocyklowych nieco zmroziły słowa Eda Turnera, który kilkakrotnie

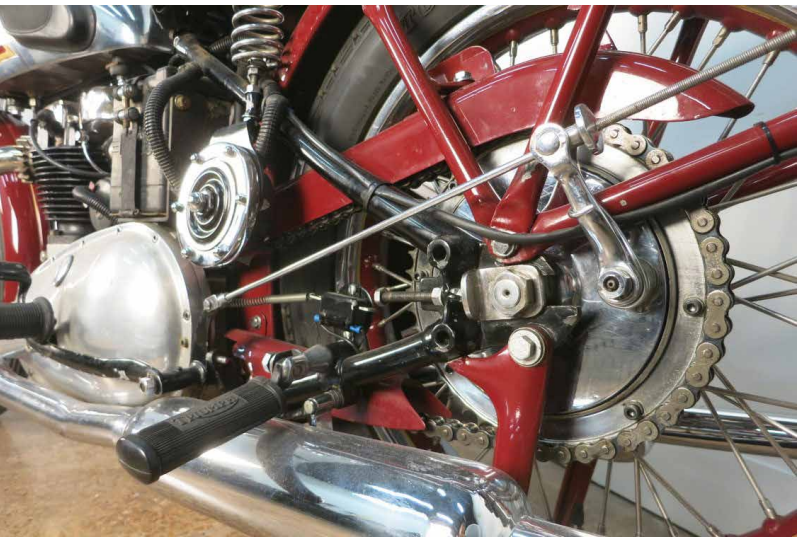


Zawieszenie tylne typu *sprung hub*, projektu Edwarda Turnera, zapewniało skok ok. 5 cm

powtarzał, że Triumph nigdy nie będzie budować jednostkowych, kosztownych motocykli wyścigowych. – Nasz motocykl można kupić w salonie i po niewielkich zmianach wyjechać na tor. Na pewno nie będzie ostatni – twierdził. Szybko okazało się to prawdą. Zanim po wojnie w 1947 roku powróciło Tourist Trophy (TT), w 1946 rozegrano Manx GP. Wyścig ten przebiega po tej samej górskiej trasie. Obecnie startują w nim zawodnicy trenujący przed TT oraz tacy, którzy po raz pierwszy chcą brać udział w najważniejszym wyścigu. Bez względu na licencje i wcześniejsze dokonania każdy jedzie w towarzystwie sędziego, który ocenia jego umiejętności, upewniając się, że nie przysporzy kłopotów podczas TT. Startują również uznani zawodnicy, którzy z różnych powodów, głównie finansowych, nie mogą ścigać się w czerwcowym TT.

W 1946 roku na Manx ruszył każdy, kto po koszmarach wojny chciał odreagować na torze, z zawodnikami Senior TT włącznie. Wygrał Ernie Lyons na Tigerze 100, czyli nieco wzmocnionej wersji Speed Twina (o nieco mniejszej mocy, lecz z jeszcze większym momentem obrotowym).

Do roku 1948 firma oferowała cztery modele: dwie trzysta pięćdziesiątki Tiger 85 i T85 oraz Speed Twina i wywodzącego się od niego Tigera 100. Zewnętrznie maszyny różniły się malowaniem, chociaż nie był to najpewniejszy sposób na ich rozpoznanie. Obok



Zespół tylnego koła z piastą zębatą, hamulcem bębnowym i zawieszeniem (źródło: nationalmcmuseum.org)

Zestaw wskaźników (źródło: nationalmcmuseum.org)

nielicznych, zamawianych w fabryce, innych kolorów właściciele często sami przemalowywali swoje maszyny, szczególnie gdy dostępne stały się lakiery typu metalic.

W roku 1948 stało się coś, czego nie przewidziała fabryka. Entuzjasta Nigel Spring postanowił powalczyć z Nortonem w najwyższej klasie TT. Wykorzystano agregaty prądotwórcze i motocykl dostał aluminiowy cylinder i głowicę. Poza fabryką powstał model Grand Prix w liczbie poniżej dziesięciu sztuk. Szybko okazało się jednak, że grupa entuzjastów nie jest w stanie walczyć z zespołami fabrycznymi.

Triumphy pozostały w swojej klasie Clubman Senior Trophy, gdzie dominowały. Klasę tę porównać można do obecnej klasy Superbike.

W 1950 roku silnik 5T zastąpił 5TA. Zniknęły prowadzone na zewnątrz silnika rurki, doprowadzające olej, pojawiła się aluminiowa głowica i wiele innych pozornie drobnych zmian. Z tyłu zamiast opatentowanego i dostępnego za dopłatą miękkiego zawieszenia typu *sprung hub*, pojawił się wahacz z dwoma amortyzatorami.

Warto wspomnieć, że nieżyjący już niestety nestor polskiego motocyklizmu, inż. Andrzej Kwiatkowski twierdził, że opatentowane zawieszenie tylne Triumpha lepiej działało niż większość ówczesnych rozwiązań z dwoma amortyzatorami.

W modelach po roku 1950 rozwiercono również silniki, oferując wersję 650 ccm. Pojawiła się również tzw. pluskwa, czyli charakterystyczna obudowa przedniej lampy, skopiowana później przez Junaka.

Rodzina Speed Twina doskonale sprawdzała się w codziennym transporcie, a w weekendy po kosmetycznych zmianach, takich jak np. usunięcie świateł, te same pojazdy mogły wygrywać wyścigi, rajdy, motocrossy i triale, aby znowu w poniedziałek bezpiecznie i szybko dowieść właściciela do pracy.

Nikt wtedy nie przewidywał, że równoległy silnik dwucylindrowy będzie się ciągle rozwijać i zostanie jednym z przebojów trzeciej dekady XXI stulecia. Oprócz konstrukcji japońskich stało się to udziałem rodziny Triumpha Bonnevilla, którego przodkiem był Speed Twin. Pozostała charakterystyczna sercowata osłona z prawej strony silnika i trójkątna *patent plate*, często nazywana serkiem. Elementy te stały się obecnie znakiem firmowym. Występują na koszulkach, naszywkach, plakatach itp.

W powojennej Polsce angielskie motocykle były ogromną rzadkością. Większość pozostawili właściciele niemieccy, szczególnie na tzw. ziemiach odzyskanych. Brytyjski Triumph był jeszcze większą rzadkością. Samo posiadanie prywatnego motocykla stawało się wyzwaniem. Niełatwo było go zarejestrować, a do tego w każdej chwili mógł być skonfiskowany, chociażby na miejskich rogatkach, przez żołnierzy lub milicjantów.

Jak opowiadał wyścigowy mistrz Polski z początku lat pięćdziesiątych, Adam Jaworczykowski, motocykl

BMW, który dowoził go na podium, znaleziony został w jednym z bunkrów Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego. Na temat procedur uznania go za własność i rejestracji nie chciał zbyt wiele opowiadać. Była to droga przez mękę.

Zdarzały się poniemieckie BSA i Nortony. Te ostatnie bywały zmontowane śrubami w systemie metrycznym, ponieważ w fabryce przeznaczono je na eksport na kontynent. Model 5T, jeżeli znalazł się w kraju, to zwykle przemycany bywał na statkach. Nieliczne maszyny zajeżdżono w sporcie. Dopiero u schyłku lat pięćdziesiątych Polski Związek Motorowy zaczął sprowadzać zagraniczne maszyny dla zawodników.

Zachęcony zmianami, jakie zaczęły zachodzić w Polsce po słynnym przemówieniu Władysława Gomółki, weteran formacji pancernych ostatniej wojny, inż. Jan Białecki, Speed Twinem 5T powrócił do kraju. Szybko jednak okazało się, że zapewnienia towarzysza Wiesława nie bardzo odpowiadają rzeczywistości. Mimo to inżynier pozostał w PRL. Motocykl dzielnie służył jemu i jego synowi do lat siedemdziesiątych, chociaż dostęp do części był zerowy. Uszkodzona podczas drobnego wypadku rura wydechowa, o średnicy 1 3/8 cala, została dorobiona w międzyrzeckim zakładzie inżynieryjnym, którego inżynier został w końcu dyrektorem. Dorobienie takiej samej w Polsce w 2020 roku stało się niemal niemożliwe, a koszty wygięcia i chromowania – kosmiczne. Oferowano próbę wykonania takiej rury z pospawanych elementów ze stali nierdzewnej. Nie pasowałoby to do motocykla. Do dzisiaj rury Triumphów zabarwiają się na zgięciach na lekki fiolet. Stal nierdzewna pod wpływem temperatury nabiera zupełnie innego koloru. Na szczęście obecnie za ułamek kosztów takiego dorobienia można kupić oryginalną rurę wydechową, z magazynu w Anglii lub Austrii. Dzięki temu, że Austria jest w Unii Europejskiej, zakupy tam są najtańsze. Pozostałe oryginalne części również są dostępne, nawet tłumiki do modelu 5T, różniące się kształtem od tych z 5TA. Nic dziwnego, w Austrii przez wiele lat była centrala marki Norton-Triumph na kontynentalną Europę.

Charakterystyczna *patent plate* stała się ważnym elementem wizerunku marki (źródło: nationalmcmuseum.org)

Motocykl zmienił kolor z tradycyjnego szkarłatu na lazurowy metalik, produkowany w latach sześćdziesiątych. W tych latach lakier metaliczny stał się bardziej dostępny i wiele maszyn zmieniało kolor. Szczególnie te używane w sporcie. Co ciekawe, stary metalik po drobnych zabiegach kosmetycznych lśni dzisiaj jak nowy; nie było konieczności przemalowania np. na kolor z nowej palety firmy Pacific Blue. Powrót do oryginalnego szkarłatu nie był brany pod uwagę. Motocykl bowiem jest nie tylko świadkiem historii marki, lecz również historii rodzinnej.

Triumph trafił do mojego garażu w połowie lat siedemdziesiątych. Wcześniej po śmierci właścicieli stał kilka lat nieużywany. Z ogumienia zeszło powietrze, rdza coraz śmielej rozwijała się na obręczach kół i układzie wydechowym. Po decyzji, że maszyna przemieści się z Międzyrzecza do

Gorzowa, nie posiadałem się ze szczęścia. Niemal natychmiast przepchnęliśmy ją z kolegą na pobliski dworzec kolejowy, na którym „pod parą" czekał pociąg towarowy, akurat w naszą stronę. Maszynista lokomotywy zgodził się zabrać motocykl pod warunkiem, że go władujemy do jego kabiny i na miejscu wyładujemy. Po chwili zrozumieliśmy lekko złośliwy uśmiech rozmówcy. Maszyny nijak nie dało się wsadzić do parowozu.

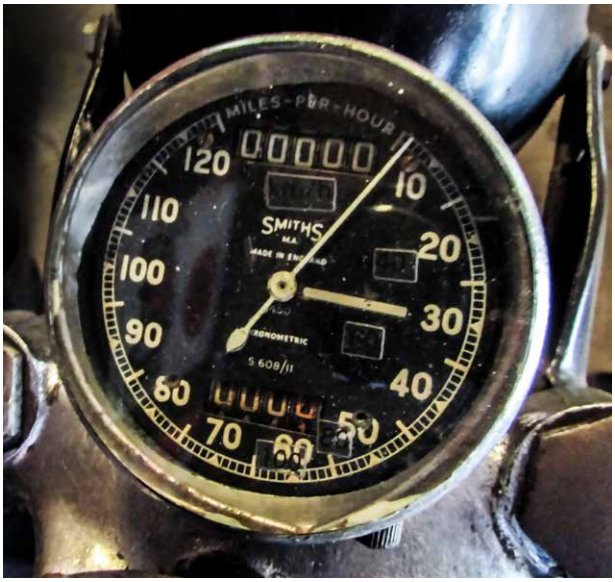
– Nadajcie na bagaż, jako przesyłkę ekspresową – poradził maszynista. Było to najlepsze wyjście w tej sytuacji. W kasie bagażowej trochę się krzywili, ale w końcu przyjęli przesyłkę. Po dwóch dniach, zgodnie z datą wypisaną na kwicie PKP, maszyna znalazła się pod moim garażem.

– Co tam zniszczone ogumienia, trzeba sprawdzić silnik – zdecydowałem. Szybka wymiana oleju, co w układzie suchej miski jest bardzo proste, etylina 94 do zbiornika, żadnego czyszczenia gaźnika i próbuję. Za drugim kopnięciem silnik kaszlnął, za trzecim zaczął pracować. Po kilku minutach obroty się wyrównały, nastąpiły prawidłowe reakcje na dodanie gazu – otwieranie przepustnicy, a ze skorodowanych tłumików zaczął dochodzić dźwięk mylący sąsiadów. – A to ty Rysiu, a ja myślałam że jest żużel i nic o tym nie wiem – mówiła jedna z sąsiadek, przechodząca wtedy nieopodal (podobnie jak większość mieszkańców miasta kibicowała klubowi żużlowemu Stal Gorzów).

Motocykl w domu, czas na jego renowację. Jej początek to płukanie, czyszczenie i pomiary zużycia elementów silnika, w tym pomiar ciśnienia sprężania. Wszystko okazało się zgodne z fabryczną specyfikacją. Problemem stał się łańcuch i koła zębate. Okazało się, że potrzebny rozmiar występuje w kombajnach i można kupić go na metry. – Jaki ma być, szybko- czy wolnobieżny? – zapytał pan w Agromie. Mocniejszym okazał się szybkobieżny. Opuściłem sklep szczęśliwy, niosąc cztery metry łańcucha. Po długich poszukiwaniach okazało się, że calowe koła zębate mogą dorobić w Zakładach Mechanicznych. W ZWCH Stilon powstały nowe uszczelniacze przedniego zawieszenia, znalazły się też calowe łożyska. Problemem dotąd nierozwiązanym było chromowanie. Dorabiana rura wydechowa pokryta rdzą rzucała się w oczy i szpeciła motocykl. Malowanie tzw. srebrzanką niewiele zmieniło. Czarny lakier termoodporny nie był w kraju dostępny, nawet w Pewexie. Z pomocą znowu przyszła kolej. Okazało się, że lokomotywy parowe malowane są właśnie taką farbą. Rura stała się czarna. Nie odnowiła się, ale nieco „zniknęła".

Wszystko odbywało się na zasadzie tzw. fuch. Często wiedzieli o tym szefowie firm, lecz nie robili problemów. Wykonawcy fuch bardzo często nie chcieli żadnej gratyfikacji.

Nie było za to najmniejszego problemu z ogumieniem. Opony 3,25 i 3,5 na 19 używano np. w Junaku



Tu i na następnej stronie: oryginalny *pre-war* Triumph 5T Speed Twin autora

i były produkowane w Polsce. Chciałoby się oryginalnych Speedmasterów, ale należało się cieszyć z tego co jest.

Było za to trochę problemów z prądem. Nieco sfatygowaną 6-voltową prądnicę Lucasa przewinął w swojej piwniczce specjalizujący się w tym rzemieślnik, za niewielką opłatą.

Tak wyglądała renowacja motocykla w PRL lat siedemdziesiątych. Obecnie Stilon, który wtedy zatrudniał niemal 15 000 pracowników, stał się malutką fabryczką, produkująca popularną przędzę. Zniknęły wydziały automatyki, mechaniki, produkcji taśmy i dyskietek, oraz kordu do opon samochodowych. Zakłady Mechaniczne produkujące ciągniki nie istnieją. Zanikło również wyspecjalizowane rzemiosło. Nie ma zegarmistrzów, którzy potrafią naprawić bezwładnościowy szybkościomierz, ani fachowców, którzy potrafią naprawić nietypową prądnicę. Za to za granicą można kupić oryginalne części z dawnych magazynów w Meriden lub dorabianych w firmie nieżyjącego już Lesa Harrisa.

Maszyna nieraz potwierdzała swoją niezawodność. Umieszczone na zbiorniku zegary ciśnienia oleju i amperomierza, oprócz czyszczenia nie przeszły żadnej renowacji. Podobnie jak szybkościomierz firmy Smith. Wszystko ciągle działa, podobnie jak nieserwisowany iskrownik.

W latach osiemdziesiątych, gdy z częściami nadal było krucho, posłuszeństwa odmówiło sprzęgło sterowane rzemieślniczą, zmodyfikowaną linką. Motocykl z niemal stojącego startu na czwartym biegu bez przeszkód pokonał niemal 10% górkę niechlujnie brukowaną drogą i wrócił do garażu. Przypomniało się stare reklamowe hasło: *It's easy on a Triumph.*

Montaż nowych kół znakomicie ułatwił mi uniwersytet w Bristolu, który za darmo udostępnił bogatą literaturę na temat różnic w układzie i grubościach szprych, w zależności od przeznaczenia motocykla – do zwyczajnej jazdy, wyścigów i sportów terenowych.

Po jazdach nieznacznie kapie olej z silnika, a cały czas z obudowy sprzęgła. Jeden z weterańskich autorytetów stwierdził, że „anglik" ma kapać. Jak przestanie trzeba dolać oleju. Nie kapią tylko japończyki. – Nie kombinuj jak to usunąć – doradził pod koniec rozmowy. Nie usunąłem.

Obecnie skarbem dla posiadaczy modeli z silnikami 5T jest Racing Kit. Skrzynka zawierająca wyścigową kierownicę, tzw. megafonowe układy wydechowe, suche sprzęgło, dwa gaźniki wraz z kolektorami, kute tłoki, twarde sprężyny zaworowe itp. O ile poszczególne części występują, to kompletna skrzynka jest już niedostępna. Jak mówią koledzy z brytyjskiego klubu Triumpha, skrzynki zjadły korniki.

Opisywany motocykl jest chyba jedynym modelem 5T tzw. *pre-war* w Polsce. Kilka lat temu w Czechach spotkałem podobny, pomalowany na czarno model. Poza tym w ekspozycjach zagranicznych spotkać można głównie następców pierwszego Speed Twina, modele 5TA.

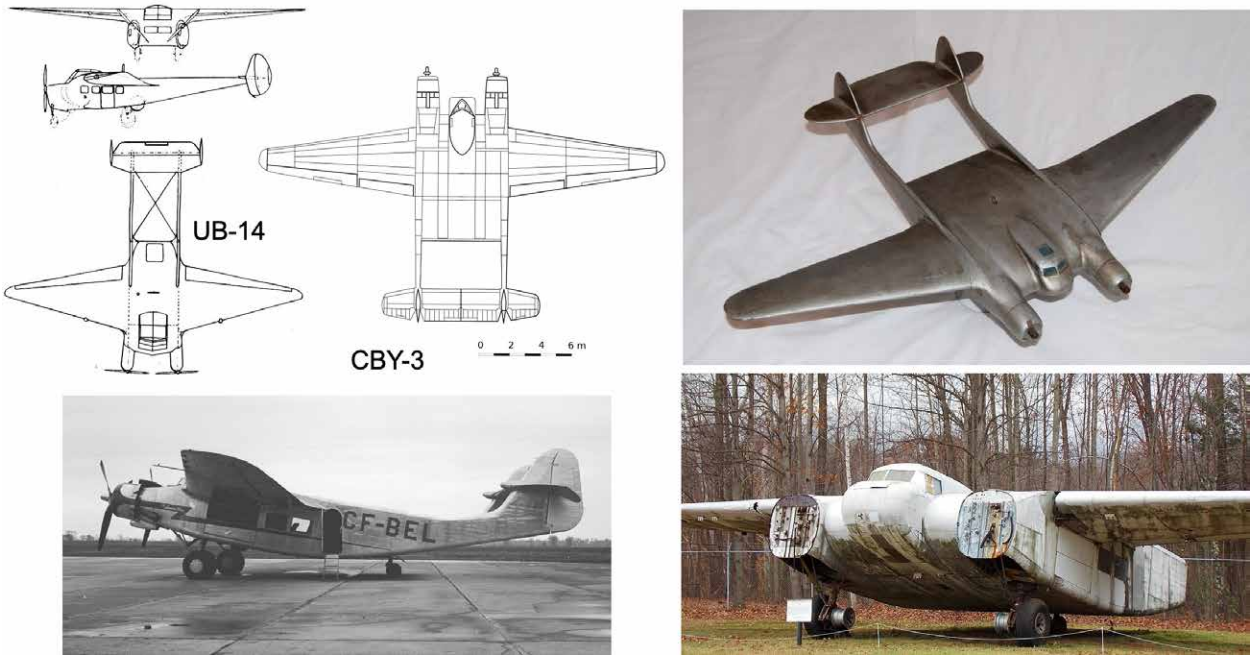
Ryszard Romanowski

Latające skrzydła oraz konstrukcje do nich zbliżone – *rozwiązania techniczne i wybrane patenty* cz. 2

Kontynuujemy cykl przedstawiający wybrane projekty i koncepcje dotyczące samolotów w układzie latającego skrzydła oraz konstrukcje do nich zbliżone.

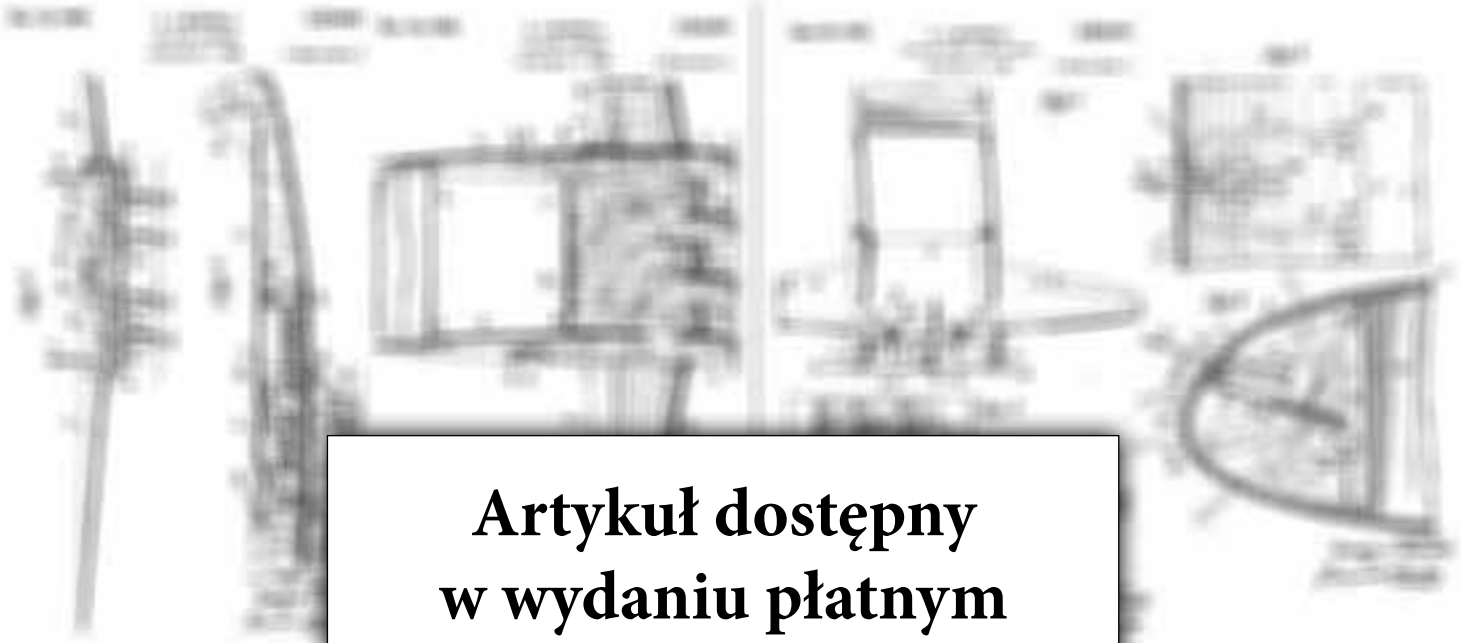
Jakub Marszałkiewicz

Warty odnotowania jest samolot UB-14 z 1934 roku. Miał on chowane podwozie i był napędzany dwoma silnikami gwiazdowymi Pratt & Whitney Hornet o mocy 570 KM każdy. Zamknięty kokpit dla dwuosobowej załogi znajdował się na górnej powierzchni centropłata. Kabina mieściła od 14 do 18 pasażerów. Pierwszy prototyp, UB-14, został zniszczony w wypadku w 1935 roku, którego przyczyną była nieprawidłowa obsługa naziemna układu sterowania lotkami. Następnie Burnelli opracował ulepszoną wersję UB-14B, która została zbudowana na licencji w Wielkiej Brytanii przez zakłady Cunliffe-Owen Aircraft. UB-14B otrzymał dwa silniki gwiazdowe Bristol Perseus XIVC i brytyjskie oznaczenie Cunliffe-Owen OA-1. Znane jest także zdjęcie makiety promocyjnej z silnikami rzędowymi w opływowych osłonach.



Rys. 13 Burnelli UB-14 oraz CBY-3. Po prawej u góry model do prób w tunelu aerodynamicznym oraz jedyny egzemplarz w muzeum przed renowacją[1]. Kabina pilotów przypomina nieco przód kadłuba samolotów Douglas DC z tamtego okresu

1 de.wikipedia.org/wiki/Burnelli_CBY-3 oraz en.wikipedia.org/wiki/Burnelli_CBY-3



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Obrabiarki: projektowanie kinematyki

Zdecydowana większość obrabiarek ma dwa ruchy napędowe, ruch główny – roboczy i ruch posuwowy. Zdarzają się od tego schematu odstępstwa, np. przy zastosowaniu narzędzia kształtowego występuje tylko ruch główny, a z kolei w przypadku narzędzia wieloostrzowego obrotowego, gdy ruch główny jest ruchem biernym, wtedy istnieje konieczność zastosowania dwóch ruchów posuwowych. O pewnych aspektach związanych z projektowaniem układów kinematycznych obrabiarek piszemy w tym artykule.

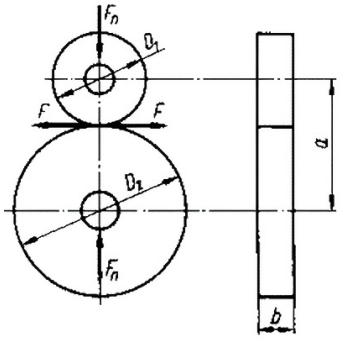
Aleksander Łukomski

W obrabiarkach konieczne jest dobieranie szybkości skrawania i wielkości posuwu w zależności od rodzaju obróbki. Może się to odbywać bezstopniowo lub skokowo. Zmiana prędkości w sposób bezstopniowy umożliwia optymalny dobór warunków skrawania. Jednak wykorzystanie tej niewątpliwej zalety i jej zastosowanie jest ograniczone, ze względu na znacznie większy koszt takiego rozwiązania, na trudności w przenoszeniu większych mocy i na małą rozpiętość przełożeń itp. Mimo tych ograniczeń napędy te są stosowane w niektórych obrabiarkach. Jednak w zdecydowanej większości obecnie użytkowanych obrabiarek zmiana prędkości odbywa się skokowo. Właściwy dobór warunków skrawania uzależniony jest wtedy od liczby stopni prędkości oraz od sposobu ich uszeregowania. Umożliwiają to skrzynki przekładniowe, które są tym elementem napędu pomiędzy silnikiem, a wrzecionem lub zespołem posuwowym obrabiarki, gdzie poprzez przesterowanie ręczne za pomocą dźwigni lub sprzęgieł, albo sterowanie zmechanizowane lub skomputeryzowane, dobiera się najbardziej optymalne parametry obróbki.

Projektowanie skrzynek przekładniowych obrabiarek jest zagadnieniem bardzo obszernym, obejmującym wiele aspektów, takich jak koła zębate, przekładnie pasowe, silniki elektryczne, sprzęgła, wałki, wielowypusty, sterowanie i inne, oraz cały obszar wiedzy doświadczalnej w tworzeniu pewnych konfiguracji zespołów do budowy takich skrzynek, wypracowanej przez wiele lat stosowania obrabiarek. Duża część tej wiedzy zawarta jest w różnych poradnikach, podręcznikach i innych tekstach. Tu ze względu na ramy artykułu omówimy ogólną metodykę projektowania głównie przekładni zębatych, wraz z niektórymi zaleceniami praktycznymi.

Ogólne wymagania projektowe dotyczące skrzynek przekładniowych:

- możliwie małe wymiary skrzynki — co uzyskuje się poprzez ograniczenie wielkości przełożeń cząstkowych, małe szerokości kół zębatych oraz zwartą budowę przekładni;
- duża sztywność wałów na zginanie i skręcanie;



Rys. 1 Schemat przekładni ciernej

Koła cierne są dociskane między sobą siłą F_n
Zależność między F_n a przenoszoną siłą obwodową F, równą sile tarcia, wynosi:

$$F_n \cdot \mu = \beta \cdot F$$

μ – współczynnik tarcia;
β – współczynnik pewności β = (1,4 – 2)

- małe opory ruchu uzyskiwane przez łożyskowanie wałów przeważnie toczne;
- spokojna i cichobieżna praca, co uzyskuje się przez zastosowanie kół z zębami utwardzanymi i szlifowanymi, wykonanych z wysokogatunkowych stali stopowych i dokładne wykonanie położenia otworów pod łożyska w korpusach, najlepiej niedzielonych.

Skrzynki przekładniowe można podzielić na trzy podstawowe typy:

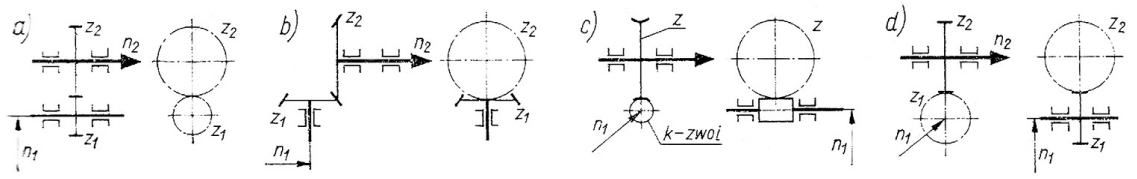
- skrzynki przekładniowe wbudowane w korpus obrabiarki, stosowane w większości obrabiarek ogólnego przeznaczenia;
- skrzynki przekładniowe w oddzielnym korpusie (reduktorze), który po całkowitym zmontowaniu łączy się z korpusem nośnym obrabiarki lub wrzeciennika, stosowane w wielu obrabiarkach, też specjalnych np. zespołowych;
- skrzynki przekładniowe jako oddzielne zespoły ustawiane – albo obok obrabiarki, albo wewnątrz korpusu obrabiarki, ale na oddzielnej konstrukcji izolującej drgania.

Skrzynki przekładniowe mogą być stałe, które są nieprzełączalne i mają przełożenie tylko o jednej wartości. Przekładnie przełączalne są podstawowymi przekładniami skrzynek prędkości i posuwów, które pozwalają uzyskiwać z jednej prędkości obrotowej na wałku wejściowym szereg prędkości obrotowych na wałku wyjściowym. Jeżeli skrzynka prędkości stanowi jeden zespół konstrukcyjny z wrzecionem to nazywana jest wrzeciennikiem. Skrzynki przekładniowe buduje się z pewnych zespołów i elementów wypracowanych przez wiele lat stosowania przekładni. Są to przykładowo koła zębate przesuwne tworzące dwójki przesuwne wąskie lub szerokie. Podobnie tworzy się trójki i czwórki przesuwne. Stosuje się też przekładnie sterowane sprzęgłami. Wypracowano rozwiązania dla przekładni zwrotnych i odboczkowych oraz wielu innych rodzajów przekładni.

Pewne możliwości rozszerzenia parametrów obróbczych przy zastosowaniu stałych przełożeń w skrzynkach przekładniowych daje zastosowane silnika elektrycznego wielobiegowego lub zastosowanie falownika, albo specjalnego układu sterowania silnikiem elektrycznym, w celu uzyskania bezstopniowej zmiany obrotów silnika. Jest to jednak najczęściej związane z częściową utratą momentu obrotowego. Są już jednak dostępne rozwiązania elektrowrzecion mające stały moment w zakresie obrotów od 0,1 do 3000 obr./min.

Występują jeszcze inne rodzaje przekładni, jak np. cięgnowe czy łańcuchowe, obecnie rzadziej stosowane w obrabiarkach.

Podobnie przekładnie cierne, które też rzadko, ale są stosowane w obrabiarkach, np. piłach do cięcia metali i niektórych obrabiarkach specjalnych. Są to często ciekawe konstrukcje, które mają



Rys. 2 Przykłady przekładni stałych zębatych: a) walcowa, b) stożkowa, c) ślimakowa, d) wichrowata

Zalety przekładni ciernych	Wady przekładni ciernych
• prosta konstrukcja, • cichobieżność i brak obciążeń dynamicznych przy dużych prędkościach obrotowych, • duże rozpiętości przełożenia, • poślizg w momencie wzrostu założonego momentu obrotowego – awaryjnego.	• duże obciążenia wałów i łożysk, wynikające z założonego konstrukcyjnie docisku kół, • brak równomierności przełożenia spowodowany poślizgiem, • niezbyt duża sprawność, • mała możliwość łagodzenia nierównomierności obciążenia, • duża ilość wytwarzanego ciepła, dość trudna w usunięciu.

szereg zalet. Przekładnie te tworzy się przez zastosowanie kół gładkich (bez zębów) wzajemnie dociskanych do siebie siłą Q i przenoszących moment obrotowy za pomocą obwodowej siły tarcia. Przekładnie te występują w wielu różnych wariantach konstrukcyjnych, ale w obrabiarkach w zasadzie są to przekładnie o kołach walcowych.

Koła tych przekładni wykonuje się z materiałów, które podczas działania siły tarcia ulegają w punktach styku odkształceniom sprężystym, nieco uginając się. Spowodowane jest to odpowiednimi odległościami pomiędzy otworami łożysk wałków przekładni zapewniającymi docisk kół. Docisk kół i ich szerokość oraz współczynnik tarcia dobiera się i oblicza wg odpowiednich wzorów. Przełożenie geometryczne w przypadku współpracujących kół to stosunek średnic współpracujących kół.

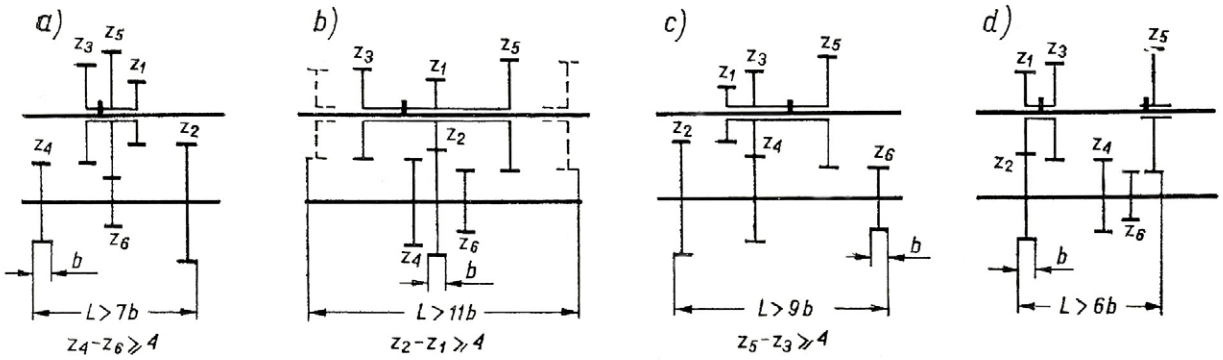
Występują przekładnie cierne proste (jedna para kół) i złożone (dwie lub więcej przekładni prostych). Przekładnie złożone mogą być wielostopniowe – z szeregowym ustawieniem przekładni pojedynczych lub wielorzędowe – z równoległym ustawieniem przekładni pojedynczych. Orientacyjne parametry przekładni ciernych:

- prędkość obwodowa V ≤ 25 m/s,
- przełożenie 1 do 10,
- sprawność η ≤ 98%.

Na koła cierne w obrabiarkach stosuje się w zasadzie stal ze smarowaniem olejem. W innych maszynach można spotkać inne materiały pary ciernej, np. żeliwo po żeliwie, tworzywa sztuczne lub stal-guma.

Jest wiele rozwiązań przekładni ciernych, np. o stałym przełożeniu lub zmiennym, z elementem pośrednim np. krążkiem, rolką, kulą, pierścieniem lub stykiem bezpośrednim, stożkowe, wewnętrzne lub inne.

Poza obrabiarkami – piłami lub prasami, spotyka się te przekładnie w innych maszynach np. przenośniku płytowym stosowanym do montażu głównego w fabryce samochodów, a opisanym **w jednym z wcześniejszych wydań naszego czasopisma**.



Rys. 3 Przykładowy zespół przekładni z kołami przesuwnymi – trójka przesuwna; a) wąska, b) szeroka, c) stopniowana kolejno, d) rozdzielona

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Zrównoważony niedorozwój

Moje ulubione drzewo – leszczyna, leszczyna; jak ją za mocno przygiąć w lewo – to w prawo się odgina **– śpiewał przed laty Wojciech Młynarski. U nas (i nie tylko u nas) przez ostatnie dekady tak się wszystko dokoła przygięło w lewo, że niektórzy nie znają innego świata, jak tylko ten koślawy, przekrzywiony w myśl postępowych wytycznych.**

Tomasz Gerard

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

PRENUMERATA

PRENUMERATA ROCZNA

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

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

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

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, Rondo Daszyńskiego 1 | 00-843 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