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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

1/2 (196/197) styczeń/luty 2024

- Wpływ płynu chłodniczego na funkcjonowanie układu chłodzenia
- System jednorurowy (STS) w wierceniu głębokich otworów
- Szlifowanie powierzchni płasko-równoległych

Podesty, pomosty i inne konstrukcje technologiczne dla maszyn

Aspekty montażu przemysłowego samochodów

W tym wydaniu:

ASPEKTY MONTAŻU PRZEMYSŁOWEGO SAMOCHODÓW

Produkcja wyrobów metalowych w zdecydowanej większości polega na wykonywaniu w fabryce części i ich montażu w konkretną całość, np. maszynę. Są jednak sytuacje, gdy wykonane w fabryce części są montowane w konkretny wyrób gdzieś indziej, w innym kraju lub nawet na innym kontynencie.

Układy napędowe samochodów elektrycznych: *z przeszłości w przyszłość*

W Stanach Zjednoczonych na przełomie XIX i XX stulecia samochody z napędem elektrycznym stanowiły 38% rynku motoryzacyjnego, podczas gdy pojazdy z napędem spalinowym – zaledwie 22%.

Wiercenie głębokich otworów; cz. 2: System jednorurowy

Zespół tłumika mocowany jest w podtrzymkach stałych, dostarczanych zazwyczaj w zestawie przez producenta obrabiarki. W przypadku tłumików do głębokiego wiercenia dla zapewnienia pełnego kontaktu rury wiertarskiej wykorzystywane są tuleje fenolowe, które wytwarzane są pod konkretną średnicę rury.

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 1/2 (196/197)
styczeń/luty 2024

rok XVIII
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

fot. na okładce: usertrmk /Freepik.com

ITER © 2024

Drodzy Czytelnicy,

Człowiek szczęśliwy stara się dzielić swoim szczęściem z innymi, rozsiewa wokół promienie radości, dobra, uniesienia. Można powiedzieć, że taki ktoś zaraża innych swoim szczęściem, wydobywa z nich ich lepsze strony, dodaje otuchy, nadziei.

Ale nie na wszystkich tak to działa. Osoba wiecznie niezadowolona, zgryźliwa, gdy spotka się z takim promieniującym szczęściem to poczuje raczej zawiść, zazdrość. Sienkiewicz pisał, że taka osoba, gdy jej bliźniego dotknie nieszczęście to mówi: „palec Boży", a gdy się komu szczęście zdarzy, to mówi: „ślepy traf". Ktoś taki, odporny na radość, również potrafi zarażać innych, tyle że swoją zgorzkniałością.

To co się dzieje w kraju i na świecie nie napawa radością, wręcz przeciwnie, budzi odczucia zgoła odmienne, czasem wręcz wyzwala okrutne instynkty, jednych pobudza do gniewu, innych przygnębia. Czy jednak nie znajdziemy powodów do radości w naszym codziennym życiu? *Nie idzie tu bynajmniej o hałaśliwą wesołość tego świata* – jak tłumaczy o. Jacek Woroniecki – *której ludzie szukają z taką łapczywością w różnego rodzaju rozrywkach, nieraz nawet niegodziwych; przez którą starają się uciec od nudy, smutku, cierpienia lub nawet rozpaczy, których świat utulić nie zdoła i które chcą zagłuszyć w jego hałasie*.

Źródła radości można przecież odnaleźć w naszych rodzinach, dzieciach, bliskich, w naszym dotychczasowym życiu, w pięknie Bożego stworzenia, w muzyce, literaturze, w wyznawanej wierze.

Tacy, którym cudza radość jest solą w oku, zawsze byli, są i pewnie będą, ale nie należy poddawać się złym emocjom, choć pewnie to by ich zadowoliło.

Mimo przeciwności, kłopotów czy też niedoli, starajmy się z wdzięcznością traktować te wszystkie źródła radości i zwracajmy bardziej uwagę na dobro niż na zło.

Zapraszam do lektury kolejnego wydania naszego magazynu,

Przemysław Zbierski

Spis treści

Nr 1/2 (196/197)
STYCZEŃ/LUTY 2024

Druk 3D z metalu... w kosmosie 5

Włókna z dwutlenku węgla 6

Robot czytający alfabet Braille'a 6

Cichy samolot naddźwiękowy 7

Nowy akumulator litowo-jonowy 8

Pofalowane skrzydła 8

Bezpieczne separatory akumulatorów 10

Atrament strukturalny 10

Czujnik bez zasilania 12

Koła i opony ze zintegrowanym łańcuchem śnieżnym 12

Podesty przemysłowe, pomosty, schody i inne konstrukcje technologiczne dla maszyn 14
Aleksander Łukomski

Wiercenie głębokich otworów (*deep hole drilling*); cz. 2: System jednorurowy 24
Jacek Szuba

Nowości dla motoryzacji na CES 2024 29
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Rola płynu chłodniczego i jego wpływ na funkcjonowanie układu chłodzenia; teoria i praktyka 32
Mariusz Ambroziak

Obliczenia stosowane dla łożysk napędów pojazdów elektrycznych w odniesieniu do łożysk stożkowych zmniejszających zużycie paliwa 42
Jean Merckling

Szlifowanie powierzchni płasko-równoległych z kinematyką docierania 49
Adam Barylski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Aspekty montażu przemysłowego samochodów 52
Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Identyfikacja i dobór pierścieni uszczelniających o-ring 56
Jerzy Mydlarz — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Symulacje MES: Implicit vs. explicit 58
ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Układy napędowe samochodów elektrycznych: z przeszłości w przyszłość 60
Jacek Zbierski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

de Havilland Vampire – pierwszy jednosilnikowy myśliwiec odrzutowy 62
Ryszard Romanowski

Szlachetne zdrowie 67
Tomasz Gerard — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Druk 3D z metalu... w kosmosie

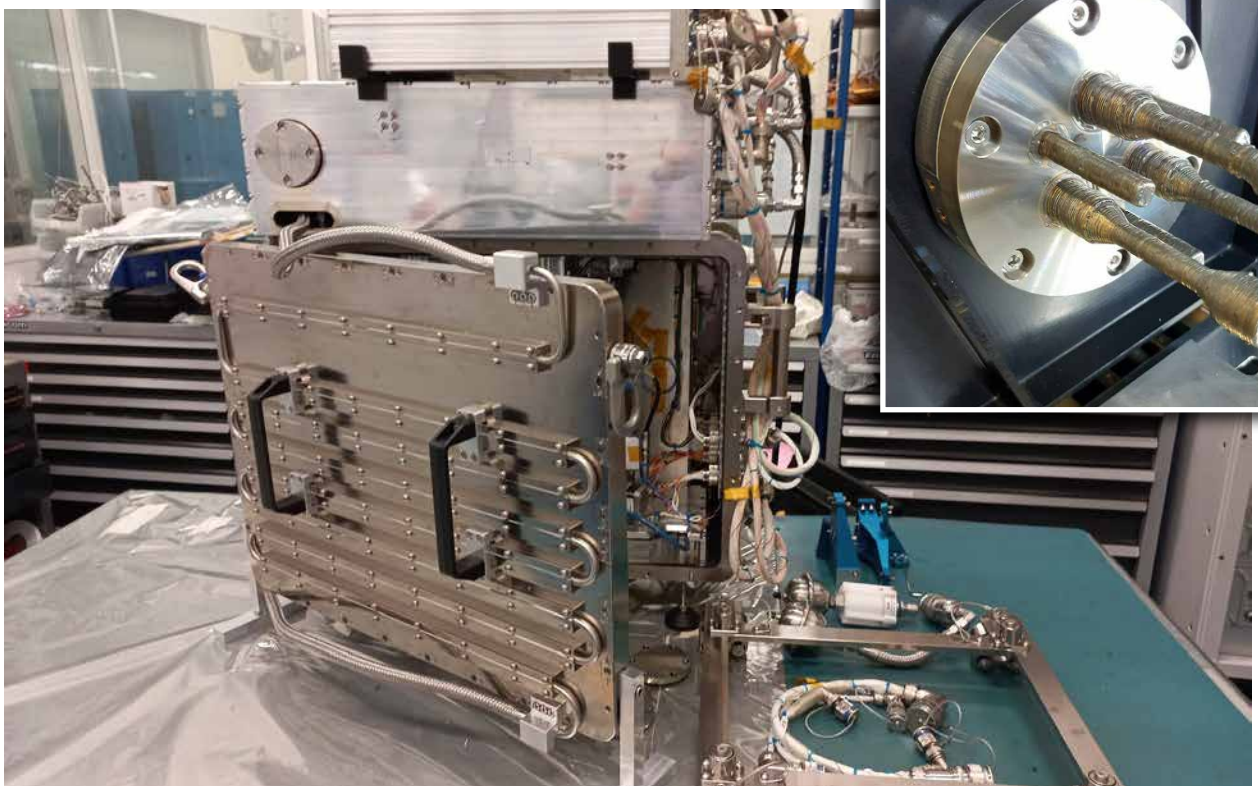
30 stycznia 2024 r., w ramach misji Cygnus NG-20, na pokładzie rakiety SpaceX Falcon 9 w drogę na Międzynarodową Stację Kosmiczną wyruszył nietypowy ładunek. Ważące około 180 kg urządzenie do druku 3D z metalu, opracowane przez inżynierów Airbus, to pierwsza tego typu drukarka. Już wcześniej na MSK uruchomiono eksperymentalne urządzenia do badania technologii druku przestrzennego z tworzyw sztucznych (zobacz artykuł: **Technologie przyszłości: zastosowanie wytwarzania przyrostowego na potrzeby eksploracji przestrzeni kosmicznej**). Druk z metalu jest jednak znacznie bardziej wymagający.

Jako pierwszy stop metalu do wytwarzania przyrostowego w kosmosie wybrano stal nierdzewną (temperatura topnienia powyżej 1400 °C). W procesie druku laserowego przetop zachodzi jedynie na niespełna milimetrowej powierzchni, jednak należało dołożyć wszelkich starań, aby proces na pokładzie stacji kosmicznej mógł przebiegać bezpiecznie. Urządzenie wyposażono w specjalny system wentylacji. By zapobiec utlenianiu stali, hermetycznie zamknięta przestrzeń robocza drukarki wypełniana jest azotem.

W ramach programu badawczego na pokładzie MSK planowane jest wydrukowanie czterech detali testowych, które zostaną następnie sprowadzone na Ziemię i porównane z analogicznymi, uprzednio wydrukowanymi próbkami. Eksperyment ma na celu dostarczenie informacji o wpływie warunków panujących na pokładzie statków kosmicznych, między innymi stanu nieważkości – na proces druku i strukturę otrzymanych detali.

Długofalowym celem prac jest opracowanie rozwiązań technologicznych umożliwiających produkcję części zamiennych na potrzeby serwisowania aparatury kosmicznej – bezpośrednio na orbicie, co wiązałoby się ze znaczną redukcją kosztów eksploracji kosmosu, z których duża część to koszty wynoszenia ładunków na orbitę okołoziemską.

esa.int

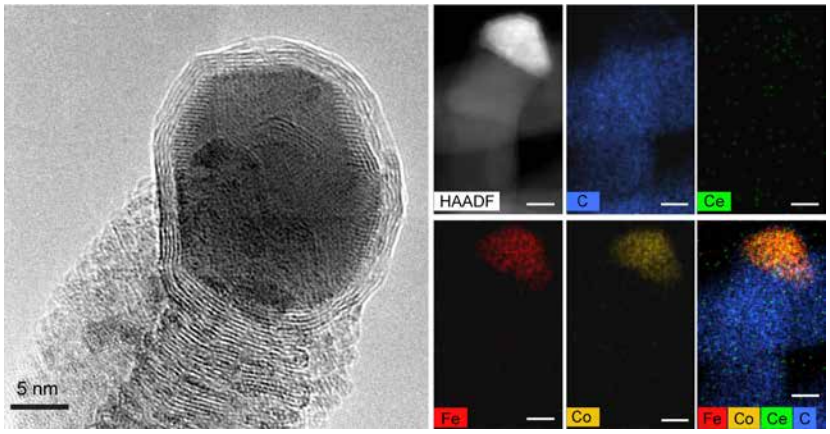


Włókna z dwutlenku węgla

Naukowcy z laboratorium narodowego Brookhaven DoE (Departamentu Energii USA) oraz uniwersytetu Columbia opracowali metodę uzyskania włókien i nanorurek węglowych z dwutlenku węgla. Podczas reakcji powstaje również wodór, który wykorzystać można jako paliwo alternatywne.

Zasadniczo przekształcenie gazu w nanowłókna węglowe wymaga tandemowych reakcji elektrochemicznych i termochemicznych. Dotąd podobne eksperymenty odbywały się w bardzo wysokich temperaturach, sięgających ponad 1000 °C, pod wysokim ciśnieniem. Opracowana metoda wymaga temperatur poniżej 400 °C i odbywa się w zwykłam ciśnieniu atmosferycznym.

Osiągnięcie sukcesu wymagało podziału reakcji na etapy. Pierwszym z nich było otrzymanie tlenku węgla przy użyciu katalizatora zawierającego pallad osadzany na węglu. Następnie działa aktywowany termicznie katalizator ze stopu żelaza i kobaltu.



Otrzymane włókna lub nanorurki mogą mieć wiele zastosowań. Profesor Jingguang Chen uważa, że warto dla nich znaleźć szersze zastosowanie w budownictwie, jako dodatek do betonu. Co istotne, w praktycznie każdym zastosowaniu włókna nadają się do recyklingu.

bnl.gov

Robot czytający alfabet Braille'a

Jednym z największych wyzwań dla robotyków jest skonstruowanie czujników tak czułych, jak opuszki ludzkich palców. Dotąd typowym chwytakom robotów nie można bez ryzyka powierzyć np. przeniesienia jajka. Nie udaje się sztucznie zastąpić miękkości ludzkich palców. Umiejętności manualne łatwe dla ludzi na razie są dla robotów niewykonalne.

Tymczasem inżynierowie z uniwersytetu Cambridge opracowali urządzenie, montowane na ramieniu cobota, które potrafi czytać alfabet Braille'a dwa razy szybciej niż człowiek. Istnieją czujniki, które potrafią odczytywać ten alfabet, ale jest to długi proces, litera po literze. Wykorzystano jeden z takich czujników i przy użyciu sztucznej inteligencji oraz algorytmów uczenia maszynowego opracowano metodologię szybkiego poruszania się po liniach.

W efekcie maszyna czyta 315 słów na minutę z dokładnością 90%. Podczas budowy wykorzystano wiele operacji, szczególnie aby usunąć rozmycie obrazu spowodowane ruchem. Opracowano algorytm fałszywego rozmycia, a następnie szukano kompromisu między szybkością a dokładnością. Być może utworzy to drogę do budowy precyzyjnych czujników o różnych zastosowaniach.

cam.ac.uk

Cichy samolot naddźwiękowy

Co jakiś czas pojawiają się rysunki koncepcyjnych samolotów pasażerskich przekraczających prędkość dźwięku. Na razie nic z tego w praktyce nie wynika. Entuzjaści zapominają historię pierwszej takiej maszyny – Concorde'a. Samoloty te wycofano nie tylko przez wypadek spowodowany brudnym pasem startowym, ale także ze względu na wysokie koszty. Rosły one dramatycznie, między innymi z powodu malejącej liczby lotnisk chcących ten samolot obsługiwać. Przyczyną były protesty mieszkańców związane z hałasem, wiążącym się ze zjawiskiem tzw. grzmotu dźwiękowego, jaki samolot generował podczas przekraczania bariery dźwięku. Dlatego też zabroniono lotów naddźwiękowych nad lądem.

Problem ten postanowiły rozwiązać NASA i Lockheed Martin. Po latach prac, w styczniu przedstawiono należący do agencji samolot eksperymentalny X-59 Quesst. Maszyna ma zebrać dane umożliwiające konstruowanie samolotów ponaddźwiękowych nie powodujących tego typu hałasu.

NASA zapewnia, że przekaże zebrane dane zarówno władzom lotnictwa cywilnego, jak i przemysłowi lotniczemu. Może to otworzyć drogę do powrotu samolotów pasażerskich przekraczających prędkość dźwięku na płyty lotnisk.

nasa.gov

X-59 z bliska
(fot. Lockheed Martin / Garry Tice)

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

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

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

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

REKLAMA

Nowy akumulator litowo-jonowy

Gładka warstwa elektrodepozycji litu

Wiele laboratoriów na świecie pracuje nad usprawnieniem akumulatorów litowo-jonowych. Newralgicznym punktem jest w nich konstrukcja elektrod. Dotychczas produkowane na wielką skalę akumulatory są szczególnie uciążliwe w przypadku samochodów elektrycznych, przede wszystkim pod względem długiego czasu ładowania.

W Cornell University zbudowano akumulator, którego czas ładowania nie przekracza 5 minut. Ponadto wykazuje stabilną wydajność podczas cykli ładowania i rozładowania. Bateria jest również znacznie mniejsza od obecnie stosowanych.

Wykorzystując ind zbudowano anodę, o barierze energetycznej charakteryzującą się niskim procesem migracji decydującym o szybkości dyfuzji jonów. Powoduje to bardzo niską wartość gęstości prądu wymiennego. Następuje szybka dyfuzja i powolna kinetyka reakcji powierzchniowych. Efektem jest szybkie ładowanie i eliminacja niekorzystnego zjawiska narastania dendrytów litu.

W przypadku samochodów elektrycznych taki akumulator mógłby być znacznie mniejszy niż obecnie stosowane, szczególnie gdy upowszechni się ładowanie indukcyjne. Proces ładowania nie trwałby dłużej niż tradycyjne tankowanie paliwa. Obecnie naukowcy testują różne materiały, które mogłyby zastąpić ind i znacznie obniżyć cenę akumulatora.

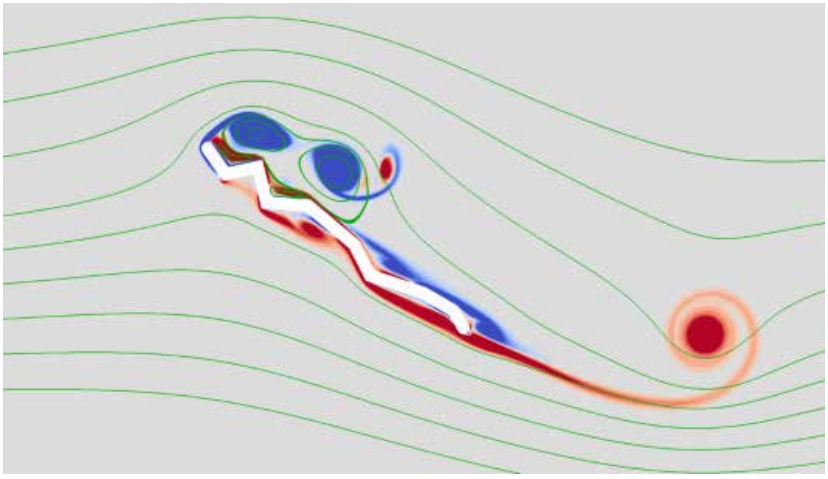
news.cornell.edu

Pofalowane skrzydła

Naukowcy z uniwersytetu w Hiroshimie od lat próbują udoskonalić konstrukcję skrzydeł inspirując się owadami, szczególnie skrzydłami ważki. Owad ten ma niewielką siłę mięśni skrzydeł i sprawność w powietrzu zawdzięcza aerodynamice. Skrzyła są pofalowane. Jak mówi Yosuke Fujita pierwsze skrzydła z tektury falistej zastosowane w małych latających dronach znacznie poprawiły ich sprawność. Nie są płaskie jak w samolotach, a przypominają najczęściej literę V. Badania wykazały, że mają one większą siłę nośną i lepsze własności przy niskiej liczbie Reynoldsa. Liczba ta to parametr pozwalający ustalić stateczność przepływu płynów.

Podczas eksperymentów pofalowane skrzydła usprawniły nie tylko latające drony, lecz również wiatraki. Dokonano bezpośrednich obliczeń numerycznych, niezbędnych do analizy przepływu i porównania ze skrzydłem prostym. Analizowano powstawanie wiru i interakcje podczas jego oderwania. Skrzydło z tektury falistej wykazuje unikalny przepływ i jest lepsze od tradycyjnego, przy kącie natarcia większym od 30 stopni. Naukowcy są blisko wynalezienia nowego skrzydła inspirowanego biologią.

hiroshima-u.ac.jp



ZWCAD 2024

Wydajny system CAD na miarę Twoich oczekiwań

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

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

Testuj, pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

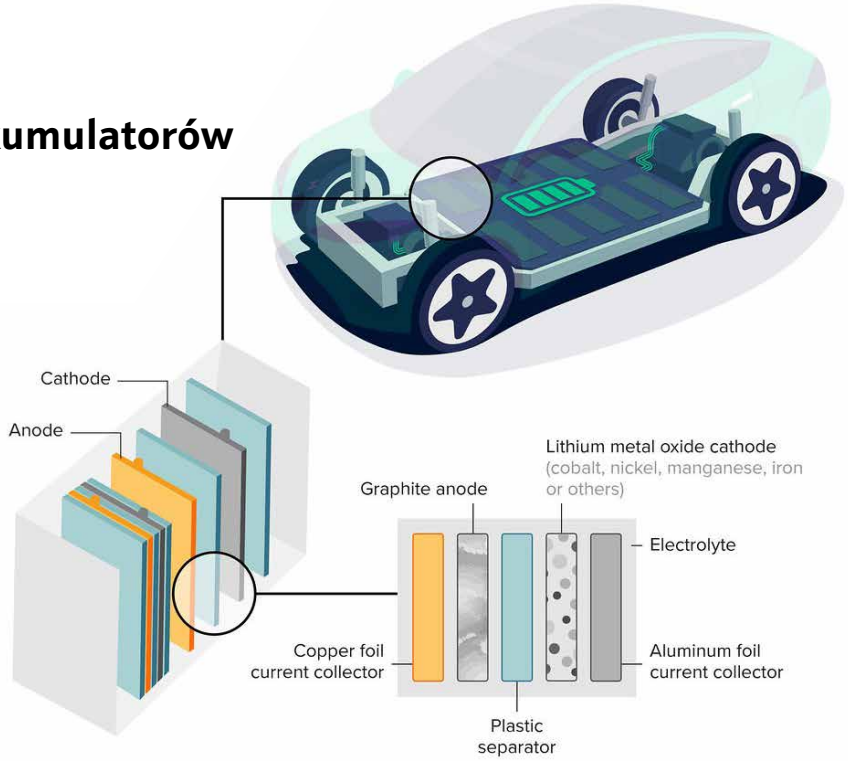
ZWCAD.pl

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

Sprawdź i pobierz
www.zwcad.pl

ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Bezpieczne separatory akumulatorów



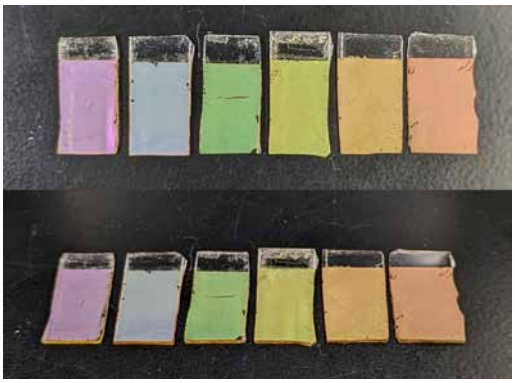
Mimo zapewnień producentów dotychczas produkowane akumulatory litowo-jonowe ciągle sprawiają kłopoty. Stosowane w nich separatory z poliolefin topią się przy wysokich temperaturach. W najgorszym wypadku może spowodować to zwarcie i pożar, a na ogół spadek sprawności akumulatora. Naukowcy z koreańskiego uniwersytetu Incheon za pomocą polimeryzacji szczepionej zbudowali separatory pozbawione tych wad, stabilne termicznie i trwałe.

Zastosowano powłokę z warstwy dwutlenku krzemu. Polimeryzacja szczepiona polegała na połączeniu monomerów w celu nadania im oczekiwanych właściwości.

Opracowano metodę pokrywania powierzchni separatora wykonanej z polipropylenu PP jednolitą warstwą dwutlenku krzemu. Separator pokrywany jest warstwą polifluorku, a następnie cząstkami metakrylanu. Ostatnią warstwą jest dwutlenek krzemu. Akumulatory z tak wykonanymi separatorami wykazały znacznie wyższą stabilność przy dłuższej eksploatacji oraz bardzo małe prawdopodobieństwo zwarcia, nawet przy wysokich temperaturach.

inu.ac.kr

Atrament strukturalny



Naukowcy inżynierii materiałowej z uniwersytetu w Kobe opracowali zupełnie nowy sposób tworzenia kolorów tuszu lub lakieru. Polega on na rozpraszaniu światła o określonej długości fali wokół małych, idealnie okrągłych kryształków krzemu. W porównaniu z tradycyjnymi pigmentami taki tusz nie wyblaknie, a ponadto otrzymywana powłoka jest znacznie lżejsza od tradycyjnej.

Nieblaknące kolory zależą od kąta pod jakim patrzy się na druk. Efekt podobny jest do tego, jaki można obserwować na skrzydłach motyla. Dotąd podobne zjawiska były poza zasięgiem procesów przemysłowych.

Niezwykle ważna okazała się kontrola nad wielkością cząstek zanurzonych w roztworze. Gdy parametry są odpowiednie, zachodzi rozpraszanie światła poprzez tzw. rozwiązanie Mie. Można tworzyć atramenty różnokolorowe. Ciekawe, że najwyższy współczynnik odbicia występuje, gdy cząstki krzemu nie są ciasno ułożone, lecz rozdzielone. Nowa powłoka może mieć wiele zastosowań. Jednym z nich jest powlekanie samolotów pasażerskich. Obecnie stosowane powłoki lakiernicze ważą kilkaset kilogramów, a nowa powłoka strukturalna byłaby co najmniej o 90% lżejsza i znacznie trwalsza.

kobe-u.ac.jp

BTA

TECHNOLOGIA GŁĘBOKIEGO WIERCENIA • NARZĘDZIA • OSPRZĘT • MASZYNY •

BRENZER POLSKA

tibo.

Zaufaj ekspertom

Maszyny Tibo oraz osprzęt i narzędzia BTA to klucz do sukcesu. Z nami uzyskasz dostęp do grona ekspertów i zoptymalizowanych rozwiązań w procesach głębokiego wiercenia, powiercania, łuszczenia, dogniatania rolkami oraz bruzdowania. Zapraszamy do współpracy!

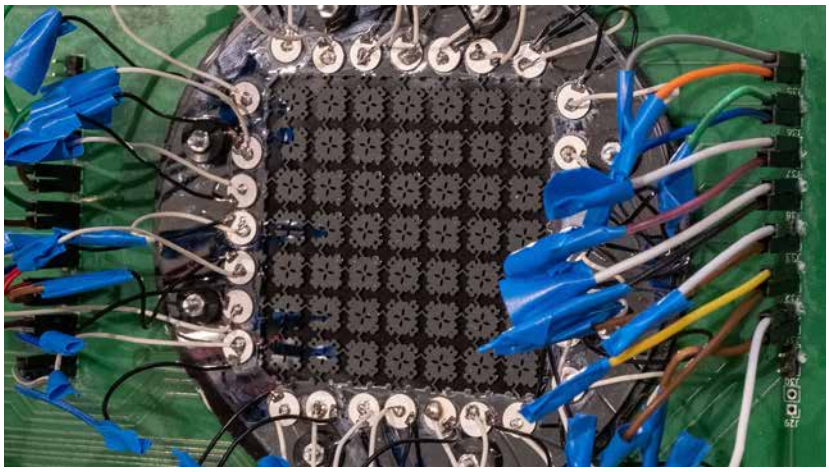
BRENZER Polska - wyłączny dystrybutor BTA-Tiefbohrsysteme i Tibo Tiefbohrtechnik w Polsce

519 423 903 / 32 444 91 09

brenzer@brenzer.com.pl

www.brenzer.com.pl

Czujnik bez zasilania



Dziesiątki milionów różnych czujników rozmieszczonych jest w budowlach i urządzeniach. Wszystkie zasilane są bateriami, które się zużywają.

Zespół naukowców z Zurychu kierowany przez Marca Serry-Garcię i prof. Johana Robertssona opracował czujnik aktywowany mechanicznie. Mechanizm reaguje na odpowiedni zakres fal dźwiękowych. Wywołane wibracje wzbudzają słaby impuls elektryczny. To wystarczy, aby uruchomić urządzenie elektroniczne.

Czujnik zabudowano z metamateriału, wykorzystując nie tyle właściwości samego materiału, lecz raczej jego struktury.

Wykorzystując modelowanie komputerowe i algorytmy połączono kilkadziesiąt miniaturowych, identycznych płytek małymi prętami. Pręty te działają jak sprężyny.

Podczas pokazu czujnik zaprogramowano na dźwięk słowa „cztery". Urządzenie zareagowało, wykazując następnie całkowity brak reakcji na inne komendy.

Czujnik znajdzie wiele zastosowań szczególnie w przypadku budowli i mostów.

ethz.ch

Koła i opony ze zintegrowanym łańcuchem śnieżnym

Hyundai Motor Company i Kia Corporation zaprezentowały nową technologię opon zintegrowanych z łańcuchami śniegowymi, która ułatwia zachowanie bezpieczeństwa w zimowych warunkach jazdy.

Koła zintegrowane z łańcuchami śniegowymi wykorzystują moduły ze specjalnego stopu z pamięcią kształtu, umieszczone wewnątrz koła i opony. Po otrzymaniu impulsu elektrycznego moduły te wysuwają się, pełniąc rolę „łańcucha śniegowego".

Prezentowane rozwiązanie wykorzystuje zdolność specjalnego stopu do powrotu do jego pierwotnego kształtu dzięki przepływowi prądu elektrycznego. Podczas normalnej jazdy znajdujący się wewnątrz koła stop zostaje sprasowany do kształtu litery „L" i nie styka się z nawierzchnią drogi. Kiedy sterownik aktywuje tę funkcję, przez moduł przepływa prąd elektryczny, który powoduje powrót stopu z pamięcią kształtu do swojej pierwotnej formy; materiał tworzy kształt litery „J", wypychając moduł z opony tak, aby nawiązał kontakt z nawierzchnią, poprawiając przyczepność, stabilność i bezpieczeństwo na zaśnieżonych drogach.

Jeśli bieżnik opony zostanie zużyty aż do miejsca umieszczenie modułu (w normalnym trybie jazdy), kierowcy będą mogli łatwo rozpoznać ich degradację, aby nie przegapić cyklu wymiany opon.

hyundai.news

botek®

Technologie precyzyjnego wiercenia

AWEXIM

Awexim, wyłączny przedstawiciel botek w Polsce

www.awexim.pl/botek

awexim@awexim.pl

Podesty przemysłowe, pomosty, schody i inne konstrukcje technologiczne dla maszyn

Aleksander Łukomski

Wśród wielu rozmaitych urządzeń i konstrukcji stosowanych i wykorzystywanych w przemyśle spotyka się między innymi podesty, pomosty, platformy, schody, drabiny, instalacje rurowe, konstrukcje stalowe itd. Część tych urządzeń służy do obsługi hali, jak np. instalacja wentylacyjna, kanalizacyjna, grzewcza czy wodna na cele sanitarne. Urządzenia te są na trwałe związane z halą i wynikają z dokumentacji technicznej budynku. Podlegają więc przepisom budowlanym i są zaprojektowane przez projektanta budownictwa o odpowiedniej specjalności. Jednak w produkcji potrzebne są jeszcze inne urządzenia i instalacje technologiczne, które najczęściej nie są związane z konstrukcją hali i nie są jej wyposażeniem. Są osobnymi zespołami, ustawianymi na posadzce, lub instalacjami prowadzonymi na oddzielnych konstrukcjach, np. stalowych, i nie muszą być zaprojektowane przez projektanta instalacji lub konstrukcji stalowej z uprawnieniami budowlanymi; nie podlegają też prawu budowlanemu.

Do konstrukcji technologicznych maszynowych zalicza się pomosty, podesty serwisowe, podesty robocze, platformy, schody, ale też siatki bezpieczeństwa, konstrukcje stalowe dla transportu technologicznego, konstrukcje do podwieszenia np. zgrzewarek, zakręcarek lub innych maszyn.

Niektóre z definicji, odnoszące się do tych konstrukcji, zawarte są w nieaktualnej już, ale ogólnie dostępnej normie PN-80/M-49060: Maszyny i urządzenia. Wejścia i dojścia. Wymagania (wykaz aktualnych norm przedmiotowych przedstawiono w dalszej części opracowania).

Specjalna konstrukcja stalowa mocująca windę technologiczną (źródło: Taskoprojekt)

Takie konstrukcje technologiczne nie podlegają co prawda prawu budowlanemu, lecz co do wymiarów i zasad zawartych w przepisach i normach, powinny być z nimi zgodne. Tak więc projektant technolog lub konstruktor mechanik, projektujący te konstrukcje, musi znać zasady ich projektowania i je stosować. Dostępne są różne poradniki, tablice i przykłady, często tłumaczone z innych języków, powołujące się na różne normy. Mogą one być pomocne, jednak zawsze podczas projektowania koniecznie trzeba sprawdzić polskie przepisy, ponieważ niekiedy różnią się one (zwykle są ostrzejsze) od przepisów np. unijnych.

Podesty technologiczne są elementami konstrukcji inżynierskich mającymi zapewnić bezpieczny dostęp do konkretnej strefy przemysłowej, w celu obsługi lub serwisu maszyn. Celem zastosowania podestów roboczych jest zapewnienie bezpieczeństwa podczas pracy na wysokości, gdyż prace te zaliczane są do szczególnie niebezpiecznych. Dzięki podestom pracownik może bezpiecznie poruszać się w danej przestrzeni roboczej lub wykonywać pracę.

Konstrukcja stalowa technologiczna na wysokości 17 m od posadzki z systemem siatek zabezpieczających przed spadnięciem nadwozia podczas transportu – w fabryce Mercedesa w Bremie (źródło: Taskoprojekt)

Wszystkie różne konstrukcje pomostowe powinny być projektowane i produkowane zgodnie z poniższymi normami:

- PN-EN ISO 14122-1:2016-08 Maszyny – Bezpieczeństwo – Stałe środki dostępu do maszyn – Część 1: Dobór stałych środków dostępu między dwoma poziomami.
- PN-EN ISO 14122-2:2016-08 Maszyny – Bezpieczeństwo – Stałe środki dostępu do maszyn – Część 2: Pomosty robocze i przejścia.
- PN-EN ISO 14122-3:2016-08 Maszyny – Bezpieczeństwo – Stałe środki dostępu do maszyn – Część 3: Schody, schody drabinowe i balustrady.
- PN-EN ISO 14122-4:2016-08 Bezpieczeństwo maszyn – Stałe środki dostępu do maszyn – Część 4: Drabiny stałe.
- PN-EN 1090-1:2012 Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych.
- PN-EN 1090-2:2012 Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.

Obowiązujące wymiary elementów konstrukcji podestów i pomostów podane są w aktualnym rozporządzeniu ministra pracy i polityki socjalnej z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. W rozporządzeniu tym podano wymiary przejść, dojść, odległości maszyn od ściany i od innych maszyn, szerokości przejść i wiele innych wymiarów, które nie zawsze są identyczne z tymi podanymi w normach.

Poniżej – fragment wymienionego rozporządzenia dotyczący prac na wysokościach:

§ 106.

1. Na powierzchniach wzniesionych na wysokość powyżej 1,0 m nad poziomem podłogi lub ziemi, na których w związku z wykonywaną pracą mogą przebywać pracownicy, lub służących jako przejścia, powinny być zainstalowane balustrady składające się z poręczy ochronnych umieszczonych na wysokości co najmniej 1,1 m i krawężników o wysokości co najmniej 0,15 m. Pomiędzy poręczą i krawężnikiem powinna być umieszczona w połowie wysokości poprzeczka lub przestrzeń ta powinna być wypełniona w sposób uniemożliwiający wypadnięcie osób.

2. Jeżeli ze względu na rodzaj i warunki wykonywania prac na wysokości zastosowanie balustrad, o których mowa w ust. 1, jest niemożliwe, należy stosować inne skuteczne środki ochrony pracowników przed upadkiem z wysokości, odpowiednie do rodzaju i warunków wykonywania pracy.

3. Wymagania określone w ust. 1 nie dotyczą ramp przeładunkowych.

§ 107.

Prace na wysokości powinny być organizowane i wykonywane w sposób niezmuszający pracownika do wychylania się poza poręcz balustrady lub obrys urządzenia, na którym stoi.

§ 108.

Przy pracach na: drabinach, klamrach, rusztowaniach i innych podwyższeniach nieprzeznaczonych na pobyt ludzi, na wysokości do 2 m nad poziomem podłogi lub ziemi niewymagających od pracownika wychylania się poza obrys urządzenia, na którym stoi, albo przyjmowania innej wymuszonej pozycji ciała grożącej upadkiem z wysokości, należy zapewnić, aby:

1) drabiny, klamry, rusztowania, pomosty i inne urządzenia były stabilne i zabezpieczone przed nieprzewidywaną zmianą położenia oraz posiadały odpowiednią wytrzymałość na przewidywane obciążenie;

2) pomost roboczy spełniał następujące wymagania:

   a) powierzchnia pomostu powinna być wystarczająca dla pracowników, narzędzi i niezbędnych materiałów,

   b) podłoga powinna być pozioma i równa, trwale umocowana do elementów konstrukcyjnych pomostu,

   c) w widocznym miejscu pomostu powinny być umieszczone czytelne informacje o wielkości dopuszczalnego obciążenia.

Norma PN-EN ISO 14122-2 podaje wymagania dla podestów, pomostów i przejść roboczych.

Drogi komunikacyjne służące dojściu do maszyny lub urządzenia technologicznego są przejściami serwisowymi. Przejścia te dają możliwość stosunkowo prostego dojścia do serwisowanych urządzeń. Przejścia serwisowe mogą, ale nie muszą znajdować się na tej samej wysokości co podesty techniczne. Wyposażeniem przejść serwisowych są schody, drabiny i schody drabinowe.

Pomosty robocze, platformy serwisowe i technologiczne powinny być tak zlokalizowane, aby umożliwiały ludziom pracę w pozycji ergonomicznej, na wysokości między 500 mm a 1700 mm nad powierzchnią platformy roboczej. Podesty robocze zlokalizowane są bezpośrednio przy maszynach czy urządzeniach technologicznych, i niekiedy stanowią integralną część konstrukcji urządzenia

Podest roboczy na stanowisku budowy nadwozia lokomotywy (źródło: Taskoprojekt)

▪ REKLAMA

Schody i poręcze przemysłowe (źródło: item Polska)

lub maszyny. Zarówno przejścia serwisowe, jak i pomosty robocze muszą zabezpieczać znajdujących się na nich pracowników przed upadkiem. Powierzchnie poziome muszą zabezpieczać ludzi przed poślizgiem oraz możliwością spadnięcia narzędzi. Barierki i krawężniki zabezpieczają przed upadkiem i niekontrolowanym opuszczeniem platformy roboczej. Dodatkowo stosuje się bramki bezpieczeństwa, wymagane przy zejściach na inny poziom, na drabiny itp.

Wymagania stawiane balustradom są określone w normie PN-EN ISO 14122-3.

Poręcz musi znajdować się na minimalnej wysokości 1100 mm nad podłogą podestu. Prześwit balustrady nie może przekroczyć 500 mm, co wymusza stosowanie poziomej poprzeczki, lub poprzeczek pionowych, co 180 mm. Konieczna jest instalacja krawężników o wysokości 150 mm na wszelkiego rodzaju platformach roboczych i przejściach, co wynika z rozporządzenia ministra pracy i polityki socjalnej, w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Prześwit pomiędzy krawężnikiem a podłogą podestu, np. kratą WEMA lub inną kratą pomostową, nie może być większy jak 15 mm. Segmenty balustrady mocuje się w odstępie między 75 a 120 mm.

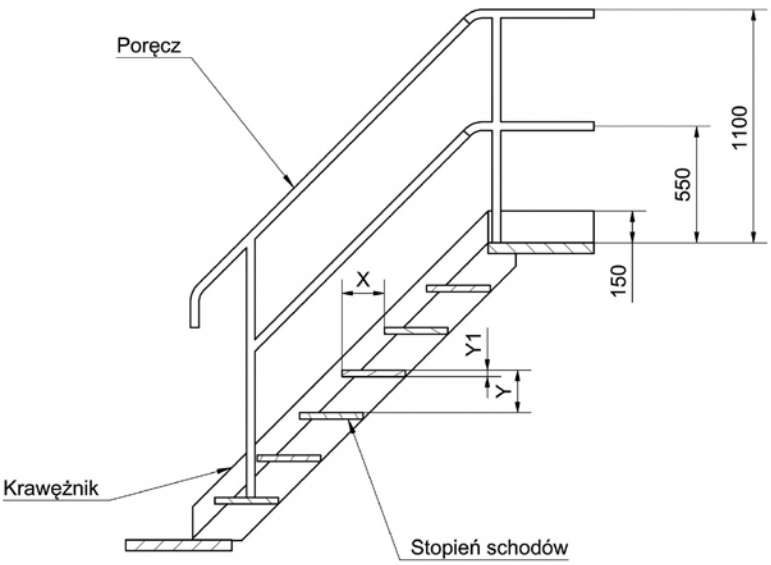
System schodów i podestów przemysłowych (źródło: item Polska)

Przy wysokości podłogi podestu roboczego do 500 mm nie ma obowiązku stosowania balustrad.

Wysokość poręczy musi mieścić się w zakresie 900 a 1000 mm. Średnica poręczy i balustrady powinna wynosić od 25 do 50 mm (zalecane jest 50 mm). Poręcz powinna zaczynać się od wysokości nieprzekraczającej 1000 mm.

Konstrukcje podestów i innych konstrukcji stalowych mogą być wykonane jako spawane, skręcane lub jako kombinacja tych rozwiązań. Stosuje się tu stal austenityczną, nierdzewną, kratę WEMA lub inną podobną, blachy ryflowane, żeberkowe stalowe lub aluminiowe i niekiedy różne pokrycia z drewna, wykładzin gumowych lub tworzyw sztucznych. Guma i miękkie PVC to możliwe materiały na powierzchnie antypoślizgowe.

Istnieje mnóstwo rozwiązań podestów, pomostów, platform i elementów dojść do nich i do maszyn. Wynika to z różnorodności konstrukcji maszyn lub technologii, dla których konstrukcje te zostały zaprojektowane, oraz z różnych sytuacji technologicznych w ciągach produkcyjnych. Są więc podesty i pomosty dla ciągłej obsługi maszyny, są dla sporadycznej obsługi serwisowej, również dla obsługi stanów awaryjnych, czyli bardzo rzadko używanych. Niekiedy są to przejścia nad linią produkcyjną, np. montażową, a niekiedy duże platformy, na których wielu pracowników wykonuje montaż jakiegoś dużego zespołu, np. dachu autobusu.



Rysunek poglądowy schodów przemysłowych (technologicznych) i pomostu. Odległość Y nie powinna przekraczać 200 mm, a Y_1 nie powinna być mniejsza niż 150 mm. Odstęp między stopniami X powinien wynikać z zależności: 600 mm ≤ X + 2Y ≤ 660 mm

Wymienione rozporządzenie przywołuje odpowiednie normy, które wtedy stają się obligatoryjne, a w których podano wiele innych wymiarów i zależności oraz warunków wykonania schodów, drabin, pomostów, platform i innych przejść i dojść.

Pomosty, podesty, przejścia przebiegają często nad różnymi stanowiskami technologicznymi. Może więc zdarzyć się, że ich usytuowanie będzie

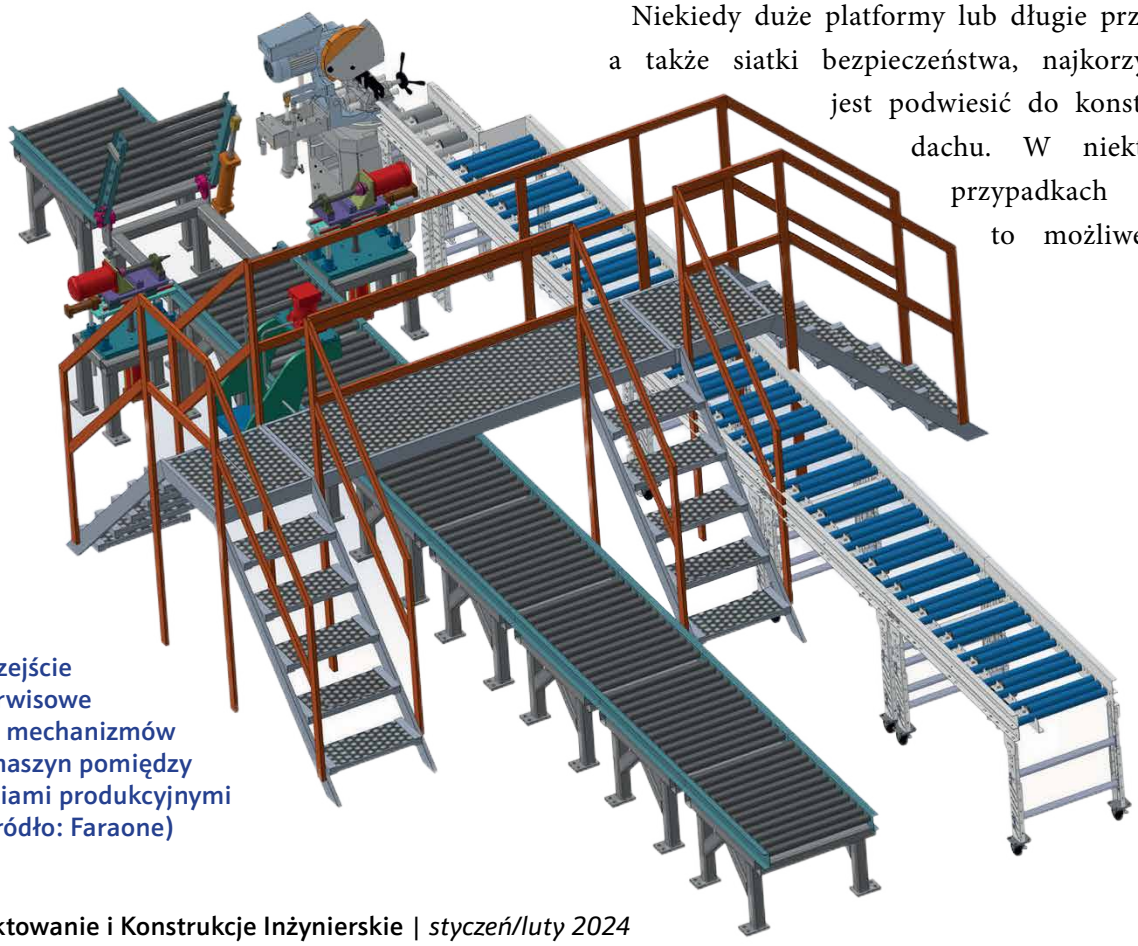
Przejście serwisowe nad linią technologiczną w rozlewni piwa

Podest serwisowy roboczy zabezpieczający i ułatwiający dostęp do monitorowania zaworów i czujników na obiektach instalacji technicznej. Konstrukcja wykonana z aluminium oraz dodatkowych stalowych elementów (źródło: Faraone)

znajdowało się nad strefą zagrożoną wybuchem lub jakimś rurociągiem. Wtedy konieczne jest uziemienie konstrukcji pomostu czy konstrukcji przejścia. Bardziej skomplikowane jest to przy zastosowaniu kraty WEMA, ze względu na pewne niedokładności w wykonaniu elementów kratek. Może się zdarzyć, że podczas chodzenia po nich może dojść do ugięcia kratki, co spowodować może tarcie dwóch sąsiednich kratek i powstanie iskry. Żeby temu przeciwdziałać, należy wszystkie kratki pomiędzy sobą uziemić, poprzez zastosowanie linki miedzianej przykręconej do dwóch sąsiednich kratek, a całą konstrukcję uziemić najlepiej przy najbliższym słupie hali, co najmniej np. poprzez wkopanie pręta stalowego o wymiarach 50x6x1500 mm. Zawsze lepiej jest jeżeli ustali to i wyliczy rzeczoznawca ppoż lub projektant elektryk.

Konieczność uziemienia dotyczy też wszelkich przejść podestów nad liniami technologicznymi, zarówno poprzecznymi jak i wzdłużnymi, a także rurociągów. Może też wystąpić konieczność uziemienia konstrukcji przejść nad kanałami z rurociągami. Wynika stąd, że uziemienie należy przewidzieć w zasadzie we wszystkich przypadkach.

Niekiedy duże platformy lub długie przejścia, a także siatki bezpieczeństwa, najkorzystniej jest podwiesić do konstrukcji dachu. W niektórych przypadkach jest to możliwe, ale



Przejście serwisowe do mechanizmów i maszyn pomiędzy liniami produkcyjnymi (źródło: Faraone)

Spawalnia kadłubów samochodów. Widoczna duża liczba zgrzewarek podwieszonych poprzez system KBK do konstrukcji stalowej wolnostojącej (źródło: Taskoprojekt)

Transport za pomocą zawieszek zamontowany na konstrukcji stalowej wolno stojącej. Widoczny na pierwszym planie podest roboczy (źródło: Taskoprojekt)

zawsze konieczne jest uzyskanie zgody architekta, który wtedy najczęściej musi na nowo przeliczyć obciążenie dachu.

Do tego obszaru zagadnień zalicza się też konstrukcje stalowe technologiczne służące do podwieszania transportu technologicznego lub maszyn montażowych obsługiwanych ręcznie lub np. zgrzewarek. Konstrukcje te są to przeważnie wolnostojące układy słupów i poprzecznych oraz wzdłużnych belek z odpowiednimi stężeniami. Na ogół konstrukcje te wykonuje konstruktor mechanik, stosując wzorce i wytyczne budowlane oraz

▪ REKLAMA

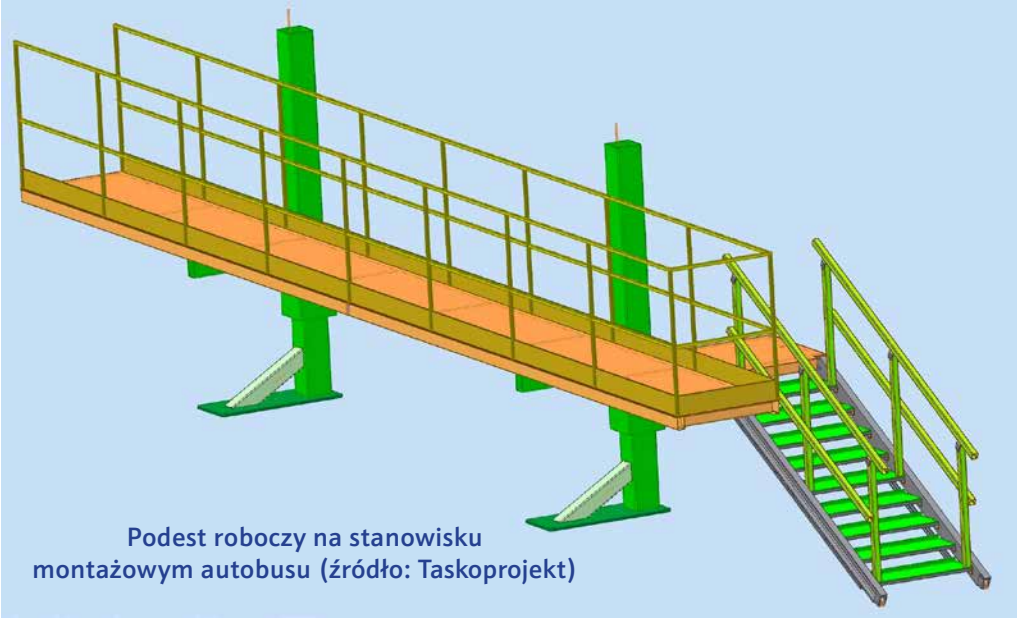
WEJDŹ NA
WYŻSZY POZIOM
BEZPIECZEŃSTWA

faraone®
PRACUJ BEZPIECZNIE NA WYSOKOŚCI

Prowadź prace na wysokości bezpiecznie.

ZOBACZ WIĘCEJ KONSTRUKCJI SPECJALNYCH - SKORZYSTAJ Z BEZPŁATNYCH KONFIGURATORÓW:

Faraone Poland sp. z o.o. | www.faraone.pl | www.elevah.com/pl



Podest roboczy na stanowisku montażowym autobusu (źródło: Taskoprojekt)

Schody i platformy dla obsługi linii technologicznej do produkcji papieru

zasady UDT. W niektórych przypadkach konieczne jest zastosowania tzw. kozłów odbojowych, których zasady konstrukcji i obliczeń wynikają z przepisów UDT. Jeżeli konstrukcje stalowe służą do montażu na nich przewodów rurowych, to należy stosować zasadę, że rury prowadzone są zawsze poniżej przewodów elektrycznych. Jeżeli z jakichś powodów jest to niemożliwe, to nad przewodami elektrycznymi należy zastosować daszek, tak aby płyny nie spływały bezpośrednio na przewody elektryczne. Należy też pamiętać, że przy przesyłaniu gazów technicznych rurociągami, zawsze przy połączeniach kołnierzowych jest strefa zagrożenia wybuchem, o promieniu do 500 mm.

Na podeście roboczym musi znajdować się instrukcja użytkowania, w której podaje się nazwę wyrobu, dane producenta, datę produkcji, przeznaczenie oraz maksymalne dopuszczalne obciążenie.

Istnieje dużo rozwiązań podestów produkowanych w wyspecjalizowanych przedsiębiorstwach i dostępnych w handlu. Często można dzięki tym handlowym podestom rozwiązać problem z dostępem do jakiegoś urządzenia technologicznego lub maszyny. Decyzja o zakupie handlowego pomostu, podestu czy schodów powinna być poprzedzona sprawdzeniem, czy wyrób odpowiada polskim przepisom (jak wspomnieliśmy, niektóre polskie przepisy są ostrzejsze od unijnych lub zakładają inne wymiary, np. wysokość poręczy lub balustrady czy krawężnika).

Tego typu konstrukcje mogą sprawiać wiele problemów w eksploatacji, w demontażu i ponownym montażu dużych zespołów maszyn, choćby w stanach awaryjnych lub planowanych wymianach tych zespołów, poprzez ograniczenie przestrzeni przez elementy konstrukcji platform, czy podestów i innych elementów tych konstrukcji. Wymagają więc często, od konstruktora dużej przenikliwości przy ich konstruowaniu mimo pozornej ich prostoty.

Aleksander Łukomski

KRAUSE

Systemy drabin pomostów i rusztowań

KONSTRUKCJE SPECJALNE DLA PRZEMYSŁU

KRAUSE Sp. z o.o.
ul. Stalowa 10
58-100 Świdnica

tel.: 74/851 88 00
e-mail: info@krause-systems.pl

www.krause-systems.pl

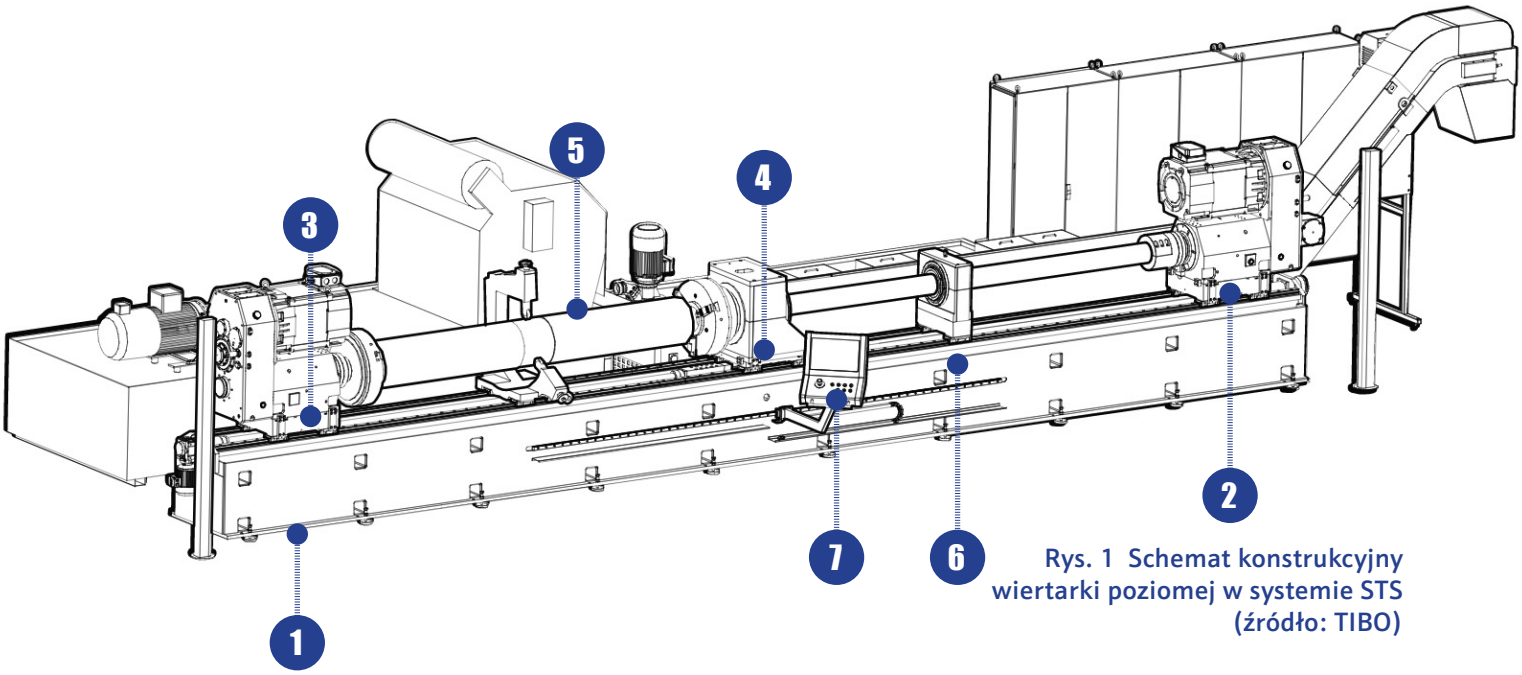
Wiercenie głębokich otworów *(deep hole drilling)*
cz. 2: System jednorurowy

W części drugiej cyklu artykułów o wierceniu głębokich otworów omówimy szczegółowo system jednorurowy (STS – *Single Tube System*) od strony konstrukcyjnej oraz warunków eksploatacji.

Jacek Szuba

W systemie STS wiertarka pozioma składa się z kilku podstawowych elementów (Rys. 1). Podobnie jak dla pozostałych typów obrabiarek, łoże (1) jest bazowym elementem konstrukcyjnym wiążącym pozostałe komponenty, a technologia jego wykonania oraz zastosowane materiały mają za zadanie jak najlepsze tłumienie drgań, dając odpowiednie warunki wyjściowe dla całego procesu. Należy zwrócić uwagę na fakt, że ze względu na długość obrabianych przedmiotów konieczne jest stosowanie podziału łoża na segmenty, w celu umożliwienia transportu do miejsca docelowego wdrożenia obrabiarki.

Wrzeciono narzędziowe (2) ma za zadanie nadanie odpowiedniej prędkości obrotowej głowicy oraz utrzymywanie zadanego posuwu. Kontrola poziomu obciążenia tego wrzeciona jest dla operatora jedną z metod nadzoru procesu. Wrzeciono przedmiotowe (3) pełni funkcję napędu dla przedmiotu obrabianego.

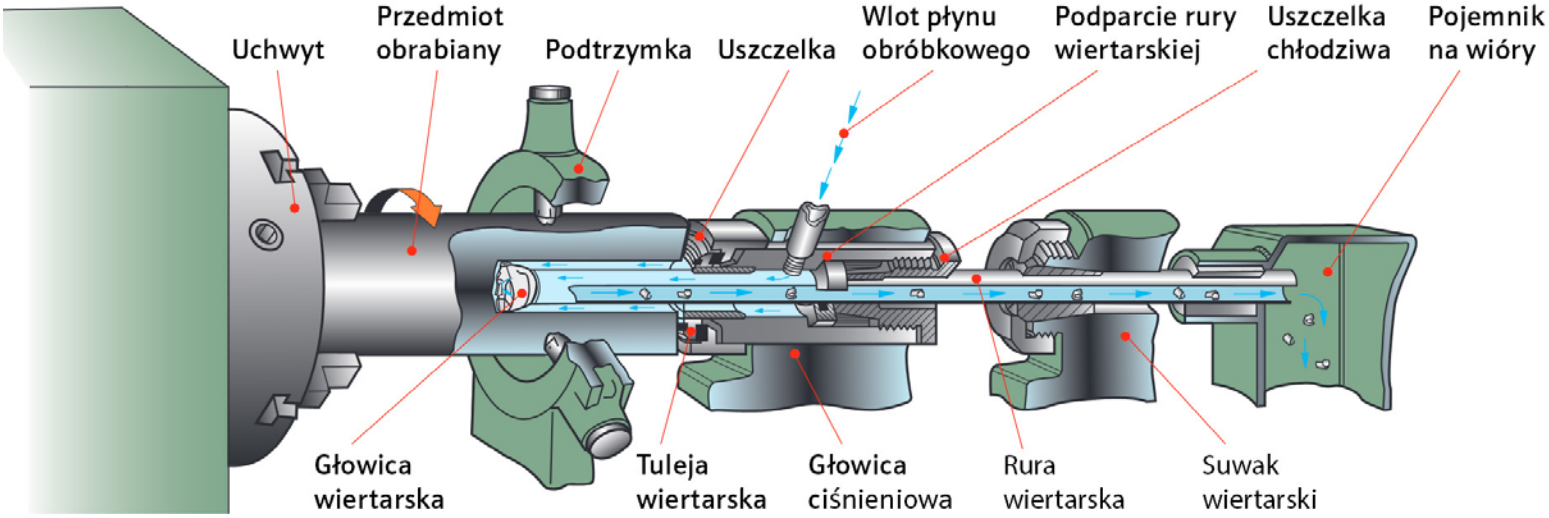


Rys. 1 Schemat konstrukcyjny wiertarki poziomej w systemie STS (źródło: TIBO)

Rys. 2 Przygotowanie wiertarki poziomej do pracy (źródło: TIBO)

Głowica ciśnieniowa (4), przez wielu producentów oznaczana jako BOZA*, spełnia kluczową rolę w systemie STS, uszczelnia układ przedmiot obrabiany-narzędzie, zapewniając utrzymanie ustalonego ciśnienia w otworze. Spełnia także rolę zaworu bezpieczeństwa: po przekroczeniu ustalonego poziomu ciśnienia nastąpi rozszczelnienie układu, co ma uchronić istotne elementy obrabiarki przed zniszczeniem.

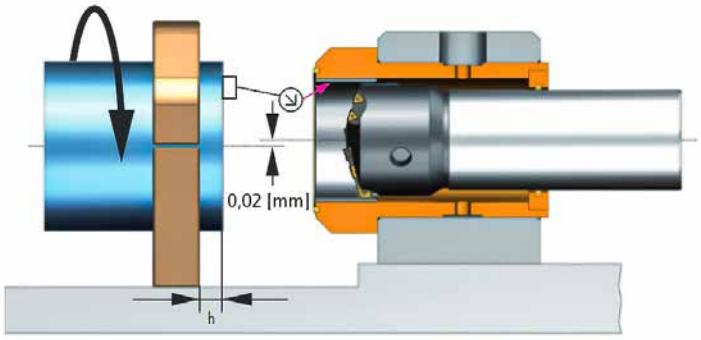
Główną różnicą konstrukcyjną wyróżniającą system STS spośród pozostałych, pomijając budowę narzędzia, jest zastosowanie głowicy ciśnieniowej, która szczelnie przylegając do czoła przedmiotu obrabianego zapewnia ustalony przepływ CCS do strefy skrawania. Podtrzymki po stronie przedmiotu obrabianego zapewniają utrzymanie sztywności układu. Do niezakłóconej pracy wymagane jest przygotowanie powierzchni podtoczeń na przedmiocie obrabianym. Po stronie tulei wiertarskiej znajduje się tłumik drgań (6). Dopełnieniem całego systemu jest pulpit sterujący (7).



Rys. 3 Schemat konstrukcyjny systemu jednorurowego (źródło: Sandvik)

* Podobnie jak w przypadku skrótu BTA, który jest powszechnie używany do oznaczenia systemu STS, określenie „BOZA" także ma swoje korzenie w działalności stowarzyszenia *Boring and Trepanning Association* – BOZA: niem. *Bohrözuführapparat*

Rys. 4 Typy głowic ciśnieniowych systemu STS (źródło: Botek)



Rys. 5 Schemat ustawienia głowicy oraz przedmiotu obrabianego (źródło: Botek)

GŁOWICA CIŚNIENIOWA

Do najważniejszych funkcji głowicy ciśnieniowej można zaliczyć:

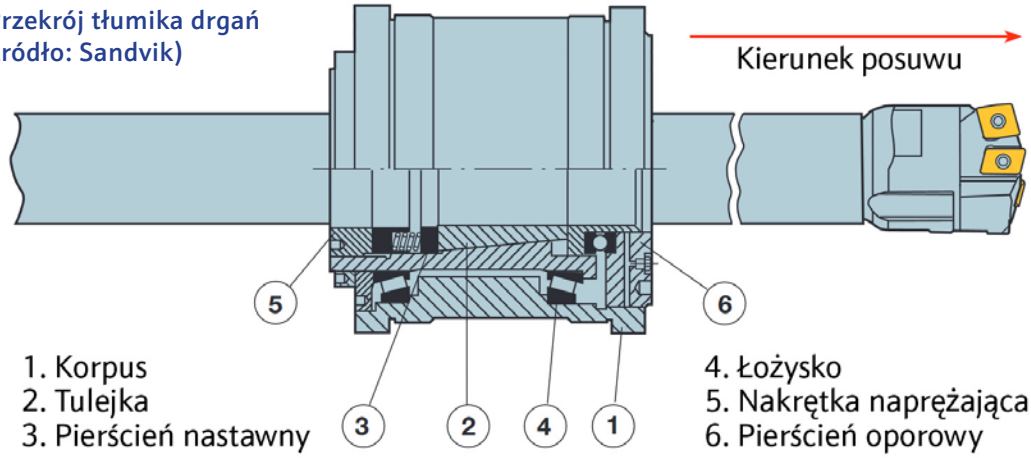
- uszczelnianie zewnętrznej powierzchni rury wiertarskiej,
- uszczelnianie na czołowej powierzchni przedmiotu obrabianego,
- doprowadzenie chłodziwa do strefy skrawania,
- podparcie tulei wiertarskiej.

BOZA ponadto spełnia dodatkową funkcję – samoczynnego centrowania detalu. W celu zapewnienia prawidłowych warunków pracy głowica powinna zostać ustawiona współosiowo z dokładnością 0,02 mm względem osi obrabiarki. Zaleca się także zmniejszenie do minimum odległości pomiędzy czołem przedmiotu obrabianego a podtrzymką, w celu poprawy stabilności układu.

Z doświadczeń zakładowych oraz zaleceń producentów wynika, że najlepiej by proces głębokiego wiercenia nie rozpoczynał się ani nie kończył na nachylonych powierzchniach. Jednak w przypadku konieczności wykonania otworu w takiej powierzchni niezbędne staje się wykonanie

Rys. 6 Głowica ciśnieniowa (źródło: TIBO)

Rys. 7 Przekrój tłumika drgań (źródło: Sandvik)



pogłębienia wstępnego, przy czym kształt tulei wiertarskiej powinien odpowiadać nachylonej powierzchni przedmiotu obrabianego.

TŁUMIKI DRGAŃ

Drgania są jednym z głównych czynników mających negatywny wpływ na proces obróbki, szczególnie dla przejść wykańczających. Powodują one przede wszystkim zmniejszenie żywotności narzędzia oraz zwiększenie chropowatości. Wpływ na wielkość drgań ma zespół czynników, np. rodzaj oraz parametry obróbki, materiał, narzędzie. Bardzo istotne jest utrzymanie odpowiedniej stabilności procesu, a co za tym idzie efektywne wygaszanie generowanych zaburzeń wykorzystując tłumiki drgań.

Zespół tłumika mocowany jest w podtrzymkach stałych, dostarczanych zazwyczaj w zestawie przez producenta obrabiarki. W przypadku tłumików do głębokiego wiercenia dla zapewnienia pełnego kontaktu rury wiertarskiej wykorzystywane są tuleje fenolowe, które wytwarzane są pod konkretną średnicę rury. Aby zwiększyć efektywność tłumienia, tulejki są rowkowane oraz stożkowane. Regulacja ciśnienia tłumienia następuje na pierścieniu oporowym (pozycja 6 na rysunku 7).

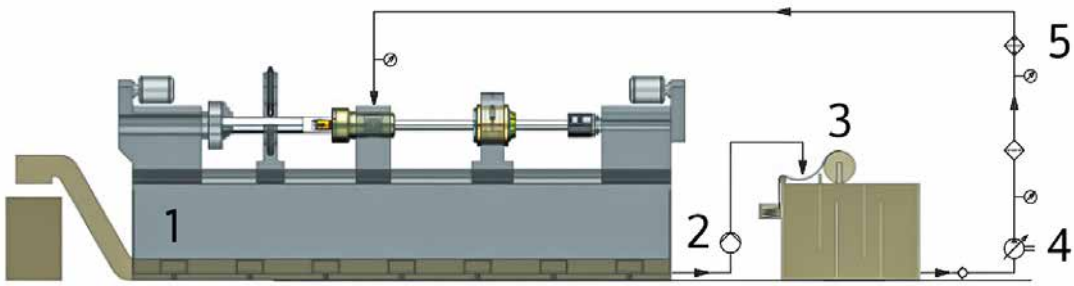
SYSTEM CHŁODZĄCO-FILTRUJĄCY

Układ chłodząco-filtrujący ma przede wszystkim za zadanie zapewnić dopływ wymaganej ilości czystego czynnika chłodząco-smarującego, pod właściwym ciśnieniem oraz o odpowiedniej temperaturze, do strefy skrawania.

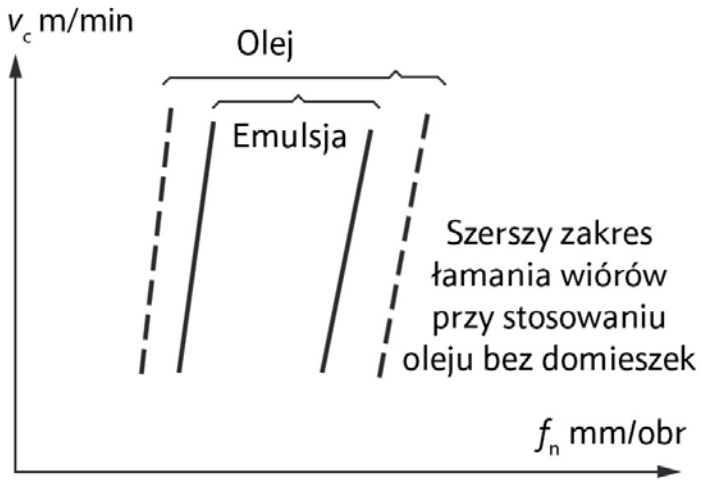
Cele stosowania systemu chłodząco-filtrującego:

- redukcja tarcia pomiędzy przedmiotem obrabianym oraz listwami prowadzącymi,
- wydłużenie żywotności narzędzia,
- odprowadzenie wiórów,
- rozproszenie energii cieplnej generowanej w procesie.

Do podstawowych elementów składowych systemu (Rys. 8) należy zaliczyć transporter wiórów (1), pompę pobierającą CCS z kanału



Rys. 8 Podstawowe elementy systemu chłodząco-filtrującego (źródło: Botek)



Rys. 9 Wykres zależności łamania wióra od typu użytej cieczy chłodząco-smarującej (źródło: Sandvik)

odprowadzającego (2), filtr taśmowy (3), pompę wysoko-ciśnieniową (4) i wymiennik ciepła (5).

Najważniejszym zadaniem jakie musi spełnić system jest zapewnienie niezakłóconej pracy głowicy i uzyskanie wymaganej chropowatości powierzchni otworu. Również istotnym powodem wykorzystania kaskadowego systemu filtracji jest zabezpieczenie pompy wysokociśnieniowej przed zużyciem lub w skrajnie niekorzystnym przypadku nawet uszkodzeniem. Filtracja CCS do frakcji 10-20 µm przedłuża żywotność narzędzia.

Kolejny ważnym elementem systemu jest układ chłodzenia. Ponieważ praktycznie cała energia generowana przy powstawaniu wióra oraz pracy pozostałych urządzeń, w tym przez pompy, zostaje zamieniona na ciepło, dlatego niezbędne jest zastosowanie skutecznego chłodzenia w instalacji. Istotny jest tu duży zbiornik na CCS; jego objętość powinna być większa ok. 10-krotnie od największej minutowej wydajności pompy. Taki dobór zbiornika pozwala zanieczyszczeniom na swobodne osiadanie na dnie, a cieczy chłodząco-smarującej na zmniejszenie temperatury. Po przekroczeniu 55 °C płyn obróbkowy nie zapewnia właściwego smarowania, co prowadzi do szybszego zużycia narzędzia. Najlepsze rezultaty osiągane są przy temperaturze 30-40 °C. Aby chłodzenie było efektywne CCS powinna przebywać w zbiorniku 5-10 min.

Zalecenia producentów oraz doświadczenia zakładowe wskazują, że pierwszym wyborem jako CCS jest olej, z następujących powodów:

- ma jednorodną strukturę, nawet w przypadku dłuższego przestoju maszyny,
- ułatwia jednolite łamanie wiórów w szerokim zakresie,
- zapewnia dłuższą żywotność narzędzia.

Na wykresie (Rys. 9) przedstawiono zakres łamania wióra dla oleju oraz emulsji; widoczna jest różnica na korzyść oleju. Jednak nie zawsze istnieje możliwość wykorzystania oleju, jeżeli głębokie wiercenie wykonywane jest w linii technologicznej z centralnym systemem filtracji chłodziwa, szczególnie w przypadku wiercenia na centrum obróbkowym, kiedy proces realizowany jest z wysokimi prędkościami. Dodatkowym problemem związanym z wykorzystaniem emulsji jest aspekt czyszczenia przedmiotu podczas obróbki. W przypadku stosowania oleju może wystąpić konieczność usunięcia go przed kolejną operacją lub składowaniem. Ryzyko jakie niesie używanie emulsji jest problem dekompozycji składu. Jeżeli obrabiarka nie pracuje należy napowietrzać zasobnik w celu wyeliminowania ryzyka rozkładu emulsji.

* * *

W następnym artykule omówimy wpływ wybranych parametrów skrawania na postać wióra.

Jacek Szuba

Nowości dla motoryzacji na CES 2024

Targi elektroniki użytkowej i nowych technologii czyli *Consumer Electronic Show* w Las Vegas, organizowane zwykle w styczniu przez Consumer Technology Associacion, obok licznych producentów urządzeń elektronicznych, takich jak np. sprzęt gospodarstwa domowego, telewizory, urządzenia audio, gromadzą coraz większą liczbę wystawców z branży automotive.

Ryszard Romanowski

Podczas gdy europejskie wystawy samochodowe, takie jak te w Paryżu, Frankfurcie i Genewie, przechodzą głęboki kryzys, w Las Vegas można oglądać zarówno samochody koncepcyjne wielu producentów, jak i rozwiązania technologiczne. Samochody są zwykle elektryczne, ale wiele rozwiązań w nich stosowanych trafia również do aut spalinowych. W końcu w samochodach jest coraz więcej elektroniki, niezależnie od rodzaju stosowanego napędu. Zaawansowane systemy multimedialne i wymyślne ekrany stają się oczekiwanym wyposażeniem seryjnie produkowanych aut. Tym bardziej, że ceny nowych pojazdów poszybowały mocno w górę i nabywca nowej wersji modelu, którym dotąd jeździł (za „następcę" musi zapłacić co najmniej 40% więcej), oczekuje czegoś w zamian.

Czasem słychać żarty, że łatwiej zamontować kilogramy elektroniki, która jest w produkcji śmiesznie tania, w porównaniu z nowymi rozwiązaniami mechanicznymi. Być może jest w tym ziarno prawdy. W każdym razie klienci lubią elektronikę i chcą jej jak najwięcej.

CES 2024 to oprócz konceptów duża ilość rozwiązań technologicznych. Każdy, kto chociaż co nieco interesuje się samochodowym designem wie, jakie problemy sprawia dobre zaprojektowanie świateł. Zastosowanie diod LED znacznie to ułatwiło. Lampy można wkomponować w bardzo nawet skomplikowane krzywizny nadwozia i zaprojektować je zgodnie z wizją designera, bez żadnych, wymaganych do niedawna uproszczeń. Na marginesie warto zauważyć, że w wielu najnowszych modelach jest to zrobione przesadnie, co psuje estetykę nadwozia. Ale od kilku lat można z lampami zrobić wszystko. No prawie wszystko. Pozostał stary problem chowanych reflektorów. Dotąd wszystkie niemal rozwiązania

Złożone konstrukcyjnie rozwiązanie rozchylanych reflektorów Volvo EX-90

mechaniczne miały swoje wady. W Lamborghini Miura światła drgały podczas jazdy i dość mizernie oświetlały drogę. W Triumphie i Porsche po pewnym czasie zaczynały się problemy z mechanizmami. Obecnie nawet w bardzo aerodynamicznym nadwoziu reflektory LED, aby spełniały wymagania homologacji muszą być umieszczone zgodnie z normami. Dlatego projektanci często muszą iść na ustępstwa kosztem wyglądu i aerodynamiki. Ta ostatnia jest szczególnie ważna w przypadku aut elektrycznych. Każdy dodatkowy opór to niepotrzebna strata energii. A poza tym wszystkim – chowane reflektory zwiększają zwykle dobre samopoczucie właściciela.

Lampa tylna w technologii FlatLight

Za problem wzięło się Volvo. Najnowszy model EX-90 pozornie wygląda normalnie. Ma ładnie wkomponowane niewielkie lampy, z charakterystycznym dla marki „młotem Thora". Po uruchomieniu wzór młota staje się światłami dziennymi. Wystarczy aby zaczęła zapadać ciemność, by „młot" rozchylił się, odsłaniając schowane w głębi reflektory mijania i drogowe. Realizuje to specjalnie zaprojektowany mechanizm, wyposażony w układ sterowania i soczewek.

Faurecia i Hella w ramach wspólnego przedsięwzięcia FORVIA przedstawiły lampy opracowane w technologii FlatLight, które dzięki wykorzystaniu elementów mikro-optycznych mają grubość zaledwie 5 mm i zużywają o 80% mniej energii od używanych powszechnie ekranów diodowych.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Rola płynu chłodniczego i jego wpływ na funkcjonowanie układu chłodzenia; TEORIA I PRAKTYKA

Elementy układu chłodzenia, takie jak chłodnie sprężarkowe (chillery, agregaty wody lodowej), pompy ciepła, chłodnie wentylatorowe (drycoolery, freecoolery), sztywny system rur, elastyczne węże, wymienniki ciepła (parownik, skraplacz), kanały chłodzące w formie, stanowiskowe termostaty czy chłodziarki oraz płyn chłodniczy tworzą współzależny system, zwany układem chłodzenia. Każdy z elementów tego układu jest jednakowo ważny, ma określone właściwości, które wzajemnie wpływają na siebie i decydują o szybkości odbioru ciepła.

Mariusz Ambroziak

Medium chłodzące olej hydrauliczny maszyn, serwomotory, szafy elektryczne, przekładnie mechaniczne czy dany proces produkcyjny powinno mieć temperaturę najczęściej w zakresie 10..25 °C. Jest to bardzo ogólna informacja i zależy od wielu czynników, na przykład od mocy cieplnej danego wymiennika ciepła, rodzaju procesu produkcyjnego itp.

Z kolei w przetwórstwie tworzyw sztucznych (polimerowych) metodą wtrysku, wymagana temperatura medium podawana na formy wtryskowe mieści się w bardzo szerokim przedziale temperatur od -5 °C do 280 °C. Dla podanego zakresu temperatur można przyjąć umownie następujący podział zastosowania określonego medium chłodzącego:

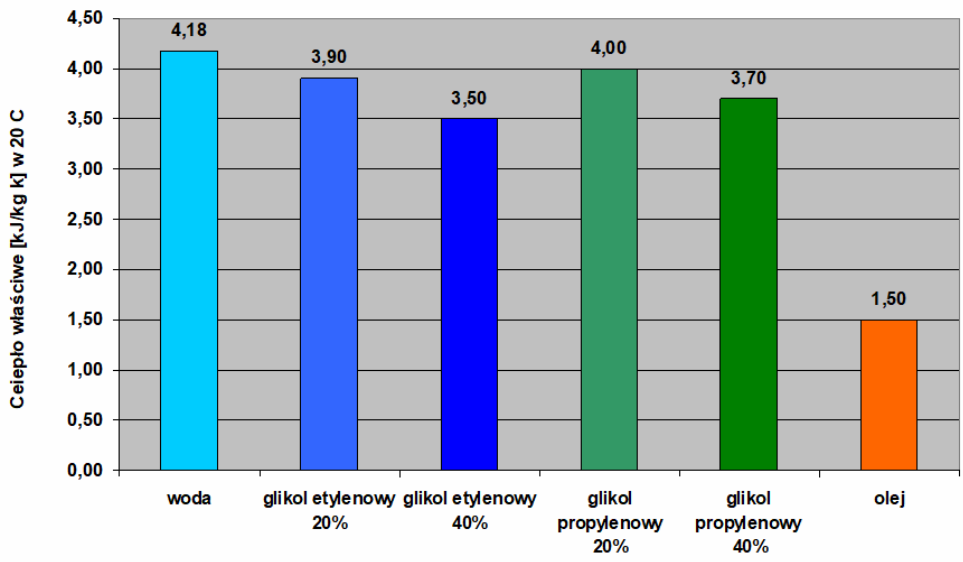
- od -5 do 100 °C: płyny chłodnicze na bazie glikolu
- od 8 do 100 °C: czysta woda
- od 100 do 160 °C: czysta woda pod ciśnieniem powyżej 6 atmosfer
- od 80 do 280 °C: oleje diatermiczne

Najtańszym i najbardziej dostępnym medium chłodzącym jest czysta woda, która ma dobre właściwości odbioru ciepła, takie jak:

- wysoką wartość ciepła właściwego (co zapewnia dużą zdolność magazynowania chłodu)
- niską lepkość (łatwo przechodzi w stan turbulentny, zwiększając zdolność do odbioru ciepła, zapewnia stosunkowo niskie spadki ciśnienia na przesyle rurociągami, a więc jest energooszczędnym medium z tego punktu widzenia).

Niestety poza licznymi zaletami, woda wykazuje zbyt niską temperaturę wrzenia (do 100 °C pod ciśnieniem atmosferycznym) i zbyt wysoką temperaturę zamarzania (około 0 °C pod ciśnieniem atmosferycznym), co z oczywistych względów ogranicza możliwość jej stosowania ze względu na ryzyko zagotowania i zamarznięcia. Ponadto w temperaturze powyżej ok. 60 °C z wody nieuzdatnionej mogą wytrącać się osady typu węglan wapnia (tzw. kamień kotłowy) oraz mogą pojawiać się i rozwijać mikroorganizmy. Jeżeli tego typu osady pokryją powierzchnię kanałów chłodzących czy innych elementów w układzie chłodzenia (rury, wymienniki) to stworzy się warstwa izolacyjna dla przepływu ciepła oraz zmniejszy się czynny przekrój kanału chłodzącego. Narastanie osadów może być szybkie, występujące już po kilku miesiącach, po których rozpoczyna się lawinowy proces spadku wydajności, zarówno systemu chłodzenia, jak i procesu produkcyjnego.

Z powyższych względów wodę do celów chłodniczych należy okresowo wymieniać oraz ciągle uzdatniać i monitorować jej właściwości. Typowe uzdatnianie wody polega na filtrowaniu, zmiękczaniu (usuwaniu twardości ogólnej) oraz dodawaniu inhibitorów korozji chemicznej, które zabezpieczają materiały będące elementami systemu chłodzenia. Typowe materiały w układzie chłodzenia to: stopy miedzi (chłodnie i wymienniki), aluminium i stal narzędziowa (formy, wymienniki), stal czarna, nierdzewna, ocynk, tworzywa typu polietylen, polipropylen, polichlorek winylu, guma i inne (rury, zawory, złączki, węże itp.). Ponadto w wysokotemperaturowych układach chłodzenia, tj. powyżej 25..30 °C, należy dodawać do wody inhibitory korozji mikrobiologicznej, w celu zapobiegania rozwoju mikroorganizmów (na przykład bakterii legionella). Uzdatnianie wody powinno być monitorowane ciągle, a co najmniej raz w miesiącu powinny być wykonywane specjalistyczne badania wody – niestety dość kosztowne.



Rys. 1 Ciepło właściwe w temperaturze 20 °C, dla różnych płynów chłodniczych

W zimie, w sytuacji gdy urządzenia chłodnicze lub rurociągi z wodą są umieszczone na zewnątrz hali, lub też gdy nastawa na chłodni wynosi poniżej 7 °C, istnieje konieczność zabezpieczania elementów rurociągu lub chłodni przed zamarznięciem, co najczęściej odbywa się poprzez:

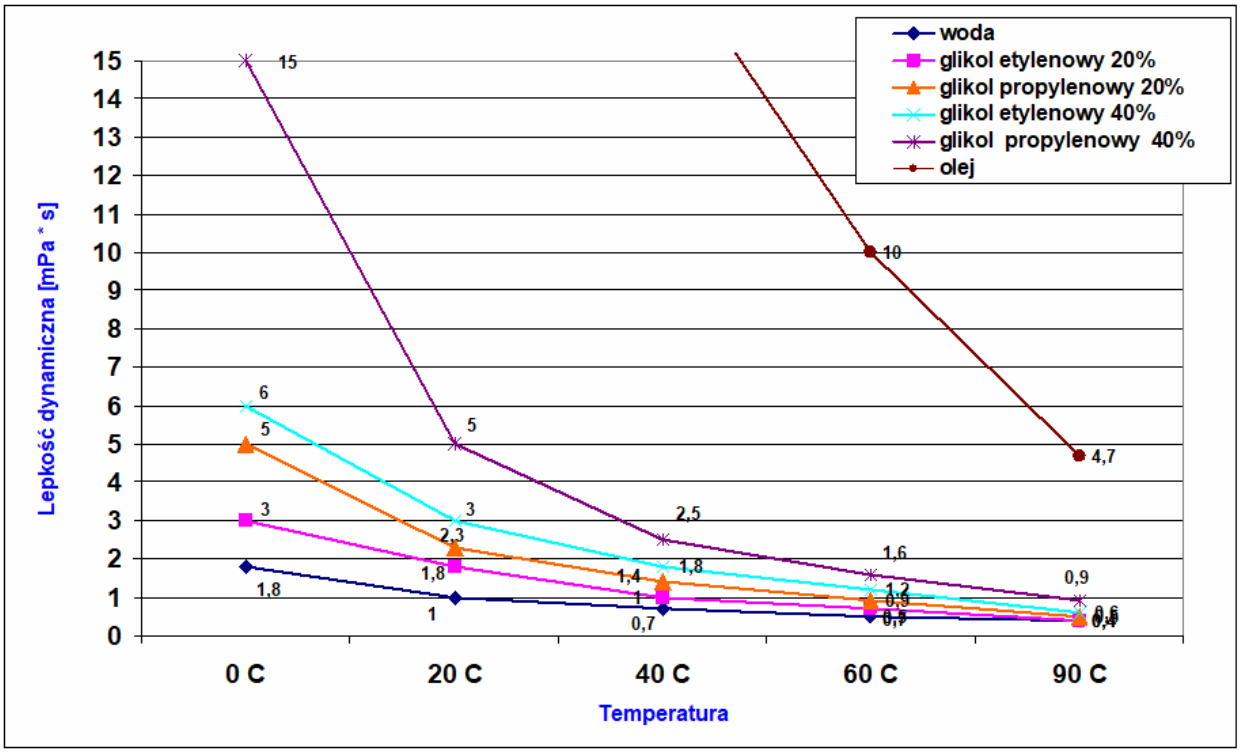
- izolację termiczną (specjalne otuliny),
- grzałki i kable grzejne (zasilane awaryjnie poprzez prądotwórcze agregaty spalinowe),
- specjalne chłodnie / wymienniki, w których możliwy jest zrzut wody (opróżnianie ręczne lub automatyczne),
- zawór w układzie gazowym podgrzewający parownik (tzw. *hot gas by-pass valve*)

Innym, tańszym i bardziej niezawodnym sposobem na zabezpieczanie przed zamarznięciem elementów systemu chłodzenia jest stosowanie niskokrzepnącego płynu chłodniczego. Najbardziej popularnym jest płyn na bazie glikolu etylenowego (monoetylowego), wody demineralizowanej i specjalnych dodatków. Stężenie procentowe glikolu w takim płynie zawiera się w zakresie 28..48 %, co zapewnia temperaturę krystalizacji w przedziale -15..-35 °C. Z kolei maksymalna dopuszczalna temperatura stosowania takiego płynu wynosi 102..107 °C. Warto zauważyć, że sam glikol jest bardzo korozyjny wobec metali będących elementami układu chłodzenia. Z tego względu gotowy płyn na bazie glikolu etylenowego musi zawierać odpowiednią ilość i jakość inhibitorów korozji chemicznej i mikrobiologicznej – tak, aby zabezpieczać przed korozją elementy układu chłodzenia.

Warto podkreślić, że płyn na bazie glikolu etylenowego nie jest obojętny dla zdrowia (podrażnia skórę, nie nadaje się do spożycia).

Na rynku dostępne są też płyny na bazie glikolu propylenowego, stosowane między innymi w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym. Taki płyn jest mniej toksyczny oraz łatwiej ulega biodegradacji niż płyn na bazie glikolu etylenowego. Niestety jest istotnie droższy.

Na rysunkach 1 i 2 porównano wodę z różnymi płynami chłodniczymi. Kryterium porównawczym dla płynów może być z jednej strony ciepło właściwe, a z drugiej strony lepkość.



Rys. 1 Ciepło właściwe w temperaturze 20 °C, dla różnych płynów chłodniczych

Jak widać z rysunku 1, płyny na bazie glikoli mają nieco mniejszą wartość ciepła właściwego niż czysta woda, co oznacza, że z jednej strony mniej akumulują ciepło / chłód (wada) ale też z drugiej strony potrzebują mniej energii do ich podgrzania / schłodzenia (zaleta).

Znacznie większe różnice pomiędzy płynami są w lepkości, szczególnie w niższych temperaturach, co widać na rysunku 2. Korzystnie najniższą lepkość ma woda, potem płyny na bazie bazie glikolu etylenowego i propylenowego. Wzrost stężenia glikolu powoduje wzrost lepkości. Im większa lepkość płynu, tym gorzej, bo trudniej przechodzi on w stan turbulentny i gorzej odbiera ciepło. Z drugiej zaś strony taki lepki płyn znakomicie w naturalny sposób usuwa wszelkie zanieczyszczenia z obiegu chłodniczego i zapobiega ich powstawaniu. Dobrym kompromisem jest zatem stosowanie glikolu etylenowego, który ma lepkość o wartości pomiędzy wodą a glikolem propylenowym (ekologicznym).

Należy zwrócić uwagę, że płyny chłodnicze na bazie glikolu etylenowego lub propylenowego nie nadają się do instalacji, w których cały system rur jest wykonany z ocynku. Zauważono, że płyny te reagują z tym metalem, tworząc galaretowatą substancję, zapychającą wszelkie filtry w instalacji chłodniczej.

Warto pamiętać, że zabrania się rozcieńczać wodą gotowych płynów chłodniczych, ponieważ zmniejsza to stężenie inhibitorów korozji i prowadzi do korozji elementów układu. W jednym z zakładów sytuacja taka miała miejsce i doprowadziło to do korozji i rozszczelnienia parownika w chłodni sprężarkowej. Na skutek tego nastąpiło zalanie glikolem układu gazowego w chłodni. Koszty wymiany parownika i długotrwałego czyszczenia sprężarki i innych elementów układu gazowego były bardzo wysokie.

Zaleca się stosowanie gotowych płynów chłodniczych na daną temperaturę krystalizacji (-15, -20, -25, -35 °C), a nie kupowanie koncentratów i rozcieńczanie ich wodą z sieci miejskiej, która z reguły zawiera szereg niepożądanych zanieczyszczeń.

Kluczową sprawą jest stosowanie płynu chłodniczego wysokiej jakości, co wiąże się z nie najniższą jego ceną. Niestety na polskim rynku zdarzają się

nieuczciwi sprzedawcy oferujący tani, regenerowany glikol, który nie spełnia podstawowych właściwości. W jednym z zakładów w wyniku korozji nastąpił wyciek z pomp układu chłodzenia (trzy tygodnie wcześniej do tego układu wprowadzono nowy płyn chłodzący). Przeprowadzone badania wykazały, że płyn na bazie glikolu etylenowego o deklarowanej temperaturze krystalizacji -30 °C charakteryzował się w rzeczywistości temperaturą krystalizacji: według jednych badań -22 °C, a według drugich -16 °C, oraz nadmierną korozyjnością wobec żelaza i miedzi, przez co w dwojaki sposób zagrażał funkcjonowaniu urządzeń chłodniczych. Na szczęście chłodnia wentylatorowa nie uległa zamarznięciu ani korozji. Wadliwy płyn usunięto niezwłocznie z układu chłodzenia, wypłukano trzykrotnie instalację i zalano płynem chłodniczym o wysokiej jakości. Po trzech tygodniach pobrano próbkę z układu chłodzenia w celu upewnienia się, że procesy korozyjne udało się skutecznie zahamować.

CO JEST LEPSZE, WODA CZY GLIKOLOWY PŁYN W UKŁADZIE CHŁODZENIA?

Trudno w jednym zdaniu odpowiedzieć na to pytanie, bo na odpowiedź składa się wiele czynników takich jak: materiał, z którego wykonane są elementy układu chłodzenia, temperatura medium, ilość zmian form w ciągu jednej zmiany, kultura techniczna zakładu, czy zakład ma stanowiskowe termostaty z funkcją automatycznego odsysania, obawy / przyzwyczajenia obsługi, wymagania odnośnie powtarzalności i stabilności produkcji itd.

Co do chłodzenia wodą, to jest chyba równie wielu zwolenników, jak i przeciwników jej stosowania. Poniżej – kilka przykładów, z jakimi miałem do czynienia w trakcie prowadzonych przeze mnie audytów i analiz technicznych.

Na rysunku 3 pokazano wnętrze termostatu stanowiskowego, pracującego w jednej z firm, w której istniał system uzdatniania wody. Jak widać wszystkie osady z wody (szlam) zbierały się na grzałce i w zbiorniku, z którego wyjęto grzałkę.

Rys. 3 Osady z wody (szlam) w termostacie wodnym w wyniku nieskutecznego uzdatniania wody

Rys. 4 Twarde osady z wody w rurze z PVC (po lewej stronie) i miękkie (sypkie) w korpusie żeliwnym elektrozaworu – w wyniku braku dbałości o system uzdatniania wody

Z tego powodu grzałka uległa spaleniu, a zbiornik – zapchaniu, co poskutkowało awarią termostatu.

Z rysunku 4 widać, że osady odkładają się również wewnątrz rur z tworzywa, jak i na elektrozaworach. W jednym i drugim przypadku powodowało to problemy z poprawnym funkcjonowaniem układu chłodzenia i termostatu wodnego.

Rys. 5 Osady z nieuzdatnionej wody w prostym kanale chłodzącym formy wtryskowej. Niektóre kanały straciły istotnie drożność i były mechanicznie rozwiercane w celu przywrócenia funkcjonalności

Rys. 6 Produkty korozji i wżery korozyjne układu chłodzenia stempla w formie wtryskowej, jako efekt braku uzdatniania wody

Rys. 7 Produkty korozji na elemencie układu chłodzenia formy wtryskowej – efekt braku uzdatniania wody

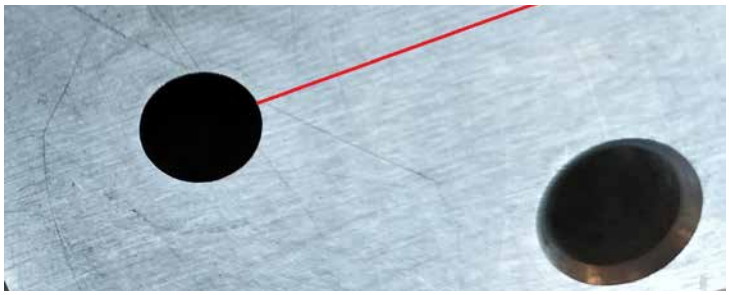
Rys. 8 Produkty korozji na elementach formy wtryskowej po kontakcie z wodą uzdatnioną, spełniającą założone normy

Na rysunkach 5-7 pokazano osady z wody na elementach układu chłodzenia formy wtryskowej. Woda chłodząca w tych przypadkach nie była uzdatniana.

Co ciekawe, zdarza się, że mimo uzdatniania woda również może nie być dobrym medium chłodzącym. Na rysunku 8 pokazano ślady korozji chemicznej na elementach układu chłodzenia formy wtryskowej. W tym przypadku woda chłodząca

Rys. 9 Przykładowe formy wtryskowe pracujące z wysokiej jakości płynem chłodniczym na bazie glikolu etylenowego

Rys. 10



Rys. 11

Rys. 12

Rys. 10-12 Kanały chłodzące formy wtryskowej pracujące z wysokiej jakości płynem chłodniczym na bazie glikolu etylenowego (na rysunku 10 widoczne jedynie ślady smaru)

była uzdatniana, a jej parametry spełniały surowe zalecenia producenta urządzeń chłodniczych. Jak widać, nawet w takim przypadku są realne problemy z powstawaniem osadów.

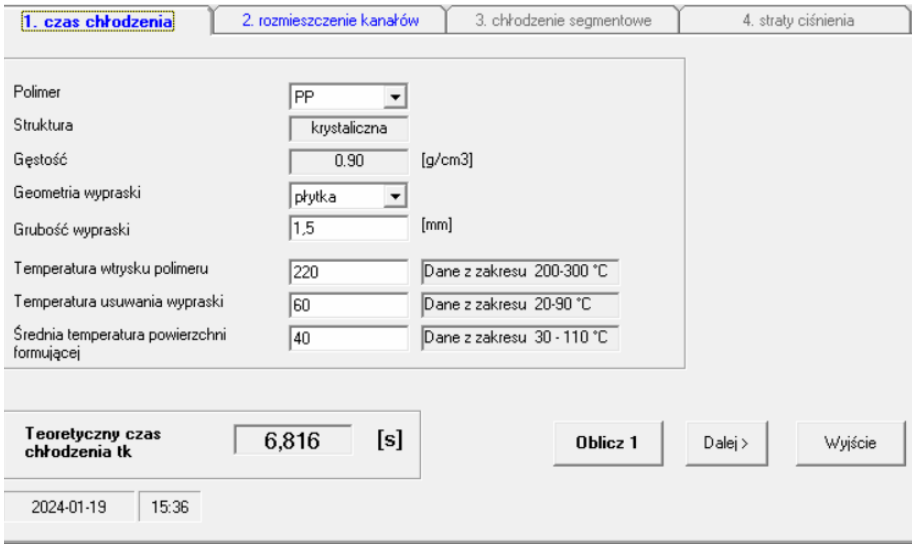
Mimo wielu korzystnych właściwości wody jako medium chłodzącego, z biegiem czasu, nawet pomimo jej uzdatniania, często powstają osady na elementach układu chłodzenia i z tego powodu jej zdolność do odbioru ciepła ulega drastycznemu obniżeniu. Powoduje to szereg niekorzystnych właściwości: wydłużenie czasu cyklu wtrysku (zmniejszenie wydajności produkcji), przegrzewanie się oleju maszyn, serwomotorów, szaf sterowniczych (awarie), zmniejszenie wydajności urządzeń chłodniczych (zatrzymywanie produkcji w sezonie letnim).

Na rysunkach 9-12 pokazano wygląd formy i stan jej kanałów chłodzących po wieloletniej pracy z wysokiej jakości gotowym płynem na bazie glikolu etylenowego (stężenie 48%, temperatura krystalizacji -35 °C). Jak widać stan kanałów chłodzących jest doskonały. Brak jest jakiegokolwiek osadu (poza smarem), co dowodzi, że taki płyn ma własności konserwujące i samorzutnie czyszczące obiegi chłodzenia, co z kolei zapewnia wysoką jakość i powtarzalność produkcji wtryskowej.

Kontynuując rozważania o tym co lepsze – glikol czy woda, skorzystam z programu „Chłodzenie form wtryskowych". Jest to prosty analityczny program napisany przeze mnie w języku Visual Basic na podstawie przeglądu literatury z zakresu teorii przepływu ciepła w formach wtryskowych. Program ten może służyć konstruktorom form wtryskowych do wstępnej analizy systemu chłodzenia. Program składa się między innymi z następujących modułów (zakładek), które pozwalają na:

- obliczenie teoretycznego czasu chłodzenia wypraski dla różnych tworzyw, różnych temperatur przetwórstwa, różnych grubości ścianek wypraski i różnych modeli obliczeniowych (Rys. 13),
- obliczenie rozkładu kanałów chłodzących w formie, przy założonym czasie cyklu i założonej nierównomierności rozkładu temperatury na powierzchni formującej (program uwzględnia różne materiały formy o różnej przewodności cieplnej, różne rodzaje medium chłodzącego) (Rys. 14).

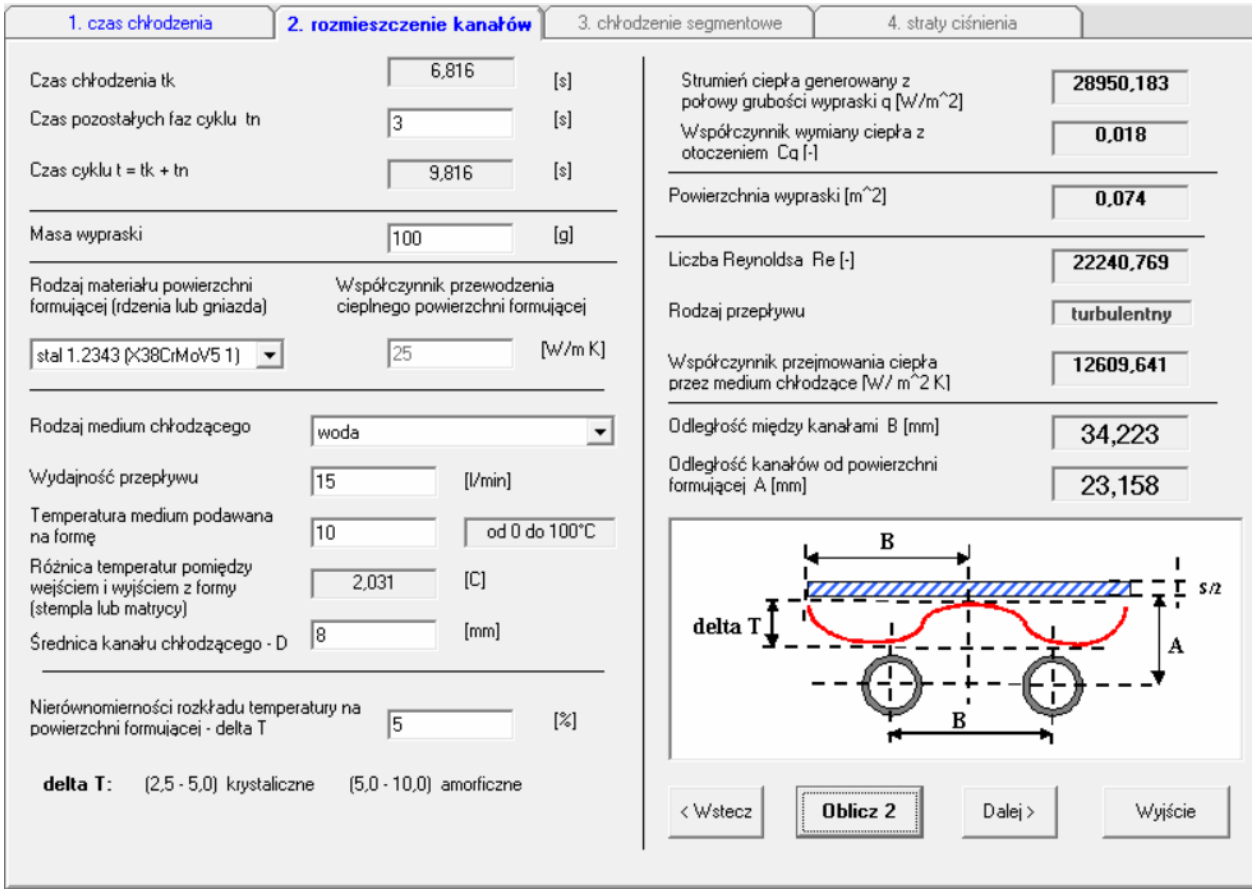
Najważniejszym z parametrów, jakie możemy otrzymać z programu, jest odległość między kanałami chłodzącymi i odległość kanałów od powierzchni formującej (odpowiednio – odległość B i A na rysunku 14), tak aby zrealizować zadany czas cyklu.



Rys. 13 Widok pierwszej zakładki programu „Chłodzenie form wtryskowych"

Na rysunku 15 pokazano wyniki dwóch analiz uwzględniające różne tworzywa, grubości ścianki wypraski, różne media chłodzące. Standardowa stal na wkładki formujące ma przewodność cieplną 25 W/mK. Przyjęto, że typowy osad na ściance kanału chłodniczego to węglan wapnia ($CaCO_3$) o przewodności 0,8 W/mK. Do programu wstawiano obliczoną wcześniej przewodność zastępczą układu: forma – osad, przy wykorzystaniu wzoru:

```
Przewodność zastępcza = [ 1 / [grubość osadu / przewodność osadu + grubość formy
(wartość A z programu) / przewodność formy] * [grubość osadu + grubość formy]
```

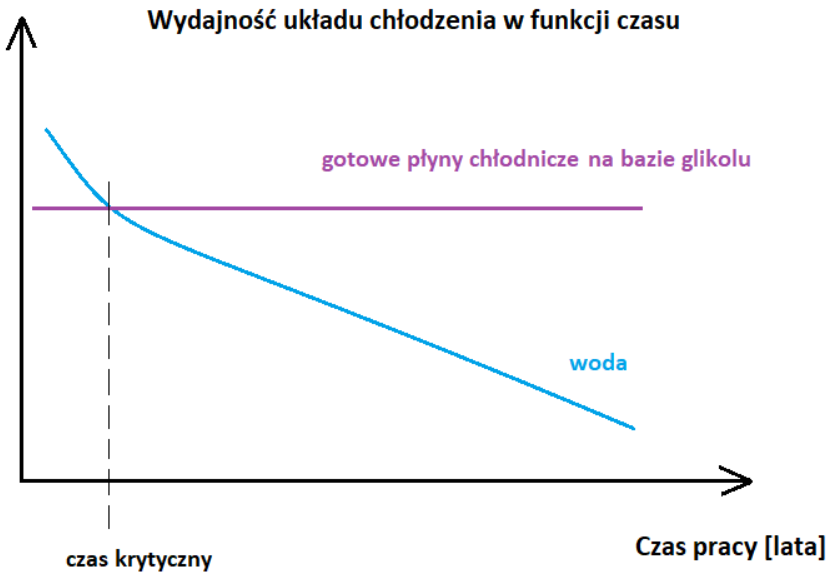


Rys. 14 Widok drugiej zakładki programu „Chłodzenie form wtryskowych"

Rys. 15 Zebrane wyniki obliczeń

	Przykład 1				
	Założenia: PP, 1.5 mm, cykl 9,8 s, kanały fi 8 mm				
	Obliczenia wstępne				
Lp.	grub osadu [mm]	Przewodność osadu [W/mK]	Odległość A [mm]	Przewodność formy [W/mK]	**Obliczona przewodność zastępcza układu: forma - osad [W/mK]**
1	0,25	0,8	23,1	25	18,9
2	0,5	0,8	23,1	25	15,2
3	1	0,8	23,1	25	11,1
	Obliczenia w programie Chłodzenie				
Lp.		Średnica czynna kanału chłodzącego [mm]	Przewodność zastępcza układu: forma - osad [W/mK]	B [mm]	**A [mm]**
4	woda	8	25	34,2	23,1
5	glikol etylenowy 40%	8	25	33,0	21,2
6	glikol propylenowy 40%	8	25	31,3	19,4
7	woda + osad 0,25 mm	7,5	18,9	25,8	18,0
8	woda + osad 0,5 mm	7	15,2	20,5	14,8
9	woda + osad 1,0 mm	6	11,1	14,4	11,0
	Przykład 2				
	Założenia: ABS, 2.0 mm, cykl 14.6 s, kanały fi 10 mm				
	Obliczenia wstępne				
Lp.	grub osadu [mm]	Przewodność osadu [W/mK]	Odległość A [mm]	Przewodność formy [W/mK]	**Obliczona przewodność zastępcza układu: forma - osad [W/mK]**
10	**0,25**	**0,8**	**54,5**	**25**	**22,0**
11	**0,5**	**0,8**	**54,5**	**25**	**19,6**
12	**1**	**0,8**	**54,5**	**25**	**16,2**
	Obliczenia w programie Chłodzenie				
Lp.		Średnica czynna kanału chłodzącego [mm]	Przewodność zastępcza układu: forma - osad [W/mK]	B [mm]	A [mm]
13	woda	10	25	84,8	54,5
14	glikol etylenowy 40%	10	25	75,6	46,1
15	glikol propylenowy 40%	10	25	63,6	37,2
16	woda + osad 0,25 mm	9,5	22,0	75,8	49,5
17	woda + osad 0,5 mm	9	19,6	68,3	45,3
18	woda + osad 1,0 mm	8	16,2	56,9	38,9

Dla każdego z dwóch przykładów analiz widać, że gdy medium chłodzącym jest czysta woda, to wartości A i B są korzystnie największe. Wprowadzenie do analizy glikolu etylenowego spowodowało zmniejszenie wartości A i B w stosunku do wody. Oznacza to w praktyce, że medium to gorzej



Rys. 16 Wydajność typowego układu chłodzenia w funkcji czasu – dla dwóch różnych rodzajów medium w układzie chłodzenia

odbiera ciepło i dlatego w formie musi być więcej kanałów chłodzących i muszą one być umiejscowione bliżej powierzchni formującej. Zastosowanie glikolu propylenowego (ekologicznego) jeszcze bardziej powoduje zmniejszenie wartości A i B, w stosunku do glikolu etylenowego, ponieważ jest bardziej lepki.

W dalszej części analizy możemy zauważyć, jaki wpływ na wartości A i B ma stosowanie wody, z której wydziela się na powierzchni kanału chłodzącego osad o danej grubości. Widać, że grubości osadów rzędu 0,25-0,5 mm wywołują podobne skutki w odbiorze ciepła, jak w przypadku stosowania glikolu etylenowego, który usuwa wszelkie osady. Płyn na bazie glikolu etylenowego można traktować jako kompromis techniczno-cenowy, czyli tak zwany złoty środek.

Na podstawie doświadczeń opisanych wyżej doszedłem do wniosku schematycznie ujętego na rysunku 16. Na samym początku, tuż po uruchomieniu układu chłodzenia pracującego na wodzie, jego wydajność jest wyższa niż podobnego układu pracującego na glikolu. Zazwyczaj jest to czas od kilku do kilkunastu miesięcy. Po upływie tego czasu pojawiają się w kanałach chłodzących, wymiennikach, rurach, osady grubsze niż 0,25-0,5 mm, które powodują, że zdolność do chłodzenia jest mniejsza niż w systemie chłodzenia pracującym na glikolu.

Oczywiście zawsze jest możliwość kosztownego czyszczenia kanałów chłodzących w formie, rur, wymienników, urządzeń chłodniczych, co jest zabiegiem bardzo kosztownym i przynoszącym rezultaty nie zawsze pożądane (możliwość wywołania korozji).

Z kolei wydajność układu chłodzenia pracującego na glikolu, początkowo jest niższa, ale jest stała w czasie, co jest niezmiernie ważne dla stabilności i powtarzalności każdego procesu produkcyjnego.

Warto zauważyć, że specjalistyczne formy wtryskowe zawierające tzw. konformalne kanały chłodzące (zazwyczaj o małych średnicach i dużym stopniu skomplikowania kształtów) wymagają do swej pracy gotowych mediów chłodzących na bazie glikolu. Nie dopuszcza się stosowania wody w takich układach chłodzenia z powodów opisywanych powyżej.

dr inż. Mariusz Ambroziak
Wadim Plast Sp. z o.o.
mariusz.ambroziak@wadim.com.pl

Literatura i materiały źródłowe:

1. Broszura techniczna firmy Boryszew SA: *Płyn do instalacji chłodniczych, klimatyzacyjnych, grzewczych, pomp ciepła, układów solarnych – Ergolid*, Sochaczew 2011
2. Niepublikowane materiały z audytów i analiz przeprowadzonych w ramach pracy w firmie Wadim Plast Sp. z o.o.
3. M. Ambroziak: Program „Chłodzenie Form Wtryskowych"
4. O. Zolner: *Optimized Mould Temperature Control*, Application Technology Information ATI 1104 d,e. 1997, Publikacja Bayer Plastics Business Group

INSTALGLIK

Płyny niskokrzepnące do instalacji

glikol etylenowy
glikol propylenowy

USŁUGI

Realizujemy dostawy na terenie całego kraju, dysponujemy wysokowydajnymi pompami umożliwiającymi napełnienie płynem każdej instalacji.

Oferujemy doradztwo z zakresie doboru płynu oraz poprawy parametrów używanego płynu.

Na życzenie klienta wykonujemy pomiar stężenie glikolu w instalacji oraz szczegółowe badanie i analizę stopnia zużycia roztworów glikolu.

Oferujemy utylizację przepracowanych płynów wraz z kompletem dokumentów określonych w ustawie o odpadach.

DOKUMENTY

Płyny ERGOLID posiadają Rekomendację Techniczną ITB, Atest Higieniczny PZH (dla glikolu propylenowego) oraz pozytywną opinię CNBOP.

ZASTOSOWANIE

Przeznaczone do stosowania w instalacjach grzewczych, chłodniczych, klimatyzacyjnych, solarnych i pompach ciepła. Mogą być stosowane jako nośnik grzewczy lub chłodzący w instalacjach przemysłowych.

JAKOŚĆ

Produkowane na czystym, nie pochodzącym z recyklingu glikolu, bez dodatku gliceryny, oparte na technologii kwasów organicznych Organic Acid Technology OAT. Nie zawierają toksycznych azotynów, krzemianów, amin i fosforanów.

BEZPIECZEŃSTWO

Zawierają zestaw inhibitorów, zabezpieczających instalację przed zjawiskiem korozji oraz biocydy, zapobiegające powstawaniu życia biologicznego, umożliwiające instalacji pracę w nienaruszonym stanie przez długie lata.
Gwarancja producenta - 5 lat.

KONTAKT

www.instalglik.pl
biuro@instalglik.pl
+48 731 444 895

Obliczenia stosowane dla łożysk napędów pojazdów elektrycznych w odniesieniu do łożysk stożkowych zmniejszających zużycie paliwa

Łożyska zmniejszające zużycie paliwa FE (*Fuel-Efficient*) do zastosowań w ułożyskowaniu zębników zostały opracowane na początku 21-go wieku. Ich celem była redukcja strat mocy w osiach napędowych pojazdów, co wcześniej było nieosiągalne dla standardowych łożysk stożkowych. Jednym z pierwszych klientów który zdecydował się na zastosowanie łożysk FE firmy Timken był producent samochodów luksusowych, a łożyska były przeznaczone do jednej z linii pojazdów klasy Premium. Nowa konstrukcja osi napędowej zwiększyła oszczędność zużycia paliwa o 1,5% i zredukowała straty mocy o 25%.

Jean Merckling

Podczas opracowywania pojazdów elektrycznych pojawiają się wysokie wymagania dotyczące wydajności układu napędowego. Stosowane jest kilka rodzajów łożysk, które przyczyniają się do zwiększenia wydajności systemu. Są to m.in. łożyska kulkowe dla silników o mniejszym momencie obrotowym lub łożyska stożkowe, gdy wymagane jest przenoszenie wyższych obciążeń (szczególnie w przypadku wałów pośrednich napędu pojazdu elektrycznego o wyższym momencie obrotowym silnika).

Firma Timken opracowała nowe technologie w celu dalszej poprawy wydajności łożysk stożkowych do zastosowań w zębnikach osi, które pozwalają na uzyskanie takich samych lub wyższych wydajności charakteryzujących łożyska kulkowe skośne. Technologię tę można również stosować w napędach pojazdów elektrycznych. Niniejszy artykuł koncentruje się na rozwiązaniach łożyskowych, które przewyższają standardowe łożyska stożkowe pod kątem poprawy wydajności w napędach pojazdów elektrycznych.

TECHNOLOGIA ŁOŻYSK STOŻKOWYCH ZMNIEJSZAJĄCYCH ZUŻYCIE PALIWA

Konstrukcja łożysk FE została opracowana na podstawie wymagań klientów dotyczących strat mocy, wytrzymałości oraz analizie wydajności cyklu pracy, a także zrozumieniu kluczowych warunków obciążenia, mających wpływ na utratę mocy i ograniczenia trwałości.

Zmieniając konstrukcję łożyska na bardziej efektywną, można uzyskać znaczną poprawę wydajności. Łożyska FE firmy Timken, w porównaniu ze standardową konstrukcją, zmniejszają wartości momentu tarcia łożysk nawet o 40% w określonym zakresie prędkości wału, wartości momentu wejściowego i temperatur pracy.

Konstrukcja łożysk FE zakłada optymalizację profili, które nie tylko zmniejszają moment tarcia,

	Ulepszone pod kątem zmniejszenia zużycia paliwa (FE)	Seria FE	Seria PDFE
Makrogeometria FE:	NIE (standard)	JA	TAK (duża gęstość mocy)
Mikrogeometria FE:	TAK	TAK	TAK
Cechy technologii nowej generacji FE:	Możliwe	Możliwe	Możliwe
Poprawa wydajności vs. łożysko standardowe:	do 10%	do 30%	do 40%

Rys. 1

ale także polepszają rozkład naprężeń na bieżniach łożyska. Wysoce zaawansowane technicznie (pod względem zastosowanych profili, materiału, chropowatości powierzchni itp.) łożyska FE mogą zapewnić znaczną poprawę osiąganych trwałości łożysk.

W 2011 roku firma Timken zwiększyła nośności dynamiczne łożysk stożkowych, co umożliwiło opracowanie nowej generacji konstrukcji łożyska FE o dużej gęstości mocy (PDFE), oferującego w wielu przypadkach możliwość zmniejszenia rozmiarów łożyska.

Łożysko FE zmniejszające zużycie paliwa może być zaprojektowane z uwzględnieniem różnych celów i parametrów technicznych. Trzy rodzaje konstrukcji przedstawiono na rysunku 1.

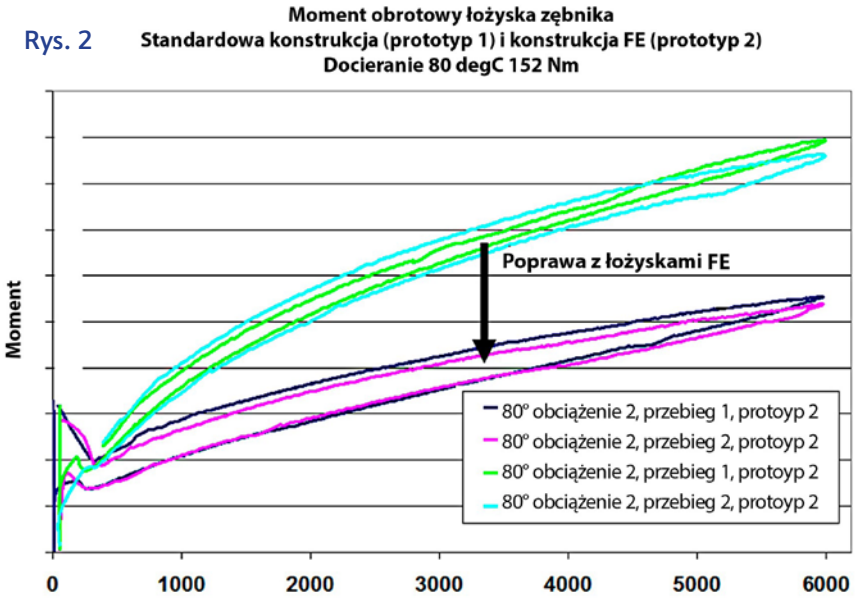
Poniżej znajdują się szczegółowe informacje na temat trzech głównych cech konstrukcyjnych w łożyskach FE firmy Timken które wpływają na zmniejszenie zużycia paliwa:

1. Makrogeometria: w celu osiągnięcia najwyższej możliwej wydajności opracowano i zoptymalizowano kilka nowych serii łożysk do szczególnych zastosowań (nowy element toczny i nowy kosz = nowa wewnętrzna makrogeometria).

2. Mikrogeometria: jest związana z zastosowanymi profilami i odpowiednią chropowatością powierzchni bieżni, które mają zasadnicze znaczenie dla uzyskania dużych wydajności.

3. Cechy nowej generacji łożysk FE: ostatnie opracowania i testy umożliwiły określenie wytycznych w zakresie nowych konstrukcji łożysk.

Rys. 2



Zwiększenie wydajności łożysk FE oszacowane przy wykorzystaniu programu Syber (narzędzie firmy Timken do modelowania łożysk i węzłów łożyskowych) w porównaniu do łożysk standardowych, zostało potwierdzone podczas testów wykonanych na stanowiskach symulujących obciążenie łożysk zębnika (patrz rysunek 2).

ANALIZA PRZYPADKU: ŁOŻYSKO STOŻKOWE FE ZMNIEJSZAJĄCE ZUŻYCIE PALIWA DO ZASTOSOWAŃ W NAPĘDACH ELEKTRYCZNYCH SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

Poniższa część artykułu przedstawia studium przypadku zastosowania łożysk stożkowych FE w samochodach osobowych z napędem elektrycznym.

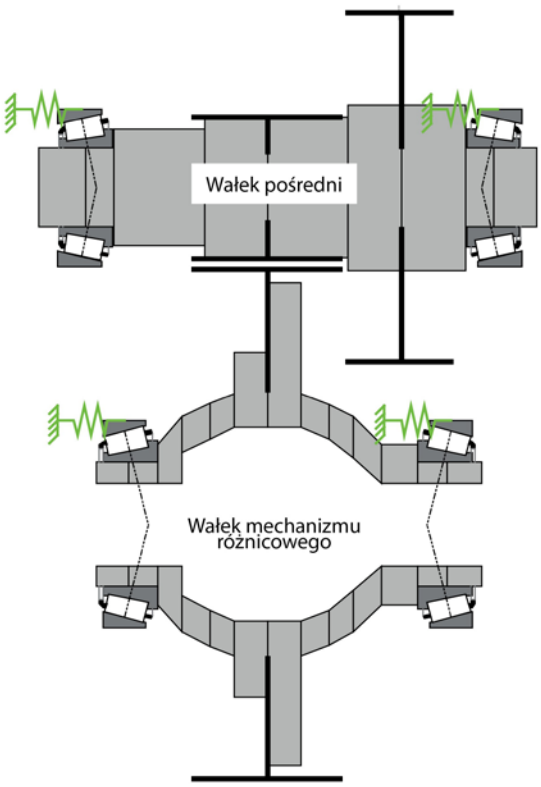
Typowa konstrukcja napędu elektrycznego do lekkich pojazdów składa się z 3 równoległych wałków:

- wałek wejściowy połączony z silnikiem elektrycznym, którego ułożyskowanie stanowią zwykle łożyska kulkowe ze względu na bardzo wysokie prędkości (do 25 000 obr./min).
- wałek pośredni do pierwszego stopnia redukcji obrotów, wykorzystujący łożyska kulkowe dla silników o niskim momencie obrotowym lub łożyska stożkowe dla silników o średnim i wysokim momencie obrotowym.
- wałek mechanizmu różnicowego do drugiego stopnia redukcji obrotów i rozdzielania momentu obrotowego na koła, najczęściej wykorzystujący łożyska stożkowe, takie jak w tradycyjnych osiach lub skrzyniach samochodów z silnikami spalinowymi.

Firma Timken koncentruje się na ułożyskowaniach wałka pośredniego i mechanizmu różnicowego, gdzie łożyska stożkowe są rozwiązaniem możliwym do zastosowania. Przeanalizowano typowy napęd elektryczny do małego samochodu i utworzono model obliczeniowy Syber dla takich wałków, jak pokazano na rysunku 3.

Poniżej przedstawiono kluczowe dane obliczeniowe:

- Zastosowany środek smarny to typowy olej syntetyczny o niskiej lepkości do napędów elektrycznych, o lepkości 24 cSt w temperaturze 40 °C i 5,5 cSt w temperaturze 100 °C.
- Przyjęto klasę czystości ISO 19/16 (według normy ISO 4406).
- Materiał wałka - stal, a obudowy – aluminium.
- Obudowa – na sprężynach o założonych wartościach sztywności.



Rys. 3 Model obliczeniowy Syber

- Średnia temperatura pracy dla obliczeń trwałości to 85 °C.
- Współczynnik redukcji dla napędu elektrycznego: 10
- W celu porównania trwałości zmęczeniowej łożyska z trwałością docelową łożyska klienta zastosowano cykl trwałości z 20 stanami obciążenia od jazdy do żeglowania.
- Obliczono również scenariusz obciążenia blokadą postojową w celu sprawdzenia naprężeń na bieżni w przypadku nadmiernego użycia tego typu obciążenia.

Aby ocenić wydajność łożysk, do obliczeń strat w łożyskach wykorzystano typowy cykl dla testu WLTP (patrz rysunek 4):

1. Średnia temperatura 40°C.
2. Zakres prędkości na wejściu od 4000 do 11 000 obr./min przez 80% czasu.
3. Zakres prędkości na wejściu od 0 do 3500 obr./min przez 20% czasu.
4. Warunki jazdy stanowią ~63% czasu, a warunki żeglowania ~37% czasu.

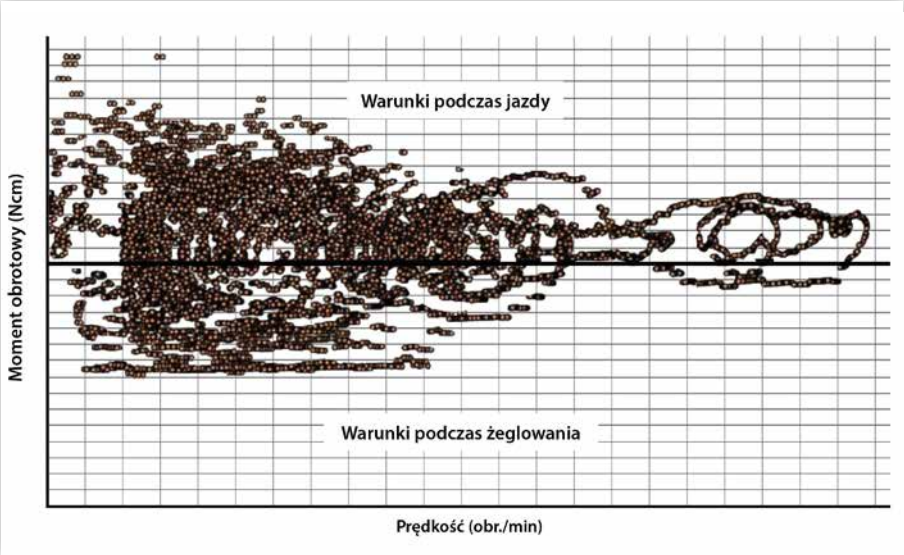
Opis wykresów na rysunku 5:

- Na górnym wykresie pokazano straty mocy (W) i prędkość (obr./min) na łożysku dla wszystkich warunków pracy. Z wykresu wynika, że największe straty mocy występują przy najwyższych prędkościach.
- Na dolnym wykresie, na osi X, widać udział strat energii w określonych warunkach w całkowitym cyklu w stosunku do prędkości (obr./min) i procentowego wykorzystania na osi Y. Pokazuje to, że dla całego cyklu to najwyższa prędkość i najwyższe procentowe wykorzystanie (patrz zielone kółko) są najważniejsze dla wydajności łożysk w cyklu WLTP.

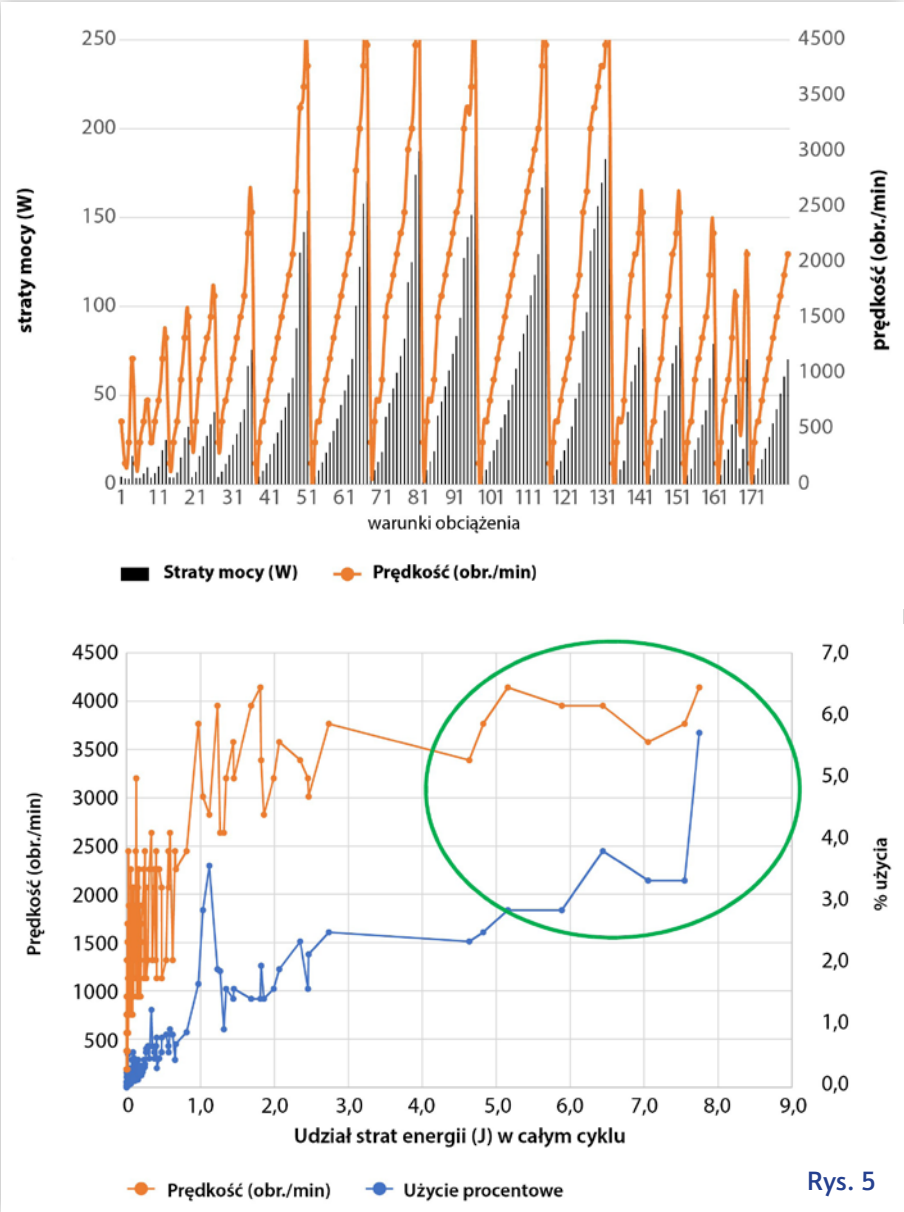
Za punkt odniesienia przyjmuje się „standardowe łożyska katalogowe" które zostały wykorzystane w wielu niskonakładowych konstrukcjach osi do pojazdów elektrycznych pierwszej generacji (ze względu na koszty i dostępność na rynku).

- wymiary wałka pośredniego: ~29 x 57 x 20
- wymiary wałka mechanizmu różnicowego: 45 x 75 x 20

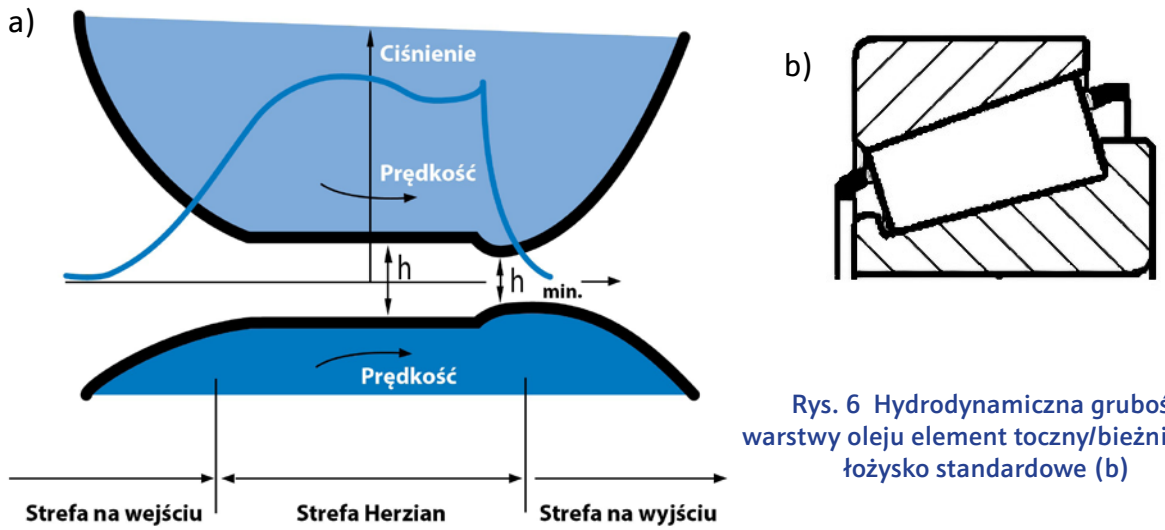
Większość wykorzystywanych łożysk wykonanych jest ze stali hartowanej 100Cr6/52100 i posiadają standardowy rodzaj geometrii zgodny ze normami branżowymi. Rozwiązania o takiej konstrukcji są bardziej odpowiednie do mniej wymagających zastosowań



Rys. 4 Warunki obciążenia wg WLTP



Rys. 5



Rys. 6 Hydrodynamiczna grubość warstwy oleju element toczny/bieżnia (a); łożysko standardowe (b)

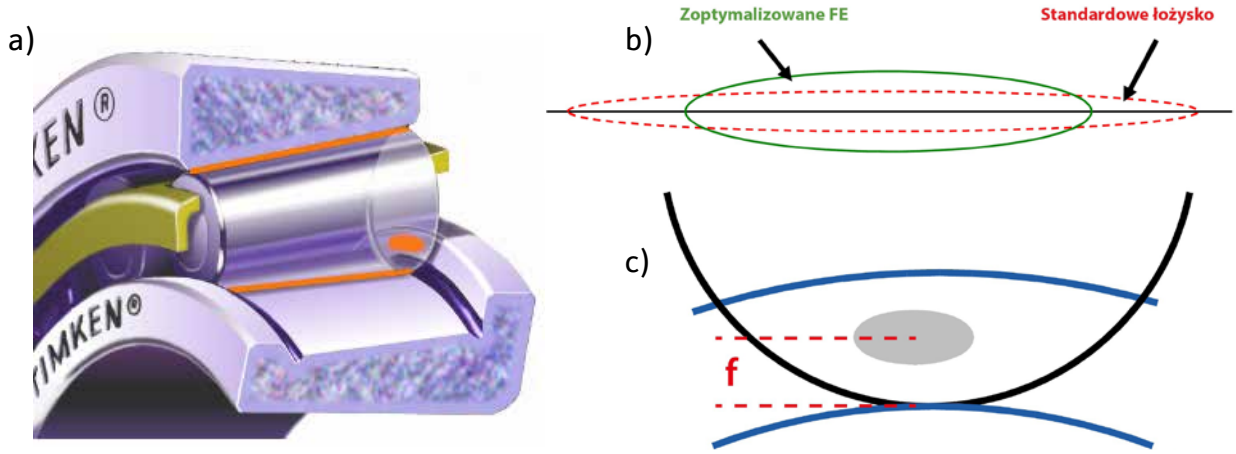
pod względem wielkości przenoszonych obciążeń i środowiska pracy (np. temperatury pracy i stopnia zanieczyszczeń), w których wysoka wydajność nie jest kluczowym czynnikiem (patrz rysunki 6a i 6b – łożyska te posiadają dłuższe elementy toczne, co skutkuje wysokimi stratami hydrodynamicznymi na powierzchni bieżni).

Zaletą zastosowania łożyska stożkowego w porównaniu z łożyskiem kulkowym jest jego większa trwałość i mniejszy rozmiar, co czyni go dobrym wyborem do napędów elektrycznych.

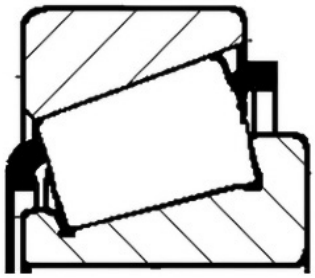
Wyniki obliczeń wytrzymałości i naprężeń na powierzchni bieżni:

- Ten typ ułożyskowania wałka pośredniego jest odpowiedni, jednakże nie ma one wysokiego współczynnika bezpieczeństwa. W warunkach niskiej sztywności obudowy, wyższych momentów obrotowych lub większych ilości zanieczyszczeń w oleju, aby spełnić wymagania dotyczące trwałości, konieczne byłoby zastosowanie łożysk ulepszonych lub łożysk o większym rozmiarze.
- Ponieważ zostały one przeniesione z mechanizmu różnicowego ręcznej skrzyni biegów o wyższym momencie obrotowym, łożyska wałka mechanizmu różnicowego mają bardzo wysoki współczynnik bezpieczeństwa i są nieco za duże. Jednak takie rozwiązanie zostało celowo wybrane przez klienta, aby umożliwić zastosowanie w tym napędzie elektrycznym mechanizmu różnicowego o dużej pojemności.

Pierwszym możliwym rozwiązaniem pozwalającym poprawić wydajność („łożyska FE") przy zachowaniu tego samego rozmiaru łożyska jest



Rys. 7 Mikrogeometria łożyska w kolorze pomarańczowym (a); optymalny kontakt toczny na powierzchni bieżni (b); optymalny kontakt ślizgowy na powierzchni bieżni pomocniczej (c)



Rys. 8 Łożysko FE o optymalnej makrogeometrii

ulepszenie wewnętrznej mikrogeometrii standardowych łożysk za pomocą specyfikacji stosowanych dla łożysk Timken zmniejszających zużycie paliwa (FE). Patrz rysunki od 7a do 7c, które ilustrują zmiany odpowiednio w łożysku oraz na powierzchni bieżni głównej i pomocniczej.

Podstawową zaletą tego ułożyskowań „ulepszonych pod kątem zmniejszenia zużycia paliwa" jest to, że umożliwiają one klientom zapewnienie „zamiennika" do zastosowania w istniejącej architekturze napędów elektrycznych. Korzyści w zakresie strat mocy łożyska mieszczą się w zakresie od -15% do -25%, w zależności od rodzaju zmian mikrogeometrii zapewniających oszczędność paliwa dokonanych w łożysku (jak pokazano na rysunkach od 7a do 7c). Szacunki strat mocy opierają się na zastosowaniu cyklu WLTP przy średniej temperaturze roboczej 40°C.

Drugim możliwym rozwiązaniem poprawiającym wydajność z użyciem „łożyska FE" jest jego zoptymalizowany rozmiar z makrogeometrią o wyższej wydajności, jak pokazano na rysunku 7 (w miarę możliwości mniejsza długość elementu tocznego i mniejsza średnica wewnętrzna łożyska). Rozwiązanie to wykorzystuje udoskonaloną mikrogeometrię wewnętrzną firmy Timken (jak widać na rysunku 7a).

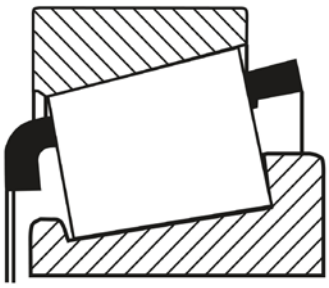
Wyzwaniem dla opracowania tego typu produktów łożyskowych FE jest stworzenie odpowiedniego rozwiązania optymalizującego układu przeniesienia napędu. Tempo adaptacji przez branżę motoryzacyjną może w dużym stopniu zależeć od wielkości produkcji. Korzyści w zakresie utraty mocy łożyska mieszczą się w zakresie od -20% do -30%, w zależności od wybranego rozmiaru łożyska i jego specyfikacji.

Trzecim możliwym rozwiązaniem pozwalającym poprawić wydajność stosując „łożyska FE o dużej gęstości mocy" jest zaprojektowanie bardziej zwartej konstrukcji (patrz rysunek 9a) oraz, jak wspomniano wcześniej, ulepszenie wewnętrznej mikrogeometrii poprzez zastosowanie specyfikacji Timken dla łożysk zmniejszających zużycie paliwa (FE).

Korzyści w zakresie strat mocy łożyska mieszczą się w zakresie od -30% do -40%, w zależności od wybranego rozmiaru łożyska i jego specyfikacji.

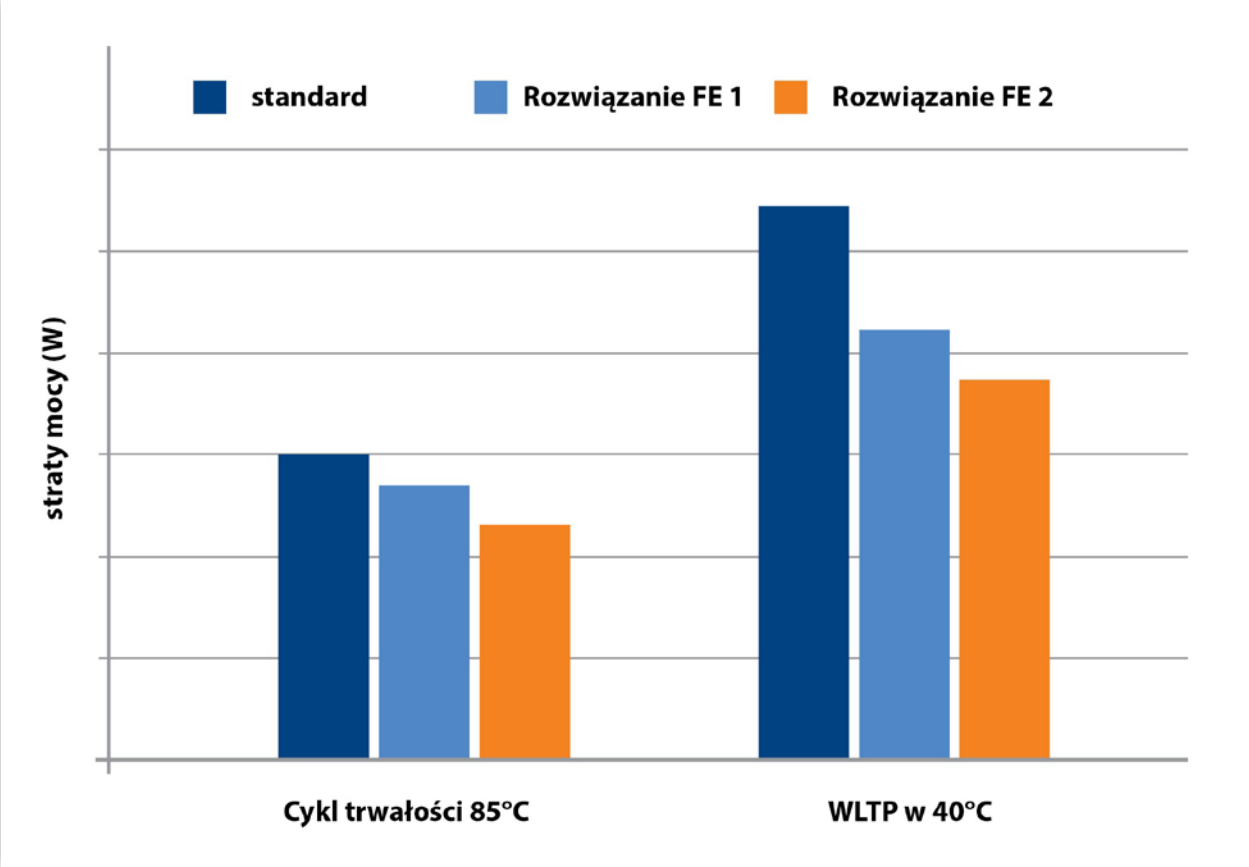
Wyzwaniem związanym z wdrożeniem rozwiązań łożyskowych FE jest zrównoważenie potrzeb w zakresie wydajności i trwałości danego zastosowania. Wykorzystanie zaawansowanego oprogramowania do modelowania jest niezbędne w celu umożliwienia uwzględnienia w konstrukcji łożyska wszystkich wpływów na poziomie systemowym.

a)



Rys. 9 Łożysko FE o dużej gęstości mocy (a); Pakiet możliwych cech łożysk FE (b)

b)



Rys. 10 Obliczanie ważonych strat mocy łożysk

Tam, gdzie konieczne jest zwiększenie trwałości przy jednoczesnym zachowaniu najwyższej możliwej wydajności, firma Timken może zapewnić najwyższej jakości materiały i opcje obróbki cieplnej (np. nawęglanie). Zastosowanie takiej obróbki cieplnej może zwiększyć trwałość łożysk w porównaniu z łożyskami standardowymi podczas pracy w trudnych warunkach, w tym w przypadku występowania zanieczyszczeń i/lub bardzo cienkiej warstwy filmu olejowego.

Obliczone wyniki ważonych strat mocy łożysk dla wcześniej opisanych konstrukcji łożysk przedstawiono na wykresie na rysunku 9. Stratę mocy pokazano zarówno dla cyklu trwałości, jak i cyklu wydajności WLTP, w odpowiednich średnich temperaturach roboczych.

Wartości dotyczą wałka pośredniego i trzech typów łożysk stożkowych:

- Aktualnie stosowane standardowe łożysko jako punkt odniesienia.
- Rozwiązanie FE 1, które ma podobny rozmiar jak łożysko standardowe i zapewnia dobrą wydajność.
- Rozwiązanie FE 2, czyli konstrukcja łożyska FE o dużej gęstości mocy, zapewniająca najlepszą poprawę wydajności.

inż. Jean Merckling
Specjalista ds. Rozwoju w Dziale Samochodowym
Timken Europe, Colmar (Francja)

Szlifowanie powierzchni płasko-równoległych z kinematyką docierania

Podczas docierania powierzchni płaskich i płasko-równoległych, przy swobodnej aktywizacji tarczy docierającej mikroziarnami ściernymi, niezbędnym warunkiem realizacji obróbki jest odpowiednie dawkowanie zawiesiny ściernej. Zwykle w praktyce technologicznej dozowanie to jest zbyt obfite. Część mikroziaren zostaje bardzo szybko usunięta przez poruszające się przedmioty z powierzchni czynnej docieraka metalowego i nie bierze udziału w skrawaniu. W procesie szlifowania z kinematyką docierania, w miejsce żeliwnych lub dwumateriałowych tarcz docierających, wykorzystuje się monolityczne lub najczęściej segmentowe ściernice z syntetycznego diamentu lub regularnego azotku boru. Proces ten pozwala na uzyskanie jakości obrobionej powierzchni porównywalnej do docierania luźnym ścierniwem, przy jednoczesnym obniżeniu jednostkowych kosztów produkcji.

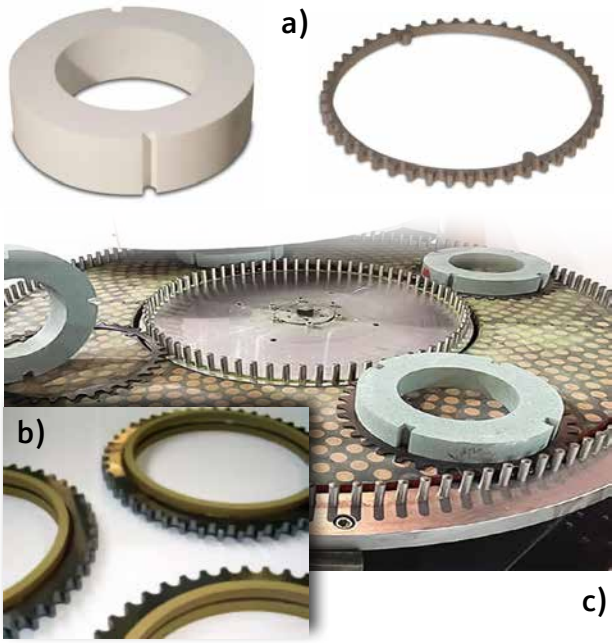
Adam Barylski

Współcześnie wiele specjalistycznych firm proponuje technologię, narzędzia i obrabiarki do szlifowania z kinematyką docierania (w literaturze stosowane są też określenia: mikroszlifowanie, gładzenie) powierzchni płaskich i płasko-równoległych na obrabiarkach jedno- i dwutarczowych [6, 7]. Szlifowanie na docierarkach jest stosunkowo nowym sposobem wykończeniowej obróbki ściernej, który został wprowadzony szerzej do praktyki pod koniec ubiegłego wieku. Proces ten pozwala na uzyskanie jakości obrobionej powierzchni porównywalnej do docierania, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji. Oszczędność ta wynika głównie ze skrócenia czasu obróbki, jak i z łatwiejszego oczyszczenia obrobionych elementów.

W procesie mikroszlifowania powierzchni płaskich i płasko-równoległych kinematyka obróbki jest identyczna jak dla docierania na standardowych docierarkach tarczowych [1, 3, 4]. Obecnie w praktyce przeważa szlifowanie na docierarkach dwutarczowych o kinematyce planetarnej (Rys. 1). Takie docierarki, o średnicach tarcz do 1800 mm, przystosowane do wyższych prędkości skrawania, wyposażone są w kilka separatorów przedmiotowych, portalowy sztywny korpus odlewany (zapewniający stabilizację cieplną i mechaniczną obrabiarki), w chłodzenie wymuszone tarcz docierających, obracających się z prędkością nawet do 350 min^{-1}, wraz z możliwością częściowej lub pełnej automatyzacji załadunku i rozładunku obrabianych elementów, a także

Rys. 1 Obiegowy (planetarny) układ wykonawczy (kinematyczny) szlifowania wybranych elementów płasko-równoległych o różnym zarysie i wielkości na docierarkach dwutarczowych (źródło: Newdiamondtools)

z dodatkowymi narzędziami szczotkowymi do usuwania zadziorów oraz wspomaganą komputerowo bezstykową kontrolą czynną i nadzorowaniem zdalnym. Elementy obrabiane na docierarce dwutarczowej rozmieszczane są w separatorach o konstrukcji zależnej od wielkości przedmiotów, zaś powierzchnie robocze narzędzi są okresowo obciągane (Rys. 2).



Rys. 2 Obciągacze stosowane w procesie szlifowania z kinematyką docierania;
a) standardowy,
b) typu vDD,
c) rozmieszczenie obciągaczy w układzie wykonawczym obrabiarki
(źródło: Stähli)

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Aspekty montażu przemysłowego samochodów

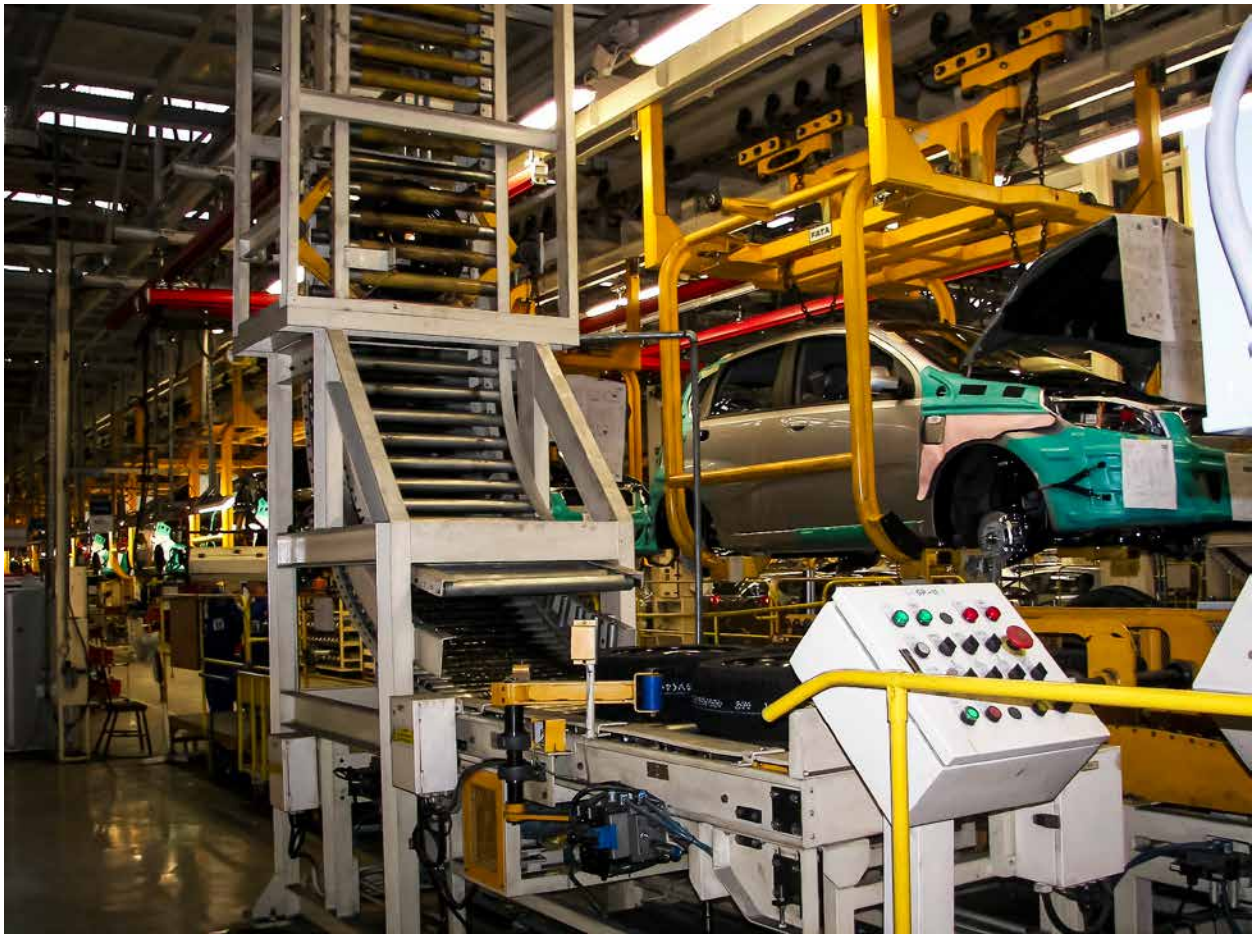
Aleksander Łukomski

Produkcja wyrobów metalowych w zdecydowanej większości polega na wykonywaniu w fabryce części i ich montażu w konkretną całość, np. maszynę. Są jednak sytuacje, gdy wykonane w fabryce części są montowane w konkretny wyrób gdzieś indziej, w innym kraju lub nawet na innym kontynencie.

Bywa że import gotowych wyrobów napotyka na pewne problemy, jak np. wysokie cła przywozowe, akcyzy i inne podatki lub narzędzia protekcjonizmu gospodarczego, stosowane dla ochrony rodzimego przemysłu. Problemy mogą powstać także z innego powodu, np. planowania w przyszłości znacznego zwiększenia produkcji i potrzebnego w związku z tym czasu na jej przygotowanie (uruchomienie produkcji niektórych zespołów, szkolenie załogi, uzyskanie różnych pozwoleń, certyfikatów). Problemy te dotyczyć mogą oczywiście różnych wyrobów, jednak bardzo wyraźnie widać je w produkcji, imporcie i eksporcie samochodów.

Stosunkowo niedawno w naszym kraju sprowadzano zespoły i części składowe samochodów, z których montowano kompletne auta. Były to Citroën Berlingo, Peugeot 405, Daewoo Nexia, Nubira, Espero, Matiz, VW T4, Škoda Fabia, Škoda Octavia, Seat Cordoba, VW Passat, a w nowszych czasach, już po wstąpieniu Polski do Unii, Chevrolet Aveo. Te wcześniejsze produkcje związane były z wysokimi cłami i akcyzą w Polsce na gotowe samochody. Sprowadzano więc do Polski części i zespoły tych samochodów z rodzimych fabryk, a u nas były one montowane, co traktowano nie jak import, tylko jak produkcję, dzięki czemu trafiały na nasz rynek z pominięciem wysokiego cła, a w niektórych przypadkach także akcyzy. Zespoły i części do Chevroleta Aveo były sprowadzane z Korei Płd, w związku z czym problemy były z cłami unijnymi. Aveo produkowane było w FSO w dużych seriach, około 100 tys. sztuk rocznie i sprzedawane w całej Unii.

Są różne systemy montażu samochodów importowanych w częściach do montażu, wyróżniające się stopniem jego zaawansowania. Istnieją trzy podstawowe systemy, zestawione odpowiednio ze



Fot. 1 Na drugim planie linia montażu Chevroleta Aveo. Na pierwszym planie zmechanizowana linia montażu kół (opona na felgę) dla tego samochodu

wzrastającym stopniem skomplikowania technologicznego montażu: SKD, MKD oraz CKD.

SKD (*Semi Knocked Down*) to częściowe rozłożenie na elementy składowe. System polega na zmontowaniu samochodu z gotowych podzespołów przywiezionych z rodzimej fabryki:

- zmontowanego i polakierowanego nadwozia z wyposażeniem,
- zmontowanego układu napędowego,
- zmontowanego zawieszenia przedniego i tylnego,
- innych elementów dostarczanych w komplecie, np. kół, akumulatora, układu wydechowego itp.

W skrajnym przypadku, w SKD-0, do przywiezionego z macierzystej fabryki kompletnego nadwozia montowano tylko koła i zespół wydechowy.

Wykorzystuje się tu technologię montażu podobną do stosowanej w fabryce macierzystej, a zwłaszcza jeśli chodzi o systemy kontroli jakości. Urządzenia do montażu są w tym wypadku bardzo proste, gdyż ten montaż nie jest skomplikowany.

MKD (*Medium Knocked Down*) jest bardziej skomplikowany od SKD. Na linię montażu trafia polakierowana karoseria oraz pozostałe zespoły niezbędne do montażu, jednak wiele z nich trzeba na miejscu zmontować z części wspólnie dostarczonych lub zamówionych u lokalnych producentów. Montowane są wtedy np. silnik ze skrzynią biegów i osprzęt silnika, reflektory, wiązki elektryczne, elementy wnętrza. Liczba montowanych części dochodzi do około 1500.

CKD (*Completely Knocked Down*) to najbardziej skomplikowany system montażu. Polega on na budowie auta od podstaw, jedynie na ogół poza tłoczeniem blach nadwozia (blachy nadwozia też są importowane). W tym systemie na linię montażową dostarczane są pojedyncze elementy (blachy) nadwozia, które na miejscu są zgrzewane i spawane. Następnie montowane są elementy ruchome, takie jak drzwi, klapy, najczęściej wykonane na gotowo w rodzimej fabryce i przywiezione do fabryki montującej nadwozie. Po tym nadwozie jest lakierowane (oczywiście jest dużo więcej części, które trzeba zamontować, zanim gotowe auto wyjedzie z fabryki).

Niezależnie od systemu, po przeprowadzeniu montażu samochód jest sprawdzany na zgodność z dokumentacją i normami przyjętymi w macierzystej fabryce.

W przemyśle motoryzacyjnym, ale i w innych przemysłach również, system montażu SKD jest stosowany powszechnie. Często rozróżnia się jeszcze dodatkowe odmiany w każdym systemie, np. SKD-0 lub SKD-1, które bardziej szczegółowo podają kompletację montowanych zespołów i elementów. Najczęściej jest to uzgadniane z odpowiednimi urzędami kraju docelowego.

W 1995 r. koreański koncern Daewoo montował w Polsce, w systemie SKD, samochody Nexia z rozmontowanych wcześniej w porcie Koper w Słowenii kompletnych samochodów, wyprodukowanych w Korei (i przewiezionych drogą morską do Słowenii). Z kolei w systemie CKD montowane były w Polsce Peugeot 405 i VW T4, w mniejszych seriach, od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy sztuk rocznie.

Decyzję co do odpowiedniego systemu montażu podejmuje się w zależności od różnych kryteriów, które mogą być prawno-podatkowe lub techniczne, jak też związane z możliwością zbytu wyprodukowanych samochodów. Jednym z decydujących kryteriów technicznych jest warunek posiadania lakierni w miejscu montażu. Budowa lakierni wg wymagań jakościowych i technologicznych dla współcześnie wbudowanych samochodów jest bardzo kosztowna i w związku z tym nieopłacalna dla budowy małych serii samochodów. Zarówno w FS Lublin, jak i w FSO, czy w FSR w Poznaniu, były lakiernie wg polskiego projektu, ale odpowiadały one światowym standardom, stosowanym w budowie samochodów (wymagały może jedynie lekkich korekt i modyfikacji). Dlatego w tych fabrykach uruchomiono wytwarzanie samochodów w systemie CKD. Jednak wcześniej niektóre modele wykonywano często w bardzo małych seriach w systemie SKD.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Identyfikacja i dobór pierścieni uszczelniających o-ring

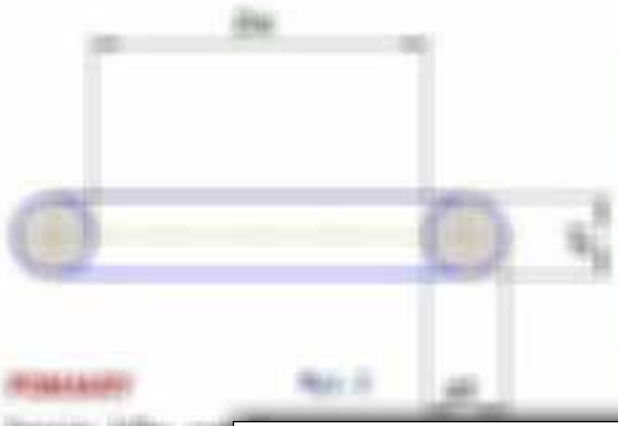
Pracownicy działów remontowych, majsterkowicze i inne osoby związane z eksploatacją oraz naprawą maszyn i urządzeń, stają często wobec problemu wymiany pierścieni uszczelniających w naprawianych lub serwisowanych węzłach konstrukcyjnych. Bardzo często są to pierścienie uszczelniające typu o-ring. Są one niezwykle popularne z kilku względów. Kształt rowka, w którym jest osadzony pierścień, jest bardzo technologiczny tj. łatwy do wykonania. Zarówno gdy tyczy się to osadzenia na wałku, jak i w otworze. Na wałku jest to najprostsze. Również same pierścienie są dość proste do wykonania.

Jerzy Mydlarz

Rób to, co możesz, tym, co posiadasz,
i tam, gdzie jesteś.
Teodor Roosevelt

Zużyte pierścienie, jakie wydobywamy z naprawianych zespołów, są materiałem do ustalenia wymiarów i rodzaju tworzywa, z jakiego zostały wykonane. Ta wiedza jest niezbędna do zakupu nowych pierścieni, które będą potrzebne do ponownego montażu maszyny. Całość informacji na temat pierścienia uzyskujemy dwiema drogami. Pomiary pierścienia i miejsca jego osadzenia są drogą bezpośrednią do identyfikacji wielkości pierścienia. Natomiast rodzaj materiału, z jakiego został on wykonany, powinien zostać ustalony w oparciu o wiedzę w jakiej temperaturze pracuje uszczelnienie, jakim ciśnieniom jest poddawane i jakiego rodzaju medium uszczelnia. Analiza gatunku materiału zużytego o-ringu nie jest najczęściej możliwa w warunkach warsztatowych. Ponadto nie wiemy czy zdemontowany pierścień jest oryginalny i czy został prawidłowo dobrany przez naszych poprzedników montujących uszczelnienie. Samo wydobycie pierścienia z rowka powinno się odbyć, w miarę możliwości, w sposób nieniszczący. Bardzo przydatne są do celu przyrządy pokazane na rysunku 1.

Rys. 1



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Symulacje MES: Implicit vs. explicit

Metoda elementów skończonych to numeryczna technika szeroko stosowana w rozwiązywaniu złożonych inżynierskich zagadnień strukturalnych w dziedzinie mechaniki. Rozwiązania numeryczne można osiągnąć wykorzystując dwa podejścia: jawne (explicit) i niejawne (implicit). Pojęcia te opisują sposób formułowania równań matematycznych na potrzeby rozwiązania. W zastosowaniach inżynierskich wybór rozwiązania typu implicit lub explicit jest determinowany przez charakter rozwiązywanego problemu konstrukcyjnego i uwzględnianych zjawisk fizycznych. W niniejszym krótkim poradniku wyjaśnione zostaną różne podejścia, wraz z ich typowymi zastosowaniami i czynnikami, które należy brać pod uwagę.

SYMULACJE IMPLICIT VS. EXPLICIT – PODSTAWOWE RÓŻNICE

Z matematycznego punktu widzenia różnice między rozwiązaniami numerycznymi typu implicit a explicit są raczej jasne. W zastosowaniach inżynierskich wybór podejścia odpowiedniego dla danego problemu może być mniej oczywisty.

W zagadnieniach strukturalnych z zakresu mechaniki równania rządzące przyjmują postać:

$$F = M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx$$

gdzie F, K, M i C to odpowiednio siła, macierze sztywności, masy i tłumienia, a x to wektor przemieszczenia. Na potrzeby rozwiązania tych równań metodą elementów skończonych trzeba wybrać schemat całkowania względem czasu – implicit lub explicit.

Schemat implicit jest uzyskiwany poprzez bezpośrednie bądź iteracyjnie obliczanie macierzy sztywności lub sztywności dynamicznej. W wielu przypadkach model będzie wymagał odwrócenia macierzy z wieloma milionami stopni swobody – co wymaga wielkiej pamięci i mocy obliczeniowej.

W schemacie typu explicit równania są przetwarzane kolejno w oparciu o krok czasu, co wymaga jedynie odwrócenia diagonalnej macierzy masy. Jest więc prostsze obliczeniowo i może zostać efektywnie rozwiązane w dużej liczbie niewymagających kroków.

TYPOWE ZASTOSOWANIA SYMULACJI IMPLICIT

Generalnie symulacje typu implicit stosuje się do statycznych zagadnień liniowych lub umiarkowanie nieliniowych. Duże poziomy geometrycznej lub materiałowej nieliniowości mogą prowadzić do utraty zbieżności, co powoduje spowolnienie lub uniemożliwienie znalezienia rozwiązania.

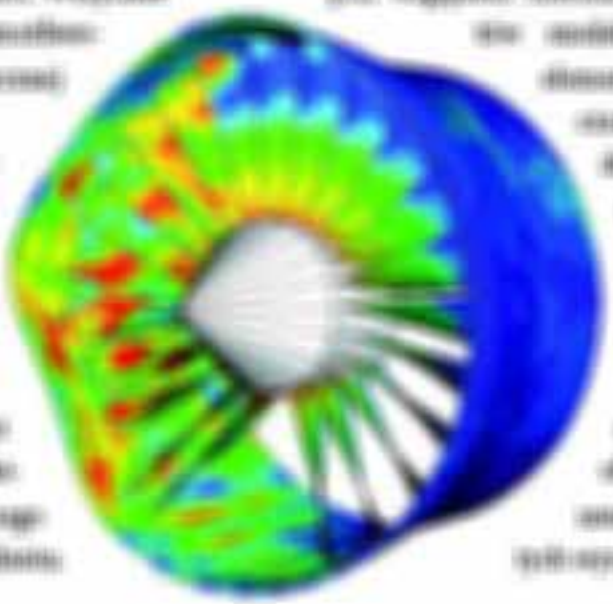
Innym przykładem zastosowania metody implicit są symulacje dynamiki liniowej, np. drgań swobodnych czy wymuszonych, oparte na dynamicznych równaniach liniowych z bezpośrednią integracją (lub superpozycją modalną).

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl



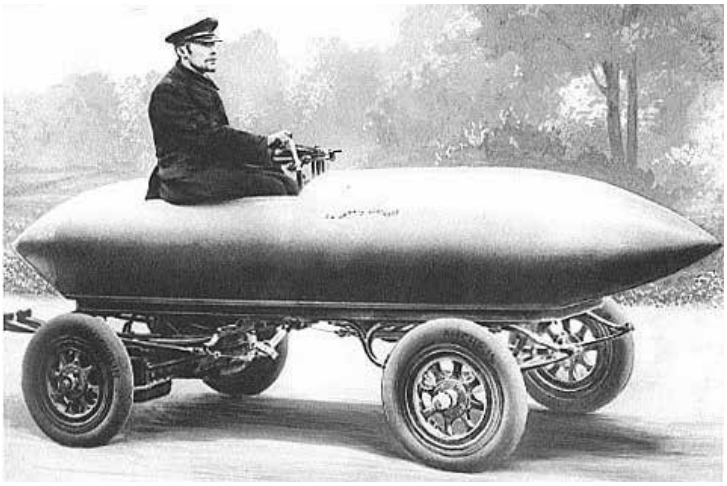
Układy napędowe samochodów elektrycznych: *z przeszłości w przyszłość*

W Stanach Zjednoczonych na przełomie XIX i XX stulecia samochody z napędem elektrycznym stanowiły 38% rynku motoryzacyjnego, podczas gdy pojazdy z napędem spalinowym – zaledwie 22%. Od tamtej pory układy napędowe oparte o silniki wewnętrznego spalania były nieustannie rozwijane, a napędy elektryczne musiały długo czekać na osiągnięcia w zakresie magazynowania energii elektrycznej, które umożliwiłyby dalszy ich rozwój. Dziś oprócz coraz pojemniejszych akumulatorów, pojawia się wiele rozwiązań, które mogą mieć wpływ na rozwój elektromobilności na miarę XXI wieku.

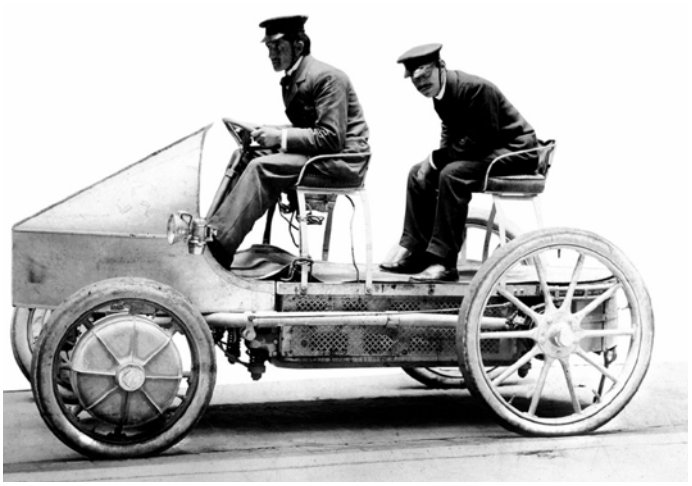
Jacek Zbierski

W 1899 roku belgijski fabrykant Camille Jenatzy pobił rekord prędkości samochodu, rozpędzając skonstruowany przez siebie pojazd o nazwie *La Jamais Contente* (fr. zawsze niezadowolona) do 105 km/h. Rekordowy samochód napędzany był przez dwa silniki elektryczne o mocy 25 kW, zasilane przez baterie kwasowo-ołowiowe Fulmen, złożone ze stu ogniw o napięciu 2 V. Oba silniki napędzały tylną oś poprzez łańcuch, co było charakterystycznym rozwiązaniem dla ówczesnych pojazdów.

Tymczasem już rok później Ferdynand Porsche opracował zupełnie inne rozwiązanie, które wzbudziło sensację podczas wystawy światowej w Paryżu. Elektryczny samochód Lohner-Porsche, skonstruowany dla wiedeńskich zakładów budowy powozów Lohnera, był pierwszym na świecie autem napędzanym przez silniki elektryczne



Rekordowy samochód *La Jamais Contente* z 1899 roku



Lohner-Porsche z 1900 roku

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

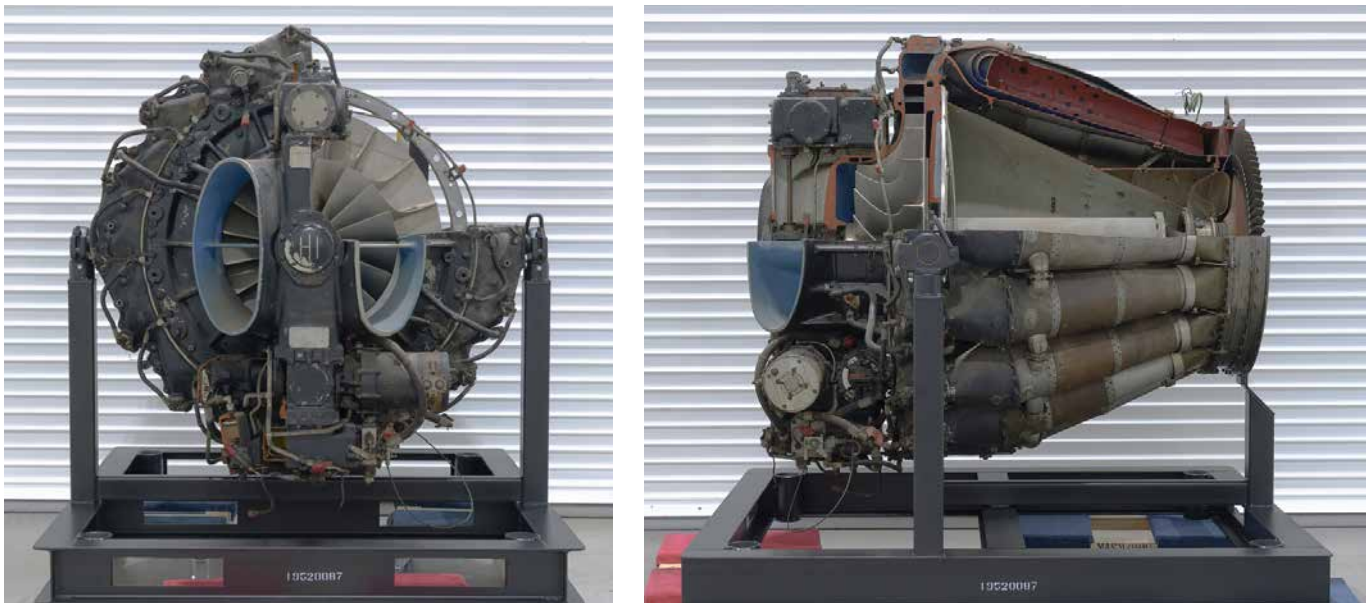
de Havilland Vampire – pierwszy jednosilnikowy myśliwiec odrzutowy

Według obiegowych opinii twórcami napędu odrzutowego są Niemcy. Tymczasem pierwszy silnik odrzutowy powstał w Anglii. Mało kto pamięta, że krótko po zakończeniu II wojny wystartowały produkowane seryjnie odrzutowe samoloty wojskowe RAF. Kilka lat później Brytyjczycy byli jedynymi, którzy oferowali podróże odrzutowymi maszynami pasażerskimi.

Ryszard Romanowski

Urodzony w 1907 roku w Coventry Frank Whittle studiował w RAF Staff College w Cranwell. W 1929 roku napisał pracę doktorską na temat silnika odrzutowego wciągającego poprzez kompresor powietrze do komory spalania. Uchodzące z tylnej części gazy pchały samolot do przodu. W roku 1930 uzyskał patent i bezskutecznie próbował zainteresować swoim rozwiązaniem ministerstwo lotnictwa. Nie dał się zniechęcić i zaczął projektować jednostkę, którą nazwał Whittle Unit. W roku 1936 założył firmę Power Jets. Czując zbliżającą się wojnę ministerstwo w końcu zainteresowało się projektem. Podczas prób w 1937 r. utracono kontrolę nad silnikiem. Został więc przeprojektowany: zastosowano dziesięć komór zapłonowych. Niebawem jednak pojawiły się następne problemy. Ministerstwo zaczęło tracić zainteresowanie. Wiadomo było, że nadchodzi wojna i pieniądze należy przeznaczyć na sprawdzone rozwiązania.

Zupełnie inna sytuacja była w III Rzeszy. Nie żałowano środków na eksperymenty i budowę niekonwencjonalnego uzbrojenia. Dr Hans von Ohain z uniwersytetu w Getyndze zaprezentował projekt prostego silnika odrzutowego. Prototyp został zbudowany przez mechanika samochodowego Maxa Hahna. Testy przeprowadzone w 1934 roku wypadły fatalnie. Silnik w sposób



Silnik turboodrzutowy H-1 Goblin (źródło: airandspace.si.edu)

niekontrolowany emitował strumienie ognia. Ohaina jednak to nie zniechęciło. Potrafił przekonać Ernesta Heinkela do współpracy.

W 1939 roku, 27 sierpnia, wystartował pierwszy samolot odrzutowy Heinkel 178. W tym czasie Whittle zdołał usunąć większość wad swojej konstrukcji. Minęło kilka dni i Wielka Brytania przystąpiła do wojny. Skończyły się jakiekolwiek środki na rozwój eksperymentalnych konstrukcji. Mimo wszystko Power Jets działało, nie bacząc na bardzo nieprzyjazne warunki.

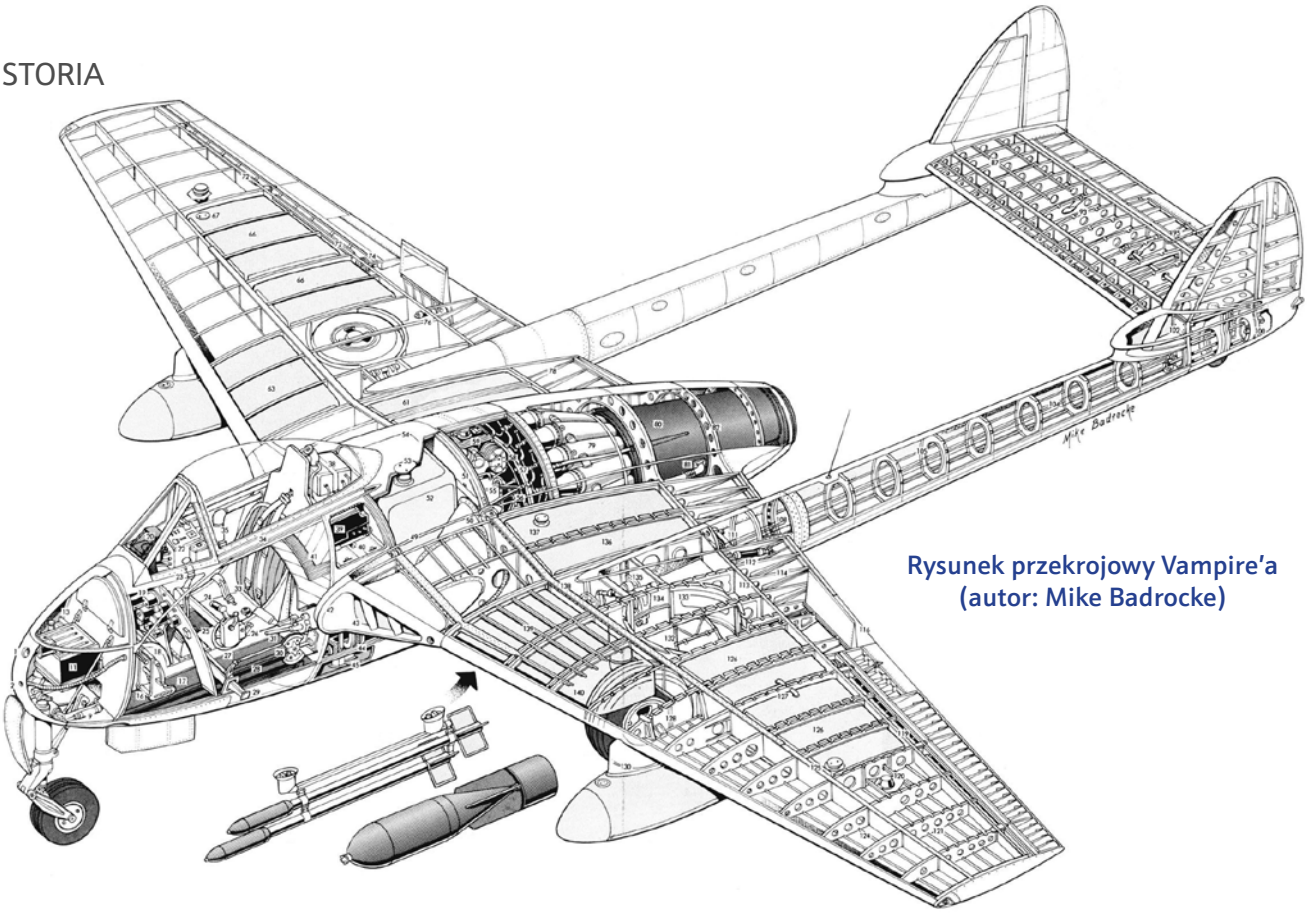
Niemcy pracowali bez przeszkód. Być może właśnie tam ruszyłaby pierwsza wielkoseryjna produkcja myśliwców odrzutowych – Me 262. Na szczęście typowa dla totalitaryzmów korupcja przeciągnęła realizację projektu w czasie. Zdecydowano, że samolot ma być bombowcem, najlepiej nurkującym. Niestety konstrukcja się do tych celów zupełnie nie nadawała. Gdy w końcu zadecydowano o seryjnej produkcji wersji myśliwskiej, hitlerowskie państwo nie miało już materiałów, a zapasy paliwa dramatyczne się kończyły. Do tego doszły alianckie naloty. Me 262 powstał w ilości dalekiej od oczekiwań. Ponadto nie był już aż taką rewelacją. Zestrzeliwały go amerykańskie i brytyjskie myśliwce tłokowe, North American P-51 Mustang i Hawker Tempest.

Jesienią 1940 roku zakończyła się bitwa o Anglię. Luftwaffe nie okazała się niepokonaną. 15 maja 1941 roku, z lotniska Cranwell wystartował eksperymentalny odrzutowy Gloster E.28/39 Pioneer.

Kapitan Gerry Sayer osiągnął w pierwszym locie 545 km/h, poprawiając wynik w kolejnych lotach na 724 km/h. Ministerstwo zamówiło dwusilnikowe samoloty, a firmę Power Jets znacjonalizowano. Po wojnie Whittle dostał nagrodę Inventor Award, w wysokości 10 tys. funtów. Pieniądze rozdał kolegom z firmy. Doceniono go w USA, gdzie dostał tytuł profesora Akademii Marynarki Wojennej w Annapolis. Zmarł w 1996 w Baltimore.

Wróćmy do lat wojny. Zamówiony przez ministerstwo myśliwiec Gloster Meteor po raz pierwszy wzniósł się w powietrze w 1943 roku.

W 1941 roku ujawniono prace firmy de Havilland Aircraft Company nad jednosilnikowym myśliwcem odrzutowym. Zdano sobie sprawę z niskiego ciągu silnika Whittla i zbudowano turboodrzutowy silnik Halford H-1, później znany jako Goblin. Frank Halford rozpoczął od analizy silnika Whittla. Powstała konstrukcja wykorzystująca sprężarkę odśrodkową, tłoczącą powietrze do szesnastu komór spalania. Spaliny napędzały jednostopniową turbinę osiową. Konstrukcja była prostsza od tej opracowanej przez Whittla. Co



Rysunek przekrojowy Vampire'a (autor: Mike Badrocke)

ciekawe, Goblin napędzał pierwszy amerykański odrzutowy samolot eksperymentalny Bella, później kontynuując dalszą karierę za oceanem.

Pierwszy lot nowego myśliwca de Havilland Vampire, o zupełnie innej niż konkurenci konstrukcji płatowca, odbył 26 września 1943 roku. W maju 1944 r. zdecydowano o jego seryjnej produkcji. Samolot otrzymał charakterystyczne usterzenie ogonowe, które nie powodowało zakłóceń przepływu gazów z silnika. Prędkość na poziomie morza szacowano na 732 km/h, a początkowe wznoszenie na 1400 m/min. Do budowy przedniej części kadłuba wykorzystano doświadczenie firmy w formowaniu sklejki – technologii używanej przy produkcji samolotu Mosquito. Cała reszta płatowca zbudowana była z aluminium. W prostych skrzydłach zastosowano hamulce aerodynamiczne. Pierwotnie uzbrojenie składało się z czterech działek Hispano Mk V kalibru 20 mm. Głównym pilotem testowym był syn założyciela firmy, Geoffrey de Havilland Jr. Gdyby nie konieczność wysłania jedynego silnika do USA Vampire odbyłby dziewiczy lot znacznie wcześniej niż Gloster. Mimo że do końca wojny zbudowano zaledwie kilkanaście samolotów, projekt nie padł ofiarą powojennych cięć finansowych. Powstawać zaczęły kolejne wersje, jak np. myśliwce nocne i szkolne.

De Havilland Vampire T.11 ze zbiorów Imperial War Museum Duxford (źródło: 270862 | flickr.com | CC BY-ND 2.0 Deed)

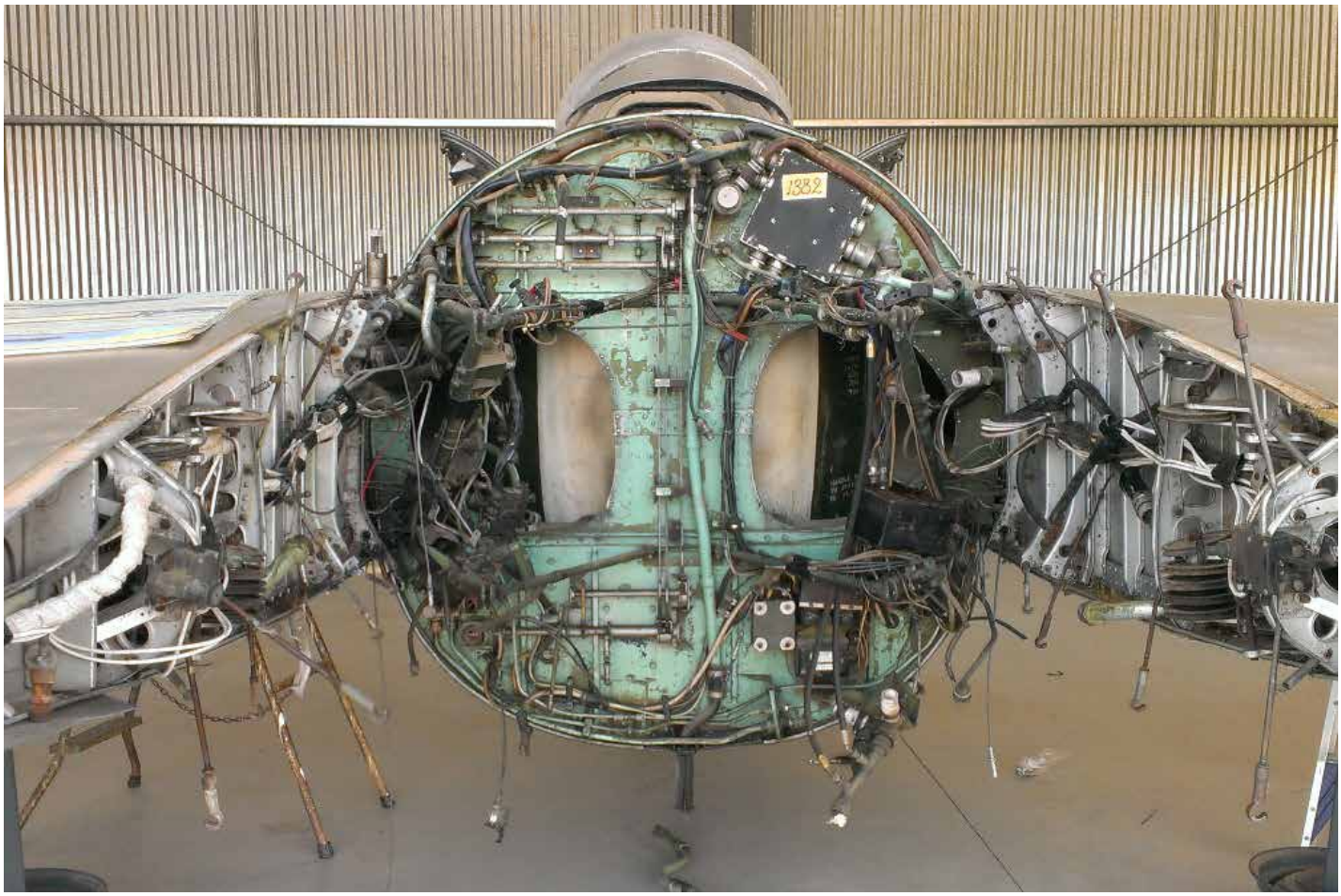
Powstał też alternatywny silnik Rolls-Royce Nene. Trzecia konstrukcja odrzutowa tej firmy była mocniejsza od Halforda i trafiła do pewnej ilości Vampire'ów. Szybki rozwój sprawił, że Nene zastąpiono w produkcji silnikiem Avon, który już nie bardzo nadawał się do tego samolotu. Następnie niemal co miesiąc Rolls-Royce prezentował coraz to nowe konstrukcje i rozwiązania. Nene, podobnie jak Vampire czuł upływ czasu.

Vampire od razu okazał się niezawodny i niezwykle skuteczny, szybko zastępując myśliwce z napędem tłokowym na tzw. pierwszej linii. Pierwszy na świecie jednosilnikowy myśliwiec odrzutowy nie stronił również od okazywania swojej przewagi poprzez bicie różnych rekordów. Jako pierwszy odrzutowiec przeleciał nad Atlantykiem, również jako pierwszy został w wersji Sea Vampire wyposażeniem lotniskowców. 3 grudnia 1945 r. pilotowany przez kpt. Erica Browna jako pierwszy samolot odrzutowy wylądował i wystartował z pokładu lotniskowca. Zaczęto eksperymenty polegające na usunięciu podwozi i zbudowaniu gumowego pokładu, lecz szybko zostały one zarzucone.

W 1948 roku John Cunningham na Vampire Mk I, z wydłużonymi końcami skrzydeł i silnikiem Ghost, ustanowił światowy rekord wysokości lotu wznosząc się na 18 119 m.

Podczas gdy na początku lat pięćdziesiątych w Anglii samolot zaczął tracić znaczenie na rzecz nowszych konstrukcji, dalej był

Sea Vampire F1 ląduje na pokładzie HMS Ocean 3 grudnia 1945 r.



Demontaż samolotu w celu renowacji. Widoczne na środku owalne otwory, którymi powietrze trafiało z wlotów powietrza u nasady skrzydeł do silnika, znajdującego się w kadłubie zaraz za kabiną pilota (źródło: Home of the De Havilland Vampire)

najnowocześniejszym myśliwcem w wielu krajach. Wykorzystywany był w kryzysie sueskim, w wojnie na Malajach i w Rodezji. Powstało około 3300 samolotów, w tym dwumiejscowe wersje szkolne i ciekawy wariant DH 112 do operacji nocnych i ataków naziemnych.

Mimo całkowitego braku ergonomii w kokpicie (wówczas ta nauka jeszcze nie istniała) piloci lubili ten samolot. Sterowanie uważano za lekkie i czułe. Dopiero przy prędkościach przekraczających 0,71 Macha odczuwało się szybko rosnące drgania.

Przygotowanie do startu wymagało jedynie sześciu prostych czynności. Należało ustawić trymer w położeniu neutralnym, otworzyć zawory paliwa wysokiego i niskiego ciśnienia, uruchomić pneumatyczną pompę wspomagającą położenia klap i wyłączyć hamulce pneumatyczne podwozia.

Gdy samolot należał do tzw. pierwszej linii latało nim dziewiętnaście eskadr RAF. Najwięcej Vampire'ów rozmieszczono w Niemczech. Modele działające na Bliskim i Dalekim Wschodzie wyposażono w klimatyzację.

Ostatni samolot w służbie RAF latał w grupie akrobacyjnej do 1986 roku, kiedy to uległ wypadkowi.

Przetrwało niemal dwieście samolotów Vampire, z czego co najmniej trzydzieści jest zdatnych do lotu. Zmodyfikowane wersje ciągle biorą udział w słynnych wyścigach lotniczych w Reno. Ciągle udaje się im wygrywać. A wielu dawnych następców tego samolotu oglądać można już tylko wyłącznie w muzeach.

Ryszard Romanowski

Szlachetne zdrowie

Z nowym rokiem tradycyjnie ludzie składają sobie życzenia, żeby był lepszy niż poprzedni, żeby udało się to i tamto, żebyśmy mieli więcej czasu dla siebie itp. itd., ale prawie zawsze na pierwszym miejscu pojawiają się życzenia zdrowia. Bo zdrówko jest najważniejsze – jak to mówią.

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: 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