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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

5/6 (164/165) maj/czerwiec 2021

- Symulacje inżynierskie bez granic
- Warsztat: zmiana przełożenia wtórnego
- Silniki rotacyjne Liquid Piston

Rentowność i efektywność inwestycji w maszynę

ZUŻYCIE OLEJÓW w układach hydraulicznych

Projektowanie CAD: Automatyczne generowanie tolerancji wykonania

Zawsze gotowi na walkę z przestojem.

Razem ruszamy naprzód.

Wykorzystaj w pełni możliwości swoich maszyn dzięki naszym wysokowydajnym środkom smarnym.

www.klueber.pl

KLÜBER LUBRICATION

your global specialist

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 5/6 (164/165)
maj/czerwiec 2021

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

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

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

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

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

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

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

fot. na okładce:
cookelma/Photogenica

ITER © 2021

Drodzy Czytelnicy,

Jeśli nie można wykonywać jakiejś pracy bez narażenia swej duszy na szkodę, to należy z takiej pracy zrezygnować – pouczał św. Grzegorz Wielki, papież, doktor Kościoła.

Jeśli pracodawca oficjalnie wspiera niegodne inicjatywy, firmuje swoją marką niemoralność, jeśli praca stoi w sprzeczności z wyznawanymi zasadami, wyznawaną wiarą, czy jak w mediach – ma się świadomość o szerzonych przez pracodawcę kłamstwach – to są właśnie takie przypadki.

Gdyby wszyscy naraz zrezygnowali z pracy wykonywanej dla pracodawców nieprawych, to ich firmy upadłyby z dnia na dzień. Ludzie jednak wolą udawać, że sfera prywatna a zawodowa to dwie różne rzeczy i nie należy swoich poglądów do pracy przynosić, że przecież trzeba gdzieś pracować, że najważniejsza jest dobra płaca, bo za te zarobione pieniądze można wesprzeć jakieś pożyteczne działania itd. Czasem można spotkać argumentację jeszcze inną, typu: „jak nie ja, to znajdzie się kto inny, kto to będzie robił", albo „to co, mam kraść?".

Pracując dla nikczemników ludzie stają się współpracownikami w ich niecnych działaniach, ale mało kto myśli w ten sposób. Może być, że u niejednego czasem w sumieniu pojawia się jakaś wątpliwość z tym związana, ale pokusa jest zbyt wielka dla wielu z nas – a to wygodne życie, a to pozycja, a to święty spokój, a to stabilizacja, pełny portfel, wakacje w ciepłych krajach, plazma i samochód, a to niechęć do narażania się, może lęk przed wyśmianiem przez znajomych, bliskich. Niektórzy wytłumaczą sobie to tak, że przecież mają rodzinę i muszą o nią dbać. Ale jak zadbają, pracując dla tych, którzy niosą tej rodzinie niemoralność i zniewolenie?

Stalin mówił, że dla zwycięstwa rewolucji (zniszczenia „starego" porządku) nie jest najważniejsza wielka ilość zwolenników czy rzesze aparatczyków. Najważniejsze, żeby przeciwników było jak najmniej... Rzeczywistość wyraźnie pokazuje jak prawdziwa była jego teza. Gdyby tak nie było, nasza Polska byłaby krainą mlekiem i miodem płynącą.

Zapraszam do lektury kolejnego wydania naszego magazynu,

Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 5/6 (164/165)
MAJ/CZERWIEC 2021

Akumulatory do latających taksówek ... 8
Nowa odmiana węgla ... 8
Najmniejszy na świecie kombajn zbierający substancje roślinne ... 9
Fleksoelastomery technologią przyszłości ... 10
Precyzyjny druk miniaturowych elementów ... 10
Czinger wchodzi do produkcji ... 12
Elektryczny wodolot ... 13
Nowy sposób wytwarzania prądu ... 13
Do setki w 1,97 sekundy: Rimac Nevera ... 14
Autonomiczny robot pielący ... 15

Rentowność i efektywność inwestycji w maszyny ... 16
Aleksander Łukomski

Analiza zużycia olejów w układach hydraulicznych maszyn i urządzeń przemysłowych ... 22
Dorota Goszczyńska-Króliszewska

Kompozyty przewodzące w lotnictwie ... 27
Ryszard Romanowski

Wydajność jest kluczowa ... 32

Precyzyjne pomiary w produkcji samochodów: PERCEPTRON ... 36
Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Przemysł motoryzacyjny: co dalej? ... 38
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Zalecenia dotyczące uszczelnień łożysk ... 40
Florin Constantin

Historia Unigraphics i NX ... 46
Krzysztof Augustyn

Automatyczne generowanie tolerancji wykonania – cz.1 ... 50
Andrzej Wełyczko — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Symulacje inżynierskie bez ograniczeń, czyli słów kilka o inicjatywie CoFEA ... 52
Sławomir Polański — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Wankel na lewą stronę, czyli silniki rotacyjne Liquid Piston ... 54
Jacek Zbierski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Zmiana przełożenia wtórnego w motocyklu Royal Enfield EFI B5 ... 56
Jerzy Mydlarz — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Co by tu jeszcze... ... 58
Tomasz Gerard

CAMdivision®

NAJWIĘKSZY DOSTAWCA NX CAD/CAM W POLSCE

Solution Partner
Smart Expert
Digital Industries Software

SIEMENS

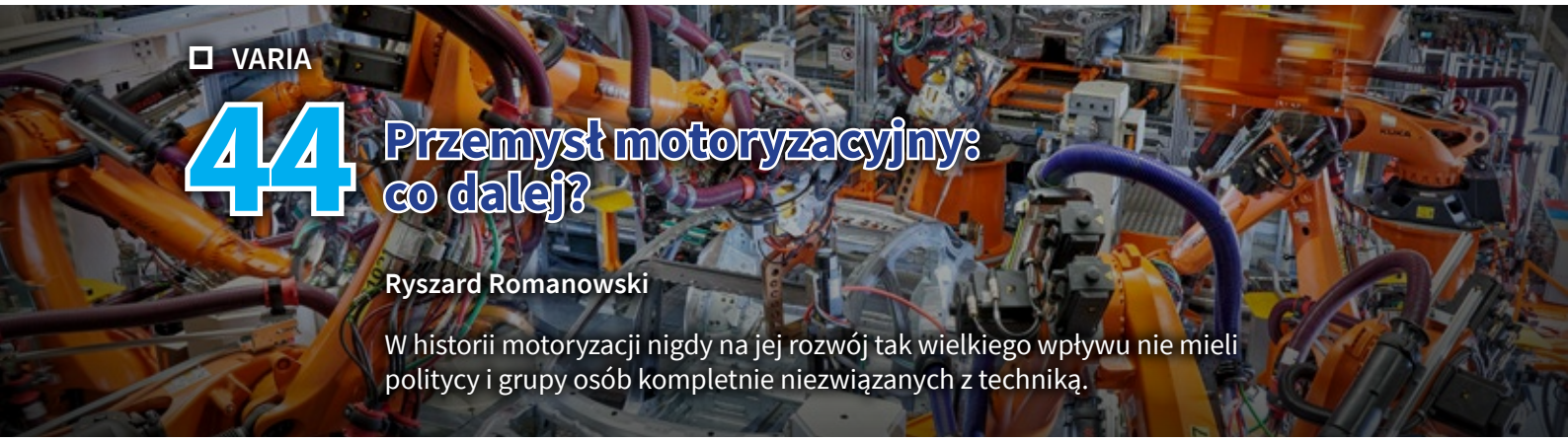
>_Tworzymy wirtualne muzeum UNIGRAPHICS & NX!
>_Aktualizujemy starsze wersje NX do najnowszych!
>_Szukamy stanowiska z najstarszą instalacją NX [UNIGRAPHICS] w Polsce!
>_Prześlij nam swoje zgłoszenie* i wygraj mobilną stację roboczą z najnowszą wersją NX!

* szczegóły na stronie_

[www.unigraphics.pl]

CAMdivision Sp. z o.o.
tel.: 71 780 30 20, kom. 600 902 903
www.camdivision.com
konkurs@camdivision.com

>_ regulamin konkursu dostępny na stronie organizatora



VARIA

44 **Przemysł motoryzacyjny: co dalej?**

Ryszard Romanowski

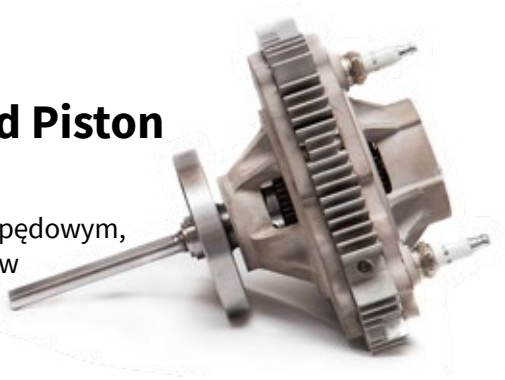
W historii motoryzacji nigdy na jej rozwój tak wielkiego wpływu nie mieli politycy i grupy osób kompletnie niezwiązanych z techniką.

KONSTRUKCJE

74 **Wankel na lewą stronę, czyli silniki rotacyjne Liquid Piston**

Jacek Zbierski

Silnik Liquid Piston może pracować na benzynie, oleju napędowym, LPG czy na paliwie lotniczym JP-8. W porównaniu do silników benzynowych cechuje się 20% mniejszym zużyciem paliwa. W porównaniu do tłokowych silników wysokoprężnych spalanie jest mniejsze nawet o połowę.



WARSZTAT

80 **Zmiana przełożenia wtórnego w motocyklu Royal Enfield EFI B5**

Jerzy Mydlarz

Jest dla mnie dużą przyjemnością poprawa walorów użytkowych mojego motocykla, wykonana samemu i to po bardzo umiarkowanych kosztach. Irytuje mnie gdy kupujemy za granicą przedmioty, które można wykonać w naszym kraju. Częstokroć w porównywalnej lub lepszej jakości.

ANALIZY, BADANIA

22 **Analiza zużycia olejów w układach hydraulicznych maszyn i urządzeń**

Dorota Goszczyńska-Króliszewska

Czynnikiem mającym największy wpływ na zużycie układów hydraulicznych jest zawartość w środku smarnym zanieczyszczeń: cząsteczek pochodzących z procesów zużycia, pyłów, rdzy czy farby.

PROJEKTOWANIE

60 **Automatyczne generowanie tolerancji wykonania**

Andrzej Wełyczko

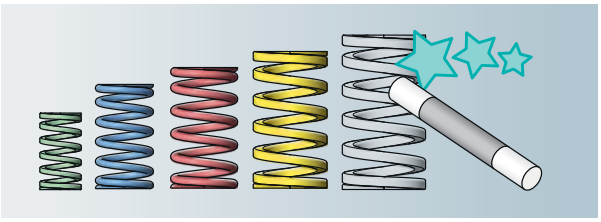
Konstruktor musi ustalić, które powierzchnie projektowanych części są istotne w procesie montażu i dla tych powierzchni zdefiniować tolerancje wymiarów, kształtu i/lub położenia.

ODPOWIEDNIA SPRĘŻYNA DO KAŻDEGO PROJEKTU

ASYSTENT KONFIGURACJI SPRĘŻYN NACISKOWYCH

Nowością w naszym sklepie internetowym i katalogu offline jest kreator doboru odpowiednich sprężyn naciskowych.

- Wystarczy kilka kliknięć, aby dobrać odpowiednią sprężynę
- Pomoc w zdefiniowaniu właściwej sprężyny naciskowej na podstawie kilku parametrów
- Możliwość pobrania danych 3D w żądanej długości zabudowy



Pomoc w wyborze sprężyn naciskowych:
www.meusburger.com/sprezyny-naciskowe

meusburger
SETTING STANDARDS

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

Akumulatory do latających taksówek

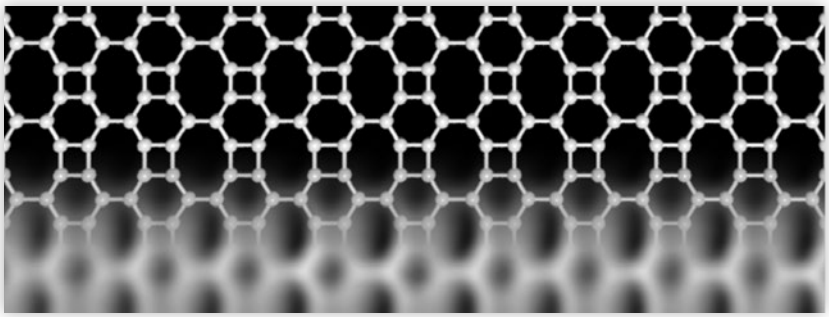
Małe latające statki powietrzne pionowego startu i lądowania (E-VTOL) są coraz częściej konstruowane i intensywnie testowane. Kierownik Katedry Inżynierii Mechanicznej i dyrektor Centrum Silników Elektrochemicznych Penn State University Chao-Yang Wang widzi w nich przyszłość transportu. Uważa również, że stanowią ogromne wyzwanie dla akumulatorów. Wymagają one bowiem bardzo dużej gęstości energii, aby odpowiednio długo utrzymać maszynę w powietrzu. Muszą również zapewnić odpowiednio dużą moc podczas startu i lądowania, aby utrzymać maszynę w pionie. W przypadku użycia do celów komercyjnych muszą również mieć możliwość szybkiego naładowania przy założeniu piętnastu komercyjnych lotów dziennie. Do tego muszą też być lekkie.

Naukowcy z Uniwersytetu Stanowego Pennsylwanii przetestowali dwa akumulatory litowo-jonowe, które mogą po ładowaniu przez 5 do 10 minut, zapewnić zasięg około 80 km. Wytrzymują ponadto ponad 2000 ładowań. Wykorzystali technologię, którą wcześniej opracowali dla pojazdów elektrycznych. Najważniejsze było podgrzanie akumulatora, aby umożliwić szybkie ładowanie bez tworzenia się tzw. kolców litu, które mogą uszkodzić akumulator. Wykorzystano folię niklową, która szybko podgrzewa akumulator do 60 °C. Stosując ten pozornie prosty zabieg uniknięto również ograniczenia możliwej ilości cykli ładowania, co jest zjawiskiem typowym przy tzw. szybkim ładowaniu. Tak zbudowane akumulatory zachowują zawsze margines bezpieczeństwa, który jest niezwykle ważny w przypadku statków powietrznych.

news.psu.edu

Nowa odmiana węgla

Węgiel przyjmuje różne formy, od diamentu po grafit, i nawet tak zadziwiające jak jednoatomowy grafen, który jest najcieńszym znanym materiałem. Każdy jego atom połączony jest z trzema sąsiednimi, tworząc sześciokąty przypominające plaster miodu. Teoretycznie atomy węgla mogą układać się w inne sieci, jednak dotąd nie sprawdzono tego praktycznie. Naukowcy z uniwersytetów w Marburgu w Niemczech i fińskiego Aalto postanowili ten stan zmienić. Odkryli nową sieć węglową o grubości jednego atomu ale składającą się z kwadratów, sześciokątów i ośmiokątów. Jej właściwości elektryczne bardzo różnią się od grafenu. Sieć nazwana bifenylenową ma właściwości metaliczne. Jej wąskie paski o szerokości 21 atomów zachowują się jak metal. Są przewodnikami, podczas gdy grafen jest półprzewodnikiem.



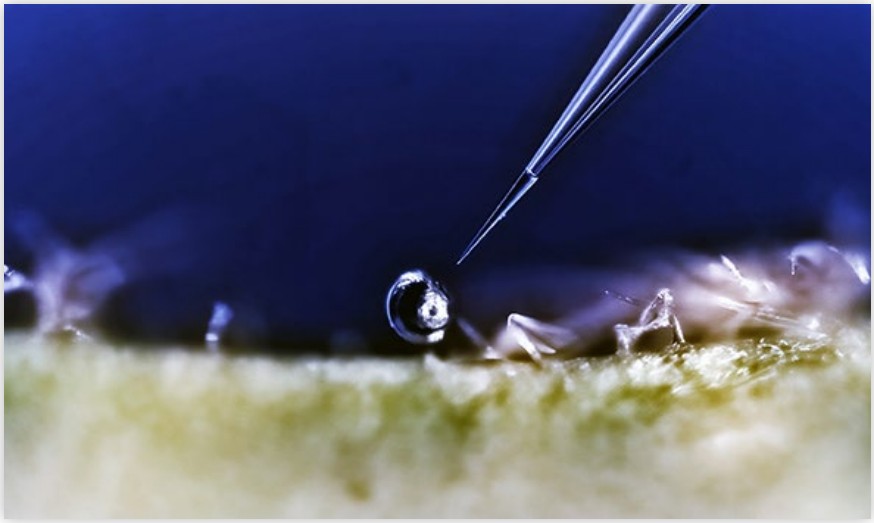
Prof. Michael Gottfries z Uniwersytetu w Marburgu stwierdził, że mogą być używane jako przewody w urządzeniach mikroelektronicznych. Jego kolega Qitang Fan dodał, że mogą służyć jako doskonały materiał anodowy w akumulatorach litowo-jonowych o dużej pojemności magazynowania litu.

Nowy materiał powstał poprzez złożenie cząsteczek zawierających węgiel na niezwykle gładkiej złotej powierzchni. Obecnie zespoły pracują nad metodą produkcji większych arkuszy, z przekonaniem, że doprowadzi ich to do odkrycia innych, nowatorskich sieci węglowych.

aalto.fi

Najmniejszy na świecie kombajn zbierający substancje roślinne

Celem prof. Kaare Hartviga Jensena z duńskiego uniwersytetu technicznego DTU było ograniczenie konieczności zbiorów upraw w tradycyjny sposób, a następnie ich transportu i przetwarzania do produkcji biopaliw, farmaceutyków itp.



Opracowana przez niego metoda ekstrakcji eliminuje również potrzebę stosowania procesów chemicznych i mechanicznych w celu uzyskania pożądanych substancji. Podczas tych procesów często odzyskiwane metabolity roślinne ulegają zanieczyszczeniom, których pozbywa się w kolejnych kosztownych procesach.

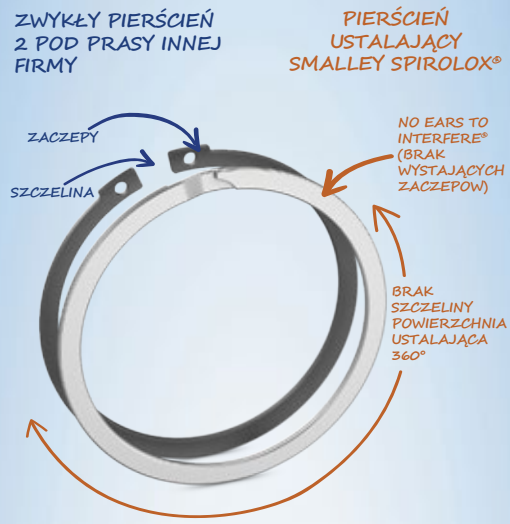
– Wszystkie substancje są produkowane i przechowywane w poszczególnych komórkach rośliny. Tam musisz się udać, jeśli chcesz uzyskać czysty materiał – stwierdził profesor.

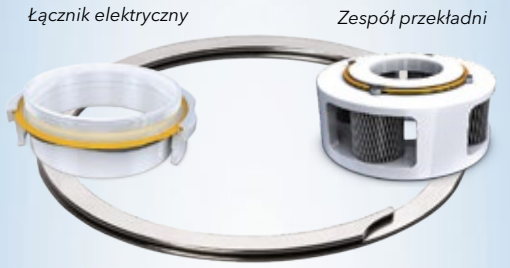
Wszystko odbywa się za pomocą kamery mikroskopowej. Na początku ręcznie zaznaczono piksele na obrazach ukazujących komórki, z których mikrorobot zbierze potrzebne substancje. Następnie informację przekazano do komputera, aby szukał podobnych komórek na innych obrazach. Zbudowany w ten sposób kombajn może samodzielnie zrobić zdjęcie, np. liścia, za pomocą kamery mikroskopowej, a następnie przepuścić je przez oprogramowanie i rozpoznać komórki potrzebne do zbiorów. Dalej z kolei może automatycznie ekstrahować chemikalia, za pomocą mikrorobota, podczas gdy reszta rośliny pozostaje nienaruszona. Dzięki temu rozwiązaniu możemy wydobywać cukier z drzew i wytwarzać biopaliwa bez ich uszkadzania.

Taki typ kombajnu może być używany na znacznie większą skalę niż ten, pokazany w laboratorium.

dtu.dk

REKLAMA





STAL NIERDZEWNA W STANDARDZIE

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

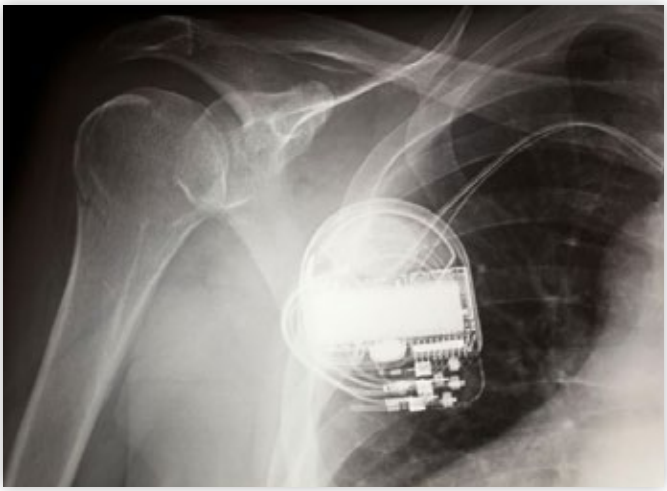
SMALLEY®
THE ENGINEER'S CHOICE®
(POLECANY PRZEZ INŻYNIERÓW)

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

Fleksoelastomery technologią przyszłości

Niektóre materiały w przyrodzie mogą działać jako konwertery energii, generując ją podczas odkształceń. Jest to znane i powszechnie wykorzystywane (m.in. w tworzeniu czujników i technice laserowej) zjawisko piezoelektryczne. Naturalne materiały składają się ze sztywnych struktur krystalicznych i często bywają toksyczne. Ponadto występuje ich niedobór.

Wytworzone przez człowieka miękkie polimery, zwane elastomerami, nie mają zbyt znaczących właściwości piezoelektrycznych. Absolwent Cullen College of Engineering, Pradeep Sharma, prof. Anderson Chair z uniwersytetu Houston i Matthew Grasinger z Air Force Research Laboratory proponują modyfikacje miękkich materiałów na poziomie komórek elementarnych. Ich zdaniem można zwiększyć ich tzw. fleksoelektryczność o co najmniej 10 tysięcy razy. Taki materiał zwiększyłby możliwości robotów humanoidalnych, a wiele urządzeń, takich jak np. rozruszniki serca, mogłoby zasilać się samodzielnie, ponieważ każdy ruch generowałby energię.



W trakcie badań pojawiła się możliwość zaprojektowania komórki elementarnej, która jest niezmienna podczas rozciągania. Taki materiał generowałby określoną wartość energii, pozwalając na dokładne kontrolowanie jej ilości.

Podobne procesy zachodzą w naturze, czego przykładem może być ludzkie ucho, w którym wibrujący bębenek wysyła sygnały elektryczne do mózgu.

uh.edu

Precyzyjny druk miniaturowych elementów

Firma Boston Micro Fabrication to start-up założony przez prof. Nicholasa Fanga z MIT, wykorzystujący metodę skupiania światła do budowy ultraprecyzyjnych drukarek. Wydruk nie odbiega jakością od metody wtryskowej. Urządzenia drukują milimetrowe elementy ze szczegółami w skali mikronowej.

Fang od ponad dwudziestu lat bada właściwości światła, a także sposoby wytwarzania mikroskopijnych elementów, na które zapotrzebowanie ciągle wzrasta. Bada cyfrowe przetwarzanie światła (DLP), wykorzystując błysk z projektora do utwardzania każdej z warstw drukowanego materiału. Do skupiania rzutowanego światła w małych skalach stosowana jest specjalna soczewka.

– Przypomina to mikroskopy, tyle że my dostarczamy obraz cyfrowy, a nie jednolite światło – mówił profesor.

Technologię BMF nazwano mikostereolitografią projekcyjną. Producent na razie nie ma żadnych konkurentów. Jesienią ubiegłego roku firma zaprezentowała najnowszą wersję swojej drukarki microArch S 240, którą Fang nazywa pierwszą i jedyną mikroprecyzyjną drukarką 3D zdolną do krótkoseryjnej produkcji przemysłowej.

news.mit.edu

Popraw produktywność z Tork

89%
operatorów maszyn uważa, że łatwiej wykryć usterki, gdy maszyna jest czysta

„Poprawę można uzyskać w nieoczekiwanych miejscach”
– Jonas Svanäng, ekspert ds. kaizen

Małe zmiany mogą w znaczący sposób doskonalić produktywność. Stworzony w oparciu o założenia filozofii kaizen, przewodnik „Popraw produktywność” wyjaśnia sposoby na uzyskanie dodatkowych efektów poprzez wybór właściwych środków czyszczących. Ich obecność w hali produkcyjnej przynosi duże korzyści, angażuje operatorów maszyn w prace konserwacyjne oraz pozwala oszczędzać czas i pieniądze.

Pobierz przewodnik:
www.tork.pl/twoja-branza/rozwiazania/przeglad/produkcja/wyzwania-produkcyjne/

Tork, marka firmy Essity

TORK
Think ahead.

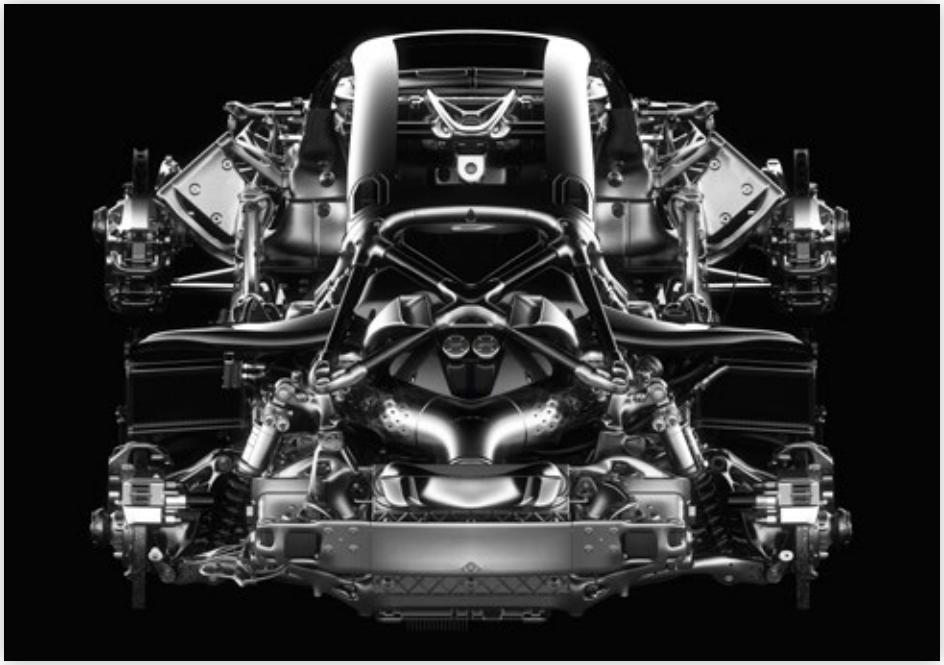
Zmarł Marek Bernaciak

W kwietniu br. zmarł pan Marek Bernaciak. Był osobą pełną pasji we wszystkim, w co się angażował. Zawodowo specjalizował się w technologii dozowania płynów montażowych. Założył i prowadził z powodzeniem przez przeszło 25 lat rodzinną firmę AMB Technic. Był wykładowcą, prowadził szkolenia, publikował, także w naszym magazynie, od początku jego powstania. Zawsze konkretnie i jasno tłumaczył techniczne zagadnienia, ze swadą i humorem. Katolikiem – jak mówił – został z wyboru, już w dorosłym życiu. Był pasjonatem ekonomii i orędownikiem wolnego rynku. Miał 59 lat.

R. I. P.

Czinger wchodzi do produkcji

Samochód zbudowany w zupełnie inny sposób niż wszystkie dotąd, miał być jedną z gwiazd salonu w Genewie 2020. Firma z Los Angeles zapowiadała, że wersja produkcyjna pojawi się podczas kolejnej odsłony genewskiej imprezy. Tymczasem obie imprezy odwołano i premiera odbyła się wirtualnie. Mimo wszystko firma dotrzymała słowa. W maju 2021 roku zaprezentowano wersję produkcyjną, która powstanie w ilości zaledwie osiemdziesięciu egzemplarzy, ale otworzy drogę kolejnym modelom budowanym w systemie Human AI.



Samochód napędzany jest układem hybrydowym, który składa się z płaskiego silnika V8 o pojemności 2,88 l, doładowanego dwiema turbosprężarkami. Według zapewnień przedstawicieli firmy silnik pracuje zarówno na benzynie, jak i na biopaliwach. Dwa silniki elektryczne napędzają przednie koła, a prądu dostarcza generator MGU, sprzężony z jednostką spalinową. Zastosowano siedmiobiegową skrzynię sekwencyjną. Samochód osiąga maksymalną moc 1250 KM przy 11000 obr./min. Masa pojazdu to 1250 kg, czyli stosunek masy do mocy wynosi 1 do 1. Przy prędkości 100 km/h docisk aerodynamiczny wynosi 615 kg, a przy 322 km/h – aż 2500 kg. Bardzo ciekawy jest również system przenoszenia mocy na każde z kół.

czinger.com

Elektryczny wodolot

Szwedzka firma Candela wprowadziła na rynek rekreacyjną łódź C7 o napędzie elektrycznym z silnikiem o mocy 55 kW i baterią o pojemności 40 kWh. Elektryczna motorówka ma 7,7 m długości, waży 1300 kg i jest wyposażona w wysuwane płaty nośne, na których majestatycznie szybuje nad powierzchnią wody, tym samym redukując opory hydrodynamiczne nawet o 80%. Pozwala to nie tylko na rozwinięcie prędkości 30 węzłów (55,56 km/h), ale także zapewnia zasięg 50 mil morskich (92,6 km), a więc znacznie więcej niż w porównywalnych łodziach elektrycznych o konwencjonalnej konstrukcji.

Strukturę kadłuba i powierzchni hydrodynamicznych łodzi C7 wykonano z kompozytu wzmocnionego włóknami węglowymi. Dzięki dedykowanemu systemowi sterowania komputerowego, płaty automatycznie dostosowują się do parametrów rejsu, zapewniając stabilizację, co umożliwia komfortowe i bezpieczne podróżowanie nawet przy falach o wysokości do 1 m. Przy czym łódź generuje minimalny ślad torowy z falą do 5 cm wysokości, co ma znaczenie np. na obszarach ochrony przyrody, czy przy poruszaniu się kanałami śródlądowymi.

Pomimo niemałej ceny – ok. 240 tys. dolarów – C7 budzi duże zainteresowanie nabywców, co skłoniło producenta do rozpoczęcia prac nad większymi jednostkami tego typu: taksówką wodną P12 i szybkim promem osobowym P30.

candela.com

Nowy sposób wytwarzania prądu

Inżynierowie z MIT odkryli sposób na generowanie prądu za pomocą małych cząsteczek węgla, pochodzących z nanorurek węglowych. Pokruszone nanorurki pokryte są polimerem przypominającym teflon. Prąd generowany jest poprzez interakcję z otoczeniem. Ciecz będąca organicznym rozpuszczalnikiem „wyciąga" elektrony z cząstek generując prąd. Na razie wszystko dzieje się w mikroskali.

– Ten mechanizm jest nowo odkryty, a sposób wytwarzania energii również dotąd nieznany – mówił prof. inżynierii chemicznej Michael Strano. – Ta technologia jest intrygująca, ponieważ wszystko co trzeba zrobić, to przepuścić rozpuszczalnik przez złoże cząstek węgla. Pozwala to na wykonywanie elektrochemii, ale bez żadnych przewodów.

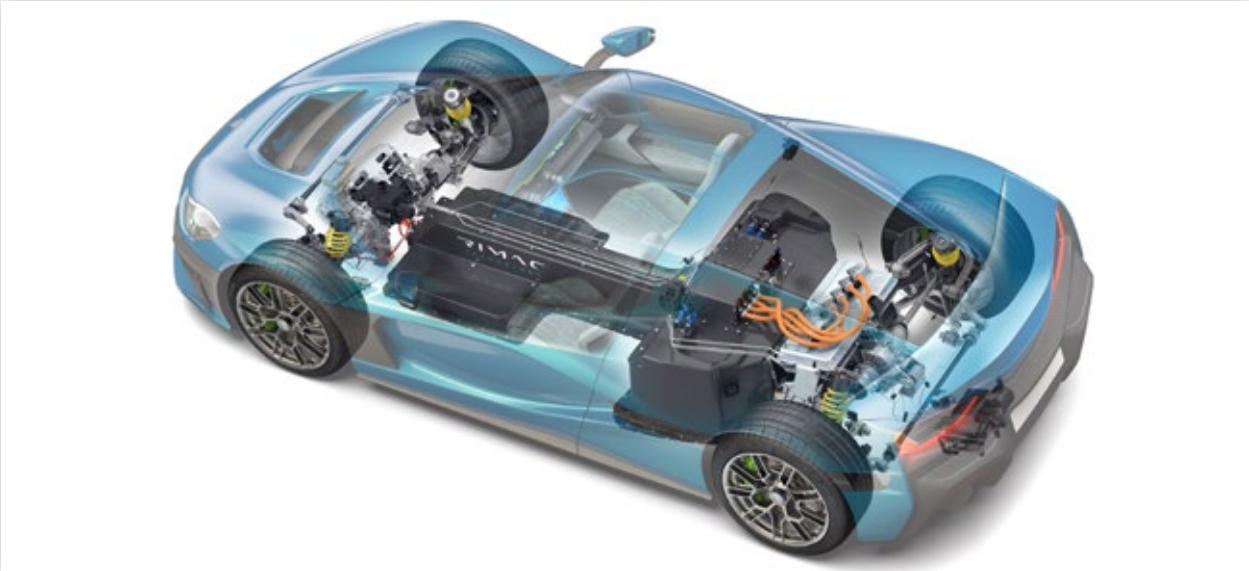
W roku 2010 Strano po raz pierwszy zademonstrował jak nanorurki węglowe generują fale energii cieplnej. Gdy nanorurka pokryta jest warstwą paliwa, to impulsy ciepła i tzw. fale mocy termoelektrycznej przemieszczają się wzdłuż niej, wytwarzając prąd elektryczny. Odkryto, że po pokryciu nanorurki polimerem powstaje asymetria, która umożliwia przepływ elektronów z powleczonej do niepowleczonej części rurki, generując prąd. Elektrony są „wyciągane" przez rozpuszczalnik taki jak np. acetonitryl. Na razie generowane jest zaledwie 0,7 V, ale technologia jest ciągle rozwijana.

news.mit.edu

Do setki w 1,97 sekundy: Rimac Nevera

Chorwacki producent supersamochodów nie przestaje zadziwiać. Najnowszy model z elektrycznej stajni Rimaca to Nevera, nie na darmo nazwany imieniem śródziemnomorskiej burzy. Pod karbonową skorupą drzemie prawie nieprawdopodobna moc 1914 KM, pochodząca z czterech silników elektrycznych, z których każdy napędza jedno koło za pomocą osobnej przekładni. Nad koordynacją układu napędowego czuwa system AWTV (*All Wheel Torque Vectoring*), który ponad sto razy na sekundę kalkuluje ile momentu obrotowego trafia na każde z kół. Z zestawem chłodzonych cieczą litowo-manganowo-niklowych akumulatorów o pojemności 120 kWh, które wystarczają na pokonanie 550 km, Nevera waży 2150 kg. Na każdy kilogram jej masy przypada więc 0,89 KM mocy, co znajduje odzwierciedlenie w osiągach: do setki Nevera przyspiesza w rekordowym tempie 1,97 sekundy, z kolei do 300 km/h w 9,3 sekundy. Przewidywana prędkość maksymalna wynosi 412 km/h. Auto wyposażono w elektrohydrauliczne, sześciozaciskowe hamulce z 390 mm karbonowo-ceramicznymi tarczami, wyposażonymi w kanały chłodzące. Hamulce sprzęgnięto z kontrolowanym elektronicznie systemem odzyskiwania energii. Kolejny system elektroniczny odpowiada za aerodynamikę i steruje profilem opływu maski, klapami podwozia, tylnym dyfuzorem i skrzydłem. Jeszcze inny system, korzystając z mocy obliczeniowej komputera pokładowego NVIDIA Drive Pegasus w ciągu godziny jazdy analizuje 6 TB danych z 12 czujników ultradźwiękowych, skanujących drogę na 160 m przed pojazdem i z 13 kamer zapewniających pole widzenia w zakresie 360°. Naszpikowana elektroniką Nevera powstanie w 150 egzemplarzach, których cena zaczyna się od 2,4 mln dolarów.

rimac-automobili.com



Autonomiczny robot pielący

Amerykańska firma Carbon Robotics zaprezentowała autonomiczny robot pielący Weeder na podwoziu kołowym. Jest to zintegrowana, automatyczna platforma, łącząca najnowsze osiągnięcia w dziedzinie systemów wizji komputerowej i tzw. rolnictwa precyzyjnego z nowoczesnymi rozwiązaniami w zakresie robotyki i pojazdów autonomicznych.

Układ napędowy platformy składa się z silnika wysokoprężnego Cummins QSF2.8 o mocy 74 KM i kół z napędem hydraulicznym. Weeder porusza się autonomicznie po polu, z zaprogramowanymi algorytmami wykorzystującymi nawigację satelitarną GPS, lidar oraz systemy wizyjne, które umożliwiają precyzyjne przemieszczanie się pomiędzy grządkami i samodzielne zawracanie w wyznaczonych strefach. Pod spodem platformy umieszczono osiem modułów pielących i dwanaście kamer wysokiej rozdzielczości. Systemy elektroniczne skanują uprawy znajdujące się bezpośrednio pod platformą i identyfikują chwasty, które następnie zostają precyzyjnie wypalone poprzez efektory w postaci laserów CO_2 o mocy 150W. Takie rozwiązanie pozwala na usunięcie ponad 100 tys. chwastów w ciągu jednej godziny. Jest przy tym mniej inwazyjne od mechanicznych metod pielenia i bardziej ekologiczne od herbicydów.

Platforma jest przystosowana do pracy zarówno w dzień, jak i w nocy. Zbiornik paliwa o pojemności blisko 300 litrów pozwala na obsługę do 80 tys. m^2 na dobę. W przypadku większych areałów na roli może pracować równolegle więcej robotów. Zdaniem twórców, zastosowanie robota typu Weeder pozwala zredukować koszty uprawy i nakłady pracy, jednocześnie przyczyniając się do poprawy jakości upraw i wzrostu plonów.

carbonrobotics.com

Rentowność i efektywność inwestycji w maszyny

W małych i średnich zakładach produkcyjnych podłoże decyzji o zakupie nowej maszyny (zwłaszcza skomplikowanej i wysokowydajnej), stanowiska zrobotyzowanego czy linii produkcyjnej, może mieć różne przesłanki. Często jest to przemyślana decyzja poprzedzona odpowiednią analizą oraz doświadczeniem, wynikającym z dotychczasowej produkcji, czy rozeznaniem w branży. Zdarza się jednak, że decyzja ta podejmowana jest nagle, gdyż pojawia się jakaś okazja, np. egzemplarz maszyny wystawiany na targach i sprzedawany w związku z tym w bardzo promocyjnej cenie; albo uzyskanie dotacji w ramach innowacji, czy kredytu technologicznego, który umożliwia inwestycję w nową maszynę z małym udziałem własnych środków. Mogą być też oczywiście jeszcze inne powody. Jednak nawet w takich sytuacjach warto przeprowadzić chociażby uproszczoną analizę i obliczenie rentowności czy efektywności takiego zakupu.

Aleksander Łukomski

Znane są różne metody ekonomiczne i finansowe dotyczące rozliczania inwestycji, które przeprowadza się w księgowości lub w dziale finansowym. Mamy tam do czynienia z amortyzacją, z wartością początkową, cash-flow, metodą NPV, czy metodą IRR i wieloma innymi pojęciami, które są dobrze znane księgowym i finansistom. Jednak przedsiębiorca potrzebuje najczęściej szybko innych wyliczeń, które zleca inżynierowi. Takie analizy i obliczenia wykonywane są różnymi metodami. Przedsiębiorca potrzebuje danych na temat:

- całkowitego kosztu inwestycji w maszynę,
- kiedy suma kosztów zakupu maszyny się zwróci – po jakim czasie, lub po jakiej liczbie wyprodukowanych detali,
- czy nie taniej jest wykonywać produkcję w obecny sposób, bez drogiej maszyny,
- o ile będzie wyższy lub niższy koszt wyrobu produkowanego na nowej maszynie,
- jakich zmian organizacyjnych będzie trzeba dokonać w zakładzie i ile to będzie kosztowało, żeby produkcja była optymalna po zakupie nowej maszyny i żeby zakup był maksymalnie korzystny.

Przykładowo, w pewnej fabryce mebli zakup nowoczesnego centrum obróbczego 12-wrzecionowego, z wielomilionową dotacją technologiczną, spowodował dodatkowo konieczność zakupu kilku innych maszyn uniwersalnych, gdyż dotychczas funkcjonujące w fabryce nie były w stanie utrzymać nowego rytmu produkcji. Trzeba było rozbudować narzędziownię i zorganizować wydawanie narzędzi dla zwiększonej produkcji. Konieczne okazało się zatrudnienie technologa znającego oprogramowanie NC i CNC, a także konstruktora, który umie wykonywać dokumentację – modele produktów w 3D, a więc też stworzenie im nowych skomputeryzowanych stanowisk pracy. Konieczne było przeorganizowanie

produkcji, nowe poustawianie maszyn dla optymalnego przebiegu produkcji, a więc nowy plan zagospodarowania, nowe niektóre instalacje technologiczne, jak wentylacja czy instalacja sprężonego powietrza. Nowa maszyna potrzebowała specjalnych wózków transportowych do transportu detali w uporządkowany i dedykowany dla produkowanych detali sposób, w transporcie międzyoperacyjnym. Należało też uwzględnić koszty eksploatacyjne, jak zwiększone zużycie energii, i innych mediów, środków smarnych, uszczelek, a także innych części wymiennych i zamiennych. Nie było na szczęście konieczności wykonania nowej posadzki (a niekiedy potrzebny jest skomplikowany i kosztowny fundament – za miliony złotych lub posadzka antyelektrostatyczna), ani nowego zasilania elektrycznego, ale zawsze należy to również sprawdzić. Przed podobnym zakupem trzeba sprawdzić, czy brama do hali umożliwia wprowadzenie maszyny. Niekiedy bowiem jest zbyt mała i należy ją powiększyć, co nie zawsze jest proste. Trzeba też sprawdzić oświetlenie, hałas i drgania oraz wykonać pomiary elektryczne i dopuszczenie maszyn oraz technologii do użytkowania zgodnie z Kodeksem Pracy i odpowiednimi rozporządzeniami, oraz co trzeba dodatkowo wykonać aby te warunki były spełnione. To przecież też są jakieś koszty. W przypadku wspomnianej fabryki mebli dodatkowe koszty wyniosły 50% kosztu centrum obróbczego. Z tego przykładu widać, że dodatkowe koszty, pozornie nie istniejące w momencie podejmowania decyzji o zakupie maszyny, po pobieżnej nawet analizie mogą okazać się znaczące. I specjalnie nikt poza inżynierem nie może tego ocenić. Księgowość pracuje na danych od inżyniera. Na nim więc spoczywa wielka odpowiedzialność za zsumowanie tych wsztystkich kosztów.

Poświęcenie czasu na zgłębienie rachunków, tu omówionych tylko skrótowo, może okazać się niemal równie pasjonujące dla twórczego inżyniera, jak samo tworzenie techniki. A umiejętność kalkulacji tych wszystkich kosztów i właściwej oceny efektywności inwestycji stwarza nierzadko możliwość zarobienia dużych pieniędzy dla przedsiębiorcy

Zdarzają się przypadki naprawdę trudne i brzemienne w skutki. Przykładowo, w jednej z fabryk w Polsce, będącej częścią znanego koncernu samochodowego, dwóch technologów tej fabryki dostało zadanie przeanalizowania i ustalenia kosztów uruchomienia nowej produkcji samochodu w systemie SKD. Mieli na to... dwie godziny – do narady na najwyższym szczeblu koncernu. Wyliczona kwota kilku milionów EUR okazała się trafiona i produkcja za tę kwotę została uruchomiona. W jeszcze trudniejszej sytuacji był polski rzeczoznawca, który miał dwa dni na wycenę kompletnego zespołu produkcyjnego samochodu, pracującego wówczas za granicą. Obliczył i podał wartość tego zespołu, i za tę kwotę został ten zespół produkcyjny zakupiony do Polski, gdzie pracował wiele lat, przy produkcji wielkiej liczby samochodów. Z kolei inny ciekawy przykład to ocena i wycena inwestycji w fabrykę na Bliskim Wschodzie, produkującą wózki wagonowe (fabryka miała powstać nawet nie tyle w szczerym polu, ale na piasku). Koszt tej fabryki ustalony przez doświadczonego technologa w ciągu dwóch dni (dla centrali handlu zagranicznego) wynosił 10 mln dolarów. Technologowi pomógł w tej operacji jego wysłużony notatnik z „pożółkłymi kartkami", w którym miał wiele wycen różnych wydziałów i innych fabryk. Innym razem potrzebne było oszacowanie kosztów budowy fabryki samochodów ciężarowych w Sudanie na licencji polskiej fabryki samochodów ciężarowych. Kwota kilka milionów dolarów, wyliczona w ciągu tygodnia, oparta została o naszkicowaną koncepcję projektu technologicznego nowej fabryki. Te przykłady pokazują w jak trudnej sytuacji i z jaką ogromną odpowiedzialnością, pod silną presją czasu przychodzi niekiedy inżynierom podejmować ważne decyzje.

Warto zatem umieć oszacować podstawowe wskaźniki potrzebne do podobnych wyliczeń, jak np. okres zwrotu nakładów na zakup maszyny, stanowiska, linii, czy zespołu produkcyjnego.

Okres zwrotu – PP – jest to okres, jaki jest konieczny, aby nakłady poniesione na realizację określonego przedsięwzięcia inwestycyjnego zostały w pełni pokryte korzyściami netto wygenerowanymi przez to przedsięwzięcie. Określa się więc, po jakim okresie (ilu latach) zwróci się inwestycja. Powinno się uwzględnić wartość pieniądza w czasie, zakładając, że inwestowana obecnie suma pieniężna będzie miała inną wartość niż ta sama suma po pewnym czasie, a także pewne ryzyko związane ze zbytem produkowanych wyrobów na maszynach z tej inwestycji. W omawianym poniżej przypadku tego elementu akurat nie uwzględniono, ponieważ założyliśmy, że zwrot kapitału nastąpi po pięciu latach, a więc w stosunkowo krótkim czasie, a także z uwagi na to, że decyzja o podjęciu inwestycji ma jeszcze inne poza-finansowe czynniki, np. konieczność technologiczną.

Podstawowa formuła obliczenia okresu zwrotu z inwestycji ma postać:

$$\text{okres zwrotu} = \frac{\text{wartość inwestycji}}{\text{roczne przychody netto z inwestycji}}$$

Poniżej podano przykładowo bardziej rozwinięty wzór tej formuły na oszacowanie okresu zwrotu nakładów dla stanowiska zrobotyzowanego z jednym robotem spawalniczym:

$$PP = \frac{R + A + I}{\left[(kz + ko - kr)\, x\, h\, x\, (1 - Pd)\right] + (Da\, x\, Pd)}$$

gdzie:

PP – okres zwrotu inwestycji w latach,

R – koszt zakupu robota,

A – Koszt wyposażenia robota (aplikacji),

I – Koszt integracji,

kz – narzut ogólnozakładowy (koszty pracy + koszty administracji),

ko – oszczędność kosztów materiałowych (także w brakach),

kr – koszt eksploatacji stanowiska zrobotyzowanego,

h – ilość godzin pracy w roku (np. 5500 godzin, czyli trzy zmiany w 230 dni),

Da – roczna liniowa amortyzacja stanowiska przy założeniu pięciu lat eksploatacji

Pd – podatek CIT roczny

Jeżeli założyliśmy, że maszyna (stanowisko) zwróci się po pięciu latach, a otrzymany wynik obliczenia jest mniejszy lub równy 5, to znaczy że inwestycja jest opłacalna.

Powyższy wzór można wykorzystać dla każdej maszyny linii, czy też zespołu produkcyjnego, a także można go odpowiednio zmodyfikować i rozbudować, na przykład o pewne współczynniki, jak teoretyczny współczynnik c – ciągłości pracy (o wartości od 0,3 dla uniwersalnych obrabiarek ustawionych w gniazdo do 0,95 dla automatycznych lub zrobotyzowanych linii obróbczych) lub wskaźnik OEE - wskaźnik wykorzystania maszyny (*Overall Equipment Effectiveness*). Jest to wskaźnik określający efektywność wykorzystania maszyn i urządzeń na podstawie prostej analizy czasów postojów, przezbrajania, awarii, utraty jakości przez narzędzie lub maszynę i innych czynników wpływających na efektywność. Teoretycznie wynosi on 0,85.

Przy obliczaniu mogą powstać pewne problemy, np. jeżeli zakup maszyny był dokonany z dotacją. Wartości dotacji nie amortyzuje się. Amortyzacji podlega tylko ta część kwoty, którą wydatkuje inwestor. W tym przypadku rachunki mogą być więc nieco zafałszowane. Można próbować temu przeciwdziałać, uwzględniając w rachunku całkowity koszt zakupu maszyny.

Do obliczeń efektywności zainwestowanego kapitału używano wcześniej (choć niekiedy jeszcze i dzisiaj jest on użyteczny) współczynnika wykorzystania maszyny – η. Współczynnik ten jest obliczany na etapie projektowania maszyny lub innych urządzeń technologicznych, zwłaszcza związanych z mechanizacją i automatyzacją. Określa się w nim procentowo zakładane wykorzystanie maszyny w stosunku do jej możliwości wykonawczych. Niekiedy wydajność maszyny jest większa niż zakładany program produkcji. Jest to potrzebne np. zarządowi do podjęcia decyzji o zakupie maszyny, albo gdy bank żąda różnych wariantów obliczeń przed przyznaniem kredytu na zakup; niekiedy może żądać tych obliczeń instytucja udzielająca dotacji.

$$\eta = \frac{Pp}{Wy} x\, 100\,\%$$

gdzie:
Pp – potrzebny program produkcji,
Wy – maksymalna wydajność maszyny.

Jeżeli potrzebne jest 50000 sztuk detali, a maszyna może wykonać 83000 sztuk (po uwzględnieniu innych współczynników i wskaźników), to wg tego wyliczenia procentowe wykorzystanie maszyny wynosi 60,24%. Jednak, mimo że wykorzystanie tej maszyny stanowi nieco ponad połowę jej możliwości, to czasami inwestuje się w nią z kilku powodów:

- Ze względu na jakość. Nowa specjalna maszyna zapewnia jakość trudną do osiągnięcia na maszynach uniwersalnych.
- Ze względu na powtarzalność wymiarową.
- Z uwagi na zmniejszenie liczby braków.
- Ze względu na planowany w bliskiej przyszłości wzrost produkcji.
- Maszyna nie jest wykorzystana w 100%, ale i tak zapewnia wyższą wydajność niż kilka obrabiarek uniwersalnych dotychczas.

Każdy z tych argumentów można również przedstawić w postaci prostego wzoru dla ich uwiarygodnienia.

Do obliczania efektywności inwestycji w maszynę stosuje się też metody znacznie bardziej rozbudowane, tzw. metody złożone. Jeżeli jest czas i do zespołu można włączyć znającego te zagadnienia ekonomistę, to warto wówczas dokonać głębszych i bardziej zaawansowanych rachunków, które dadzą większą pewność obliczeń.

Trochę inaczej wygląda sprawa szacowania efektywności przy zakupie maszyn, linii, czy zespołów produkcyjnych używanych. Może to być zakup pojedynczych maszyn albo fuzja lub inne przejęcie kompletnych linii produkcyjnych czy nawet zespołów produkcyjnych (ale też zakładów).

Maszyny używane wymagają najpierw oszacowania wartości. Metody szacowania są znane rzeczoznawcom majątkowym ruchomości (maszyn) i to oni powinni to szacowanie wykonać. Najczęściej szacowanie wartości dokonywane jest w oderwaniu od stanu technicznego maszyny – tak jest przyjęte. Są co prawda stosowane współczynniki związane z upływem czasu, a nawet nowoczesnością, ale tak naprawdę rzeczoznawca nie jest w stanie określić, na podstawie zwykłych oględzin, jaki jest stan

techniczny maszyny. Potrzeba do tego specjalistycznych przyrządów np. do określenie luzów łożysk, luzów prowadnic, czy suwaka prasy, różnych pęknięć i innych uszkodzeń, czy też utraty geometrii. Jest pewna wypracowana metodyka takich badań diagnostycznych, są też firmy, które się tym zajmują. Ocena stanu technicznego maszyn albo pozostałego procentowo resursu może być bardziej potrzebna przy przejmowaniu skomplikowanej i drogiej maszyny, dużych zespołów produkcyjnych lub kompletnych zakładów produkcyjnych. W przypadkach dotyczących zakładów produkcyjnych ocenia się inne jeszcze cechy i parametry zakładu, a nawet wykonuje się skomplikowane analizy, tzw. *due diligence*. Po oszacowaniu wartości postępuje się przy szacowaniu efektywności inwestycji podobnie jak z nową maszyną, stosując odpowiednie współczynniki.

W działach technologicznych (inżynierii procesu) wykonuje się niekiedy dużo różnych rachunków, w zależności od przyjętych w fabryce zasad ustalania pewnych wartości. Są to obliczenia różnych kosztów (np. koszty bezpośrednie i koszty pośrednie, które mogą składać się z wielu kosztów cząstkowych i w efekcie prowadzą do obliczenia opłacalnej ceny zbytu wyrobu produkowanego na maszynach zainstalowanych w fabryce). Spośród wielu różnych kosztów, bezpośrednio z maszyną związane są godzinowe koszty maszynowe. Są one różne, pod względem wysokości, dla różnych maszyn i różnych zakładów produkcyjnych. Powinny zatem być uwzględnione w przeciętnej stopie kosztów pośrednich, które należało by przypisać produktowi. Powinny też uwzględniać czas rzeczywistego obciążenia maszyny. Do ich obliczenia można wykorzystać poniższy wzór:

$$K_{Mh} = \frac{+K_f}{T_L} + K_v / h$$

gdzie:

K_{Mh} – godzinowy koszt maszynowy,

T_L – czas pracy w godzinach/okres, na który składa się: łączny teoretyczny czas pracy w godzinach na okres, czas postoju w % i czas serwisu i konserwacji w %,

K_f – stałe roczne koszty maszynowe np. koszt amortyzacji i inne,

K_v – zmienne koszty maszynowe np. zużycie energii elektrycznej.

Obliczony wg tego wzoru godzinowy koszt maszynowy nie obejmuje wynagrodzenia dla operatora. Jest to czysty, rzeczywisty koszt pracy maszyny, przy wskaźniku rzeczywistego jej wykorzystania. Przy szczegółowo opracowywanej technologii procesu posiadanie tych kosztów dla wszystkich maszyn umożliwia dość szybką kalkulację ceny dla nowego, planowanego produktu. Umożliwia też porównanie godzinowych kosztów pracy różnych maszyn wykonujących te same operacje technologiczne. Dalsza analiza kosztów (wchodzi tu zysk, dochód, marże, opłacalność itp.) i dalsze rachunki, z uwzględnieniem rynkowej ceny produktu oraz marż wszystkich produktów, prowadzą do wyliczenia tzw. kosztu gotowości produkcyjnej zakładu, a także do obliczenia tzw. progu opłacalności, który np. przy założeniu produkcji 10000 szt. osiąga się przy 8000 szt. Należy wspomnieć jeszcze o porównawczym rachunku kosztów, który umożliwia wybór maszyny lub urządzenia technologicznego, które w odniesieniu do określonej wielkości produkcji generować będzie najmniejsze koszty. Przykładowo, przy założonym programie produkcji (np. 10000 szt. wyrobu) porównuje się dwie maszyny. Decydują tu koszty stałe i zmienne, które są różne dla poszczególnych maszyn. Maszyna która generuje mniejsze koszty stałe, ale wyższe koszty zmienne, będzie mniej opłacalna po pewnej liczbie wyprodukowanych wyrobów, np. 8000 szt.

Poświęcenie czasu na zgłębienie rachunków, tu omówionych tylko skrótowo, może okazać się niemal równie pasjonujące dla twórczego inżyniera, jak samo tworzenie techniki. A umiejętność kalkulacji tych wszystkich kosztów i właściwej oceny efektywności inwestycji stwarza nierzadko możliwość zarobienia dużych pieniędzy dla przedsiębiorcy.

Aleksander Łukomski

Analiza zużycia olejów w układach hydraulicznych maszyn i urządzeń przemysłowych

Duża część procesów produkcyjnych jest realizowana przy udziale maszyn i urządzeń wyposażonych w układy hydrauliczne, w których skład wchodzą m.in.: pompa hydrauliczna, akumulatory, zawory, rozdzielacze, silnik lub cylinder hydrauliczny. Kluczową rolę odgrywa sprawność takiego układu. Uważna obserwacja, właściwy dobór środka smarnego oraz konieczność ciągłej kontroli ciśnienia panującego w instalacji, to podstawowe czynności zapewniające sprawność układów hydraulicznych.

Dorota Goszczyńska-Króliszewska

Awarie układów hydraulicznych to problem wielu firm produkcyjnych. Nieplanowane przestoje związane z awarią powodują ogromne koszty zatrzymania produkcji na czas remontu, który może się przedłużać, zależnie od przyczyny i stopnia uszkodzenia.

PARAMETRY OKREŚLAJĄCE STAN ŚRODKA SMARNEGO

Największym zagrożeniem, a zarazem najczęstszą przyczyną awarii układów hydraulicznych jest zanieczyszczenie cieczy roboczej. Aby określić stan środka smarnego wykonuje się szereg badań laboratoryjnych. Podstawowymi parametrami określającymi jakość olejów hydraulicznych są:

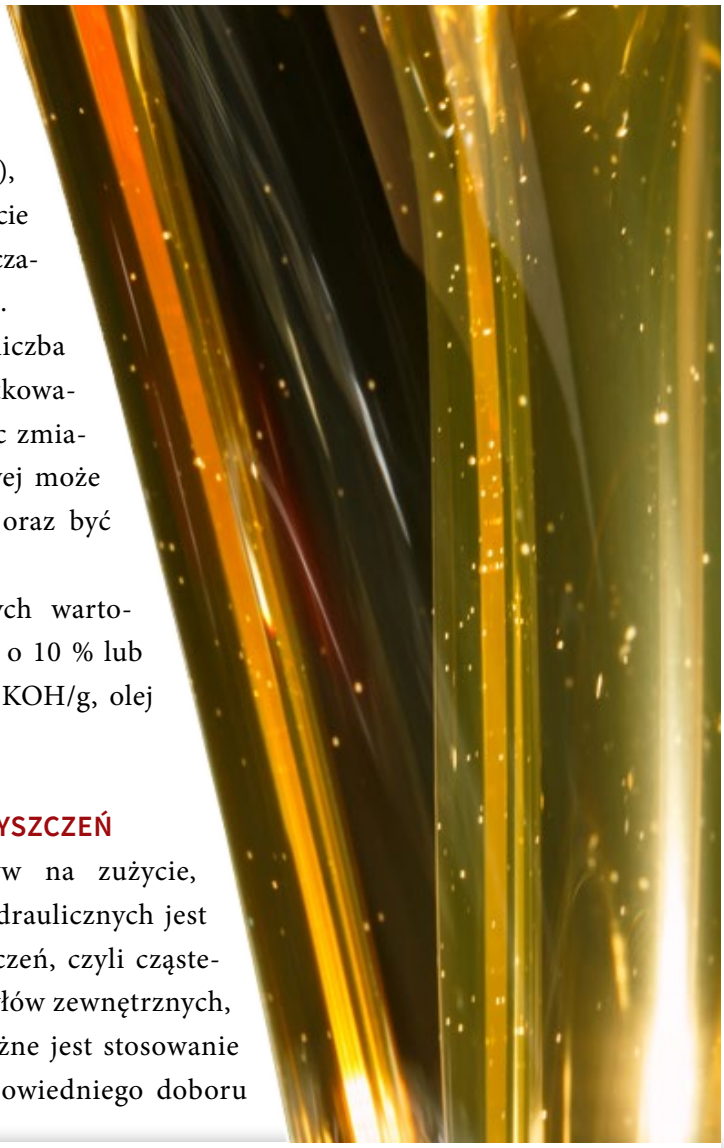
- zawartość cząstek ferromagnetycznych,
- lepkość kinematyczna,
- liczba kwasowa,
- zawartość wody,
- klasa czystości.

Dzięki wyżej wymienionym parametrom można już określić jakość cieczy roboczej układów hydraulicznych. Z kolei informację na temat rodzajów zanieczyszczeń można uzyskać na podstawie badań rozszerzonych. Określa się wówczas dodatkowo:

- zawartość pierwiastków,
- wygląd zewnętrzny,
- wskaźnik lepkości,
- oksydację,
- klasyfikacja cząstek zanieczyszczeń i zużycia pod kątem pochodzenia,
- widmo IR.

Podstawowym parametrem określającym jakość cieczy roboczej jest jej lepkość kinematyczna. Odpowiednia lepkość oleju ma wpływ na ograniczenie kontaktu – metal o metal – w układzie hydraulicznym. Nieodpowiedni dobór środka smarnego wpływa na przedwczesne zużycie elementów. Środki smarne o lepkości mniejszej niż dopuszczalna (norma PN-EN ISO 3104:2004) powinny być niezwłocznie wymienione. Wpływ na lepkość kinematyczną środka smarnego ma również temperatura. Dlatego też badania środków smarnych przeprowadza się w temperaturach 100 °C i 40 °C.

Lepkość oleju hydraulicznego może ulec zmianie (Rys. 1) także podczas użytkowania maszyny.



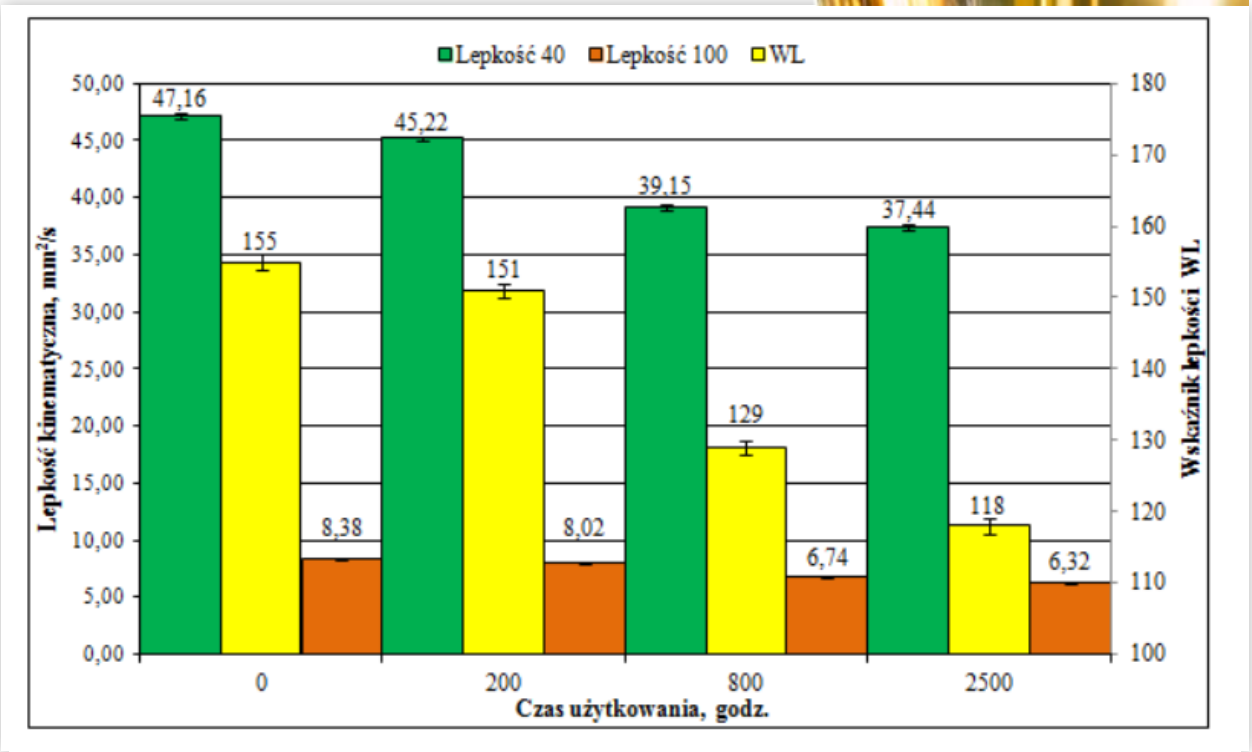
Przyczyną wzrostu lepkości jest pojawienie się w oleju produktów o dużej masie cząsteczkowej (produktów rozkładu termicznego i utleniania bazy węglowodorowej oleju), a zmniejszenie lepkości powstaje w rezultacie przedostania się do oleju substancji rozcieńczającej (wynik zaniedbań eksploatacyjnych) [1].

Drugim parametrem kontrolnym jest liczba kwasowa. W idealnej sytuacji, w toku użytkowania oleju liczba kwasowa nie powinna ulec zmianie. Zbyt duże zwiększenie liczby kwasowej może uruchamiać proces rozkładu składników oraz być przyczyną korozji niektórych metali.

W przypadku przekroczenia granicznych wartości parametrów, tj.: wzrostu lepkości oleju o 10 % lub wzrostu liczby kwasowej powyżej 0,5 mg KOH/g, olej należy wymienić [2].

ROZKŁAD WIELKOŚCI CZĄSTEK ZANIECZYSZCZEŃ

Czynnikiem mającym największy wpływ na zużycie, a co za tym idzie awaryjność układów hydraulicznych jest zawartość w środku smarnym zanieczyszczeń, czyli cząsteczek pochodzących z procesów zużycia, pyłów zewnętrznych, cząsteczek rdzy czy farby. Dlatego tak ważne jest stosowanie środków ostrożności np. filtracji czy odpowiedniego doboru



Rys. 1 Wartości parametrów reologicznych próbek oleju hydraulicznego w funkcji czasu użytkowania [1]

Wielkość cząstek (pow.):	Pomiar próbki oleju – liczba cząstek pow. określonej wielkości							
	Pomiar 1 (10 ml)	Pomiar 2 (10 ml)	Pomiar 3 (10 ml)	Pomiar 4 (10 ml)	Pomiar 5 (10 ml)	Pomiar 6 (10 ml)	Pomiar 7 (10 ml)	Średnia (60 ml)
4 µm	169538	170311	168275	165574	166482	166553	166434	166663,6
6 µm	37824	38666	37516	36736	37183	37698	37882	37403,0
10 µm	7542	7911	7337	7265	7484	7544	7528	7431,6
14 µm	2257	2420	2151	1991	2041	2134	2182	2099,8
21 µm	518	626	489	440	451	453	447	456,0
25 µm	454	554	430	387	384	407	397	401,0
38 µm	36	51	31	32	20	20	30	26,6
70 µm	11	6	1	2	5	2	3	2,6
ISO:	21/19/15	21/19/15	21/19/15	21/19/15	21/19/15	21/19/15	21/19/15	21/19/15

Tab. 1 Wyniki z pomiarów optycznego licznika cząstek (opracowanie własne)

i montażu uszczelnień, by zanieczyszczenia oleju nie doprowadziły do awarii urządzenia.

Do najczęściej stosowanych systemów, za pomocą których można wyrazić poziom zanieczyszczenia cieczy hydraulicznej, należą normy NAS 1638 i ISO:4406.

Jedną z szybkich metod analizy klasy czystości oleju jest pomiar z zastosowaniem automatycznego licznika cząstek. Pozwala on określić wielkość i ilość zanieczyszczeń badanego oleju (Tab. 1). Zgodnie z normą ISO:4406 wynik zapisuje się w postaci symbolicznej XX/YY/ZZ, gdzie poszczególne wartości uzależnione są od przekroczenia określonego progu liczby cząstek większych, odpowiednio: od 4 µm, 6 µm i 14 µm (orientacyjnie: ziarno soli ma wielkość 100 µm, a cząsteczka mąki 45 µm). Zgodnie z normą podawana jest uśredniona liczba cząstek przypadająca na 100 ml płynu.

Większość producentów oleju hydraulicznego gwarantuje klasę czystości na poziomie 20-19/18-17/15-14. Przedstawione w tabeli 1 wyniki badania wykazały klasę czystości na poziomie 21/19/15, co stanowi znaczne przekroczenie określonego progu liczby cząstek. Zalecono filtrację oleju.

ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW

Zawartość pierwiastków w oleju hydraulicznym możemy podzielić ze względu na pochodzenie. Obecność pierwiastków takich jak bar, fosfor, wapń, magnez, bor czy azot, świadczy o dodatkach uszlachetniających (Rys. 2). Dodatki te poprawiają użytkowanie oleju. Niestety, w czasie użytkowania maszyny ich zawartość w oleju maleje. Jest to rezultat procesów utleniania, rozkładu termicznego czy oddziaływania wody.

Pierwiastki takie jak: żelazo, miedź, ołów, cyna, glin, chrom i inne pierwiastki metaliczne zawarte w oleju hydraulicznym są rezultatem zużywania się metalowych powierzchni. Jest to proces naturalny lecz szkodliwy. Zwłaszcza zwiększona ilość żelaza i miedzi świadczy o procesach rdzewienia i korozji. Na podstawie analizy zawartości pierwiastków

Dodatki uszlachetniające

Bar (Ba)	Inhibitory korozji i rdzy
Fosfor (P)	Dodatek do przekładni zębatych EP, Dodatek antyzużyciowy
Wapń (Ca)	Dodatek czyszczący/dyspergujący
Magnez (Mg)	Dodatki czyszczące, Dodatek do chłodziw
Bor (B)	Dodatek antykorozyjny chłodziw
Azot (N)	Dodatki czyszczące, Dodatek do chłodziw

Rys. 2 Dodatki uszlachetniające (opracowanie własne)

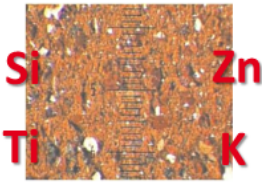
Materiały zużyciowe

Żelazo (Fe)	Wały, Zębatki, Obudowa, Pierścienie prowadzące tłoka, Ścianki siłownika
Miedź (Cu)	**Mosiądz/Stopy brązu, Łożyska ślizgowe, Tuleje , Podkładki oporowe**
Ołów (Pb)	Łożyska ślizgowe, Środki antyzużwyciowe przekładni zębatych
Cyna (Sn)	Stopy łożyskowe, Klatka łożyska tocznego, Spoiny lutownicze
Aluminum (Al)	Tłoki, Pompy, Podkładki oporowe
Chrom (Cr)	**Ścianki siłownika, Łożyska toczne, Pierścienie prowadzące tłoka**

Rys. 3 Materiały zużyciowe (opracowanie własne)

Zanieczyszczenia

Krzem (Si)	Dodatki przeciwpieniące, **Brud**
Tytan (Ti)	Żadkie stopy
Potas (K)	Dodatek chłodziw
Cynk (Zn)	Dodatek antyzużyciowy



Rys. 4 Zanieczyszczenia (opracowanie własne)

można wywnioskować, które części maszyny ulegają przyspieszonemu bądź gwałtownemu zużyciu.

Jeżeli analiza wykazuje zwiększoną ilość miedzi i cyny najprawdopodobniej jest to wynik zużycia części wykonanej z brązu cynowego np. tulejki, panewki, czy innego elementu ślizgowego. Potencjalna awaria łożysk i panewek z brązu ołowiowego objawia się zwiększoną ilością miedzi i ołowiu w próbce oleju. Jako że większość części maszyn wykonana jest ze stali, najczęściej obserwuje się zwiększoną zawartość żelaza. Aby poprawnie zdiagnozować i zlokalizować przyczynę występowania tego pierwiastka w oleju należy dodatkowo sprawdzić obecność pierwiastków stopowych stali, takich jak: chrom, nikiel itp.

Pierwiastki takie jak krzem, tytan, potas czy cynk, obecne w oleju, świadczą o zanieczyszczeniach z zewnątrz układu. Najczęściej są to elementy krzemionki, czyli kurzu i piasku. Ze

Cel badania: *	Rutynowa kontrola
Próbkę pobrał:	Klient
Metoda i miejsce poboru próbki:*	brak danych
Data przyjęcia próbki:	30.11.2020
Próbkę dostarczył:	Kurier
Stan próbki:	Pojemnik PTE 200ml

Urządzenie: *	Hydraulika
Typ urządzenia: *	-
Producent: *	brak danych
Zastosowanie:*	-
Typ oleju:*	Silesia Oil HLP 46
Ilość oleju [l]:*	-

OCENA OGÓLNA

WSKAZÓWKA

Opinia i interpretacja

Lepkość w normie. Klasa czystości wyraźnie pogorszona. Liczba kwasowa w normie. Zawartość wody w normie. Zawartość metali zużyciowych nie wskazuje na intensywne procesy zużycia/korozji układu.

Wnioski i zalecenia:

Zalecana poprawa czystości do poziomu minimum 18/15/12 wg ISO 4406. Po dofiltrowaniu możliwa jest dalsza eksploatacja cieczy hydraulicznej. Wykonać kolejne badanie zgodnie z przyjętym harmonogramem.

Przedstawiona opinia/interpretacja została opracowana w oparciu o wyniki nieakredytowanych badań oraz akredytowanych

WYNIKI ANALIZ		Próbka aktualna
Nr lab. aktualnej próbki:		P2012427
OCENA PRÓBKI		
Data zakończenia badań		01.12.2020
Data poboru próbki*		20.11.2020
Data wymiany oleju*		
Wielkość dolewek od wymiany*	[l]	
Czas pracy urządzenia od wymiany oleju*	[h]	
Całkowity czas pracy urządzenia*	[h]	

Zdjęcie próbki

	J.m.		Norma badawcza	S.m.
ZUŻYCIE				
Żelazo	ppm	5	ASTM D5185-18	
Chrom	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Cyna	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Glin	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Nikiel	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Miedź	ppm	4	ASTM D5185-18	
Ołów	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Antymon	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Mangan	ppm	<2	ASTM D5185-18	
Wanad	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Srebro	ppm	<1	ASTM D5185-18	
PQ indeks	-	<25	PB 07.07.00_02	
DODATKI				
Wapń	ppm	561	ASTM D5185-18	
Magnez	ppm	121	ASTM D5185-18	
Bor	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Cynk	ppm	273	ASTM D5185-18	
Fosfor	ppm	248	ASTM D5185-18	
Bar	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Molibden	ppm	<1	ASTM D5185-18	
Siarka	ppm	7386	ASTM D5185-18	

Tab. 2 *Tu i na następnej stronie:* Przykładowy raport analizy oleju hydraulicznego w akredytowanym laboratorium

ZANIECZYSZCZENIA								
Krzem	ppm	<3					ASTM D5185-18	
Potas	ppm	<1					ASTM D5185-18	
Sód	ppm	<4					ASTM D5185-18	
Lit	ppm	<1					ASTM D5185-18	
Tytan	ppm	<5					ASTM D5185-18	
Kadm	ppm	<1					ASTM D6595-17	
Zawartość wody met. K.F.	mg/kg	32					PB 07.31.00_01	A
WŁASNOŚCI OLEJU								
Wygląd	-	klarowny					-	
Lepkość kinematyczna w 40°C	cSt	47,88					PN-EN ISO 3104:2004	A
Lepkość kinematyczna w 100°C	cSt	7,050					PN-EN ISO 3104:2004	A
Wskaźnik lepkości	-	104					PN-ISO 2909:2009	A
Klasa czystości	kod ISO	23/21/17					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >4µm	/100 ml	4989871					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >6µm	/100 ml	1600822					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >10µm	/100 ml	-					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >14µm	/100 ml	100671					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >21µm	/100 ml	29680					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >38µm	/100 ml	4133					PN-ISO 4406:2005	
Ilość cząstek >70µm	/100 ml	2307					PN-ISO 4406:2005	
Liczba kwasowa	mgKOH/g	0,75					ASTM D664-18e2	A
Widmo FTIR	-	Diagram_ FTIR					ASTM E2412-10(2018)	
Oksydacja	A/cm	-					ASTM E2412-10(2018)	
OPTYCZNA ANALIZA CZĄSTEK								
Zużycie ścierne	>20µm/1ml	<20					ASTM D7596-14	
Zużycie adhezyjne	>20µm/1ml	42					ASTM D7596-14	
Zużycie zmęczeniowe	>20µm/1ml	91					ASTM D7596-14	
Zaniecz. niemetaliczne	>20µm/1ml	<20					ASTM D7596-14	
Nieklasyfikowane	>20µm/1ml	<20					ASTM D7596-14	

Zdjęcie próbki

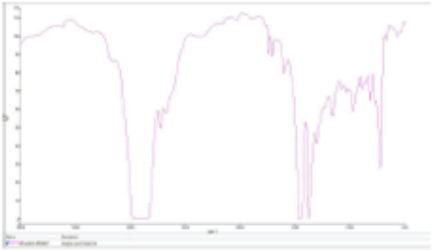


Diagram FTIR

względu na ostre krawędzie cząsteczek i twardość zanieczyszczeń mogą one powodować zatarcie części współpracujących i nieodwracalne rysy na powierzchniach.

Użytkowanie oleju hydraulicznego, którego jeden bądź więcej parametrów uległo pogorszeniu jest ryzykowne. W tabeli 2 przedstawiono przykładowy wynik raportu diagnostyki olejowej oleju hydraulicznego.

PODSUMOWANIE

Aby zapobiec awarii podzespołów spowodowanych zużyciem oleju hydraulicznego wykonuje się szereg czynności zapobiegawczych. Jedną z nich jest regularna wymiana oleju zgodnie z zaleceniem producenta maszyny. Drugą opcją jest wykonywanie dodatkowych procesów filtracyjnych oleju. Najbardziej skuteczną metodą jest połączenie dwóch pierwszych i dodatkowe przeprowadzanie analiz laboratoryjnych środków smarnych. Analizy te umożliwiają szybszą lokalizację uszkodzenia i znaczne zmniejszenie nakładów na remont maszyny.

mgr inż. Dorota Goszczyńska- Króliszewska

TEST Systemy Uszczelniające

[1] Baczewski K, Szczawiński P. *Investigation of the process of ageing of hydraulic oil during its use*, The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji 2016; 73(3): 5-18.

[2] https://gorner.pl

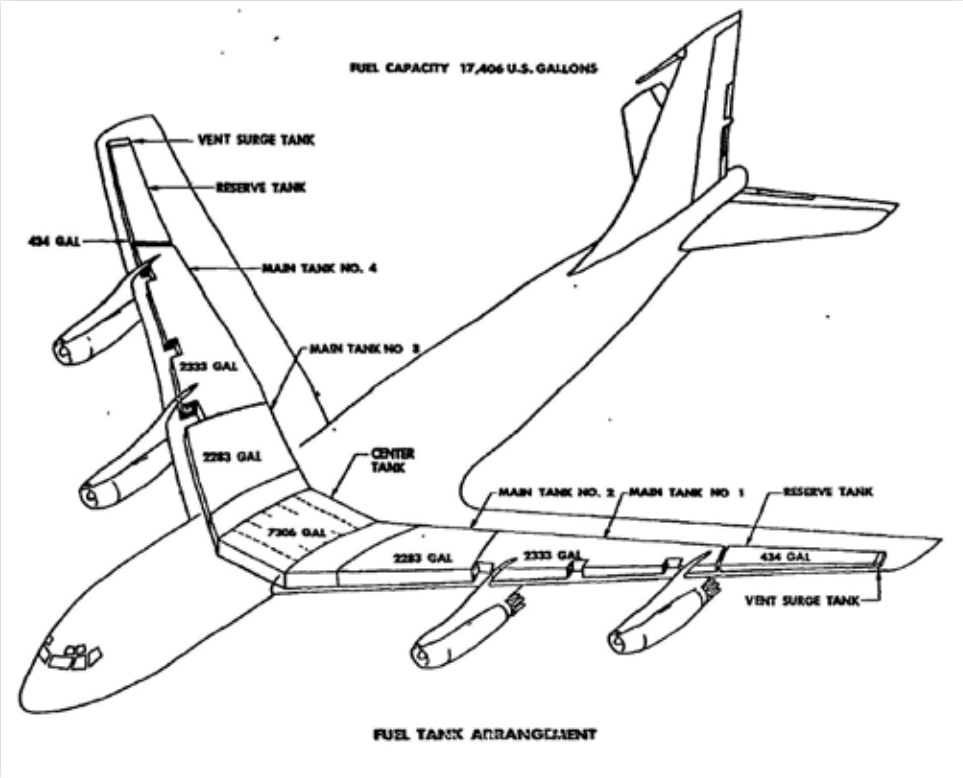
[3] www.diagnostykaprzemyslowa.pl

Kompozyty przewodzące w lotnictwie

Zabezpieczenie samolotów przed uderzeniami piorunów nabiera coraz większego znaczenia. W czasach gdy samoloty budowane były wyłącznie z metalu problem był marginalny, chociaż i wówczas z tego powodu zdarzały się katastrofy. Metalowa „klatka Faradaya" nie zawsze się sprawdzała. Przykładem może być chociażby katastrofa lotu 214 Pan American z 8 grudnia 1963 roku, kiedy to wyładowanie atmosferyczne spowodowało pożar zawartego w zbiornikach paliwa. Zginęło wtedy ponad 80 osób. Już wtedy metale i ich stopy używane do budowy samolotów osiągnęły szczyt swojego rozwoju i aby budować większe maszyny należało sięgnąć po materiały o podobnej wytrzymałości lecz niższej masie. Pod ręką były kompozyty z włókna szklanego. W tych latach rozpoczął się ich gwałtowny rozwój. Powstawały materiały kompozytowe o różnych właściwościach i z laboratoriów przemysłu kosmicznego i lotniczego szybko przechodziły do motoryzacji, stoczni jachtowych i innych dziedzin produkcji.

Ryszard Romanowski

Zastosowanie kompozytów polimerowych w dużym stopniu zwiększyło współczynnik stosunku wytrzymałości do masy. Przez lata rozwoju technologii wyeliminowano wiele problemów, takich jak np. trudności w ocenie zjawisk mechanicznych zachodzących w strukturach kompozytowych. Montowane w nich czujniki, np. piezoelektryczne, pozwalają obecnie na stwierdzenie rozwarstwień i innych wad powstających podczas eksploatacji. Stosuje się również metody termowizyjne, ultradźwiękowe itp. Pozwoliło to na konstruowanie zamkniętych



Boeing 707 Stratoliner – rozmieszczenie zbiorników paliwa

struktur kompozytowych, do których w sposób nieinwazyjny trudno dojść. Występują one np. w Dreamlinerze. Opukiwanie samolotu i analiza uzyskanego dźwięku przez ekspertów również jeszcze nie przeszły do historii.

Wśród czynników niszczących wywołanych uderzeniem pioruna w płatowiec warto wymienić:

- uszkodzenie mechaniczne konstrukcji,
- przebicie elektryczne,
- wstrząs magnetyczny,
- falę uderzeniową powodującą nadciśnienie,
- magnetyzm resztkowy wywołujący m.in. zmiany pól magnetycznych,
- bezpośrednie wnikanie prądu do instalacji elektrycznej samolotu,
- wybuch oparów paliwa.

Wynikiem licznych obserwacji i badań jest norma SAE ARP 5414, dzieląca samolot na strefy określające gdzie może dojść do wejścia pioruna, trasy jego przejścia i potencjalnego wyjścia. Strefy te są następujące:

1A – Strefa pierwszego przejścia powrotnego. W przypadku samolotów pasażerskich obejmuje ona dziób, końcówki płatów i końcówkę statecznika pionowego oraz wloty silników.

1B – Strefa przejścia mniej narażona na uderzenie pioruna.

Boeing 707 Stratoliner – ofiara wypadku lotu Pan Am 214 z 8 grudnia 1963 roku

1C – Strefa przejściowa pomiędzy strefami 1A i 1B.

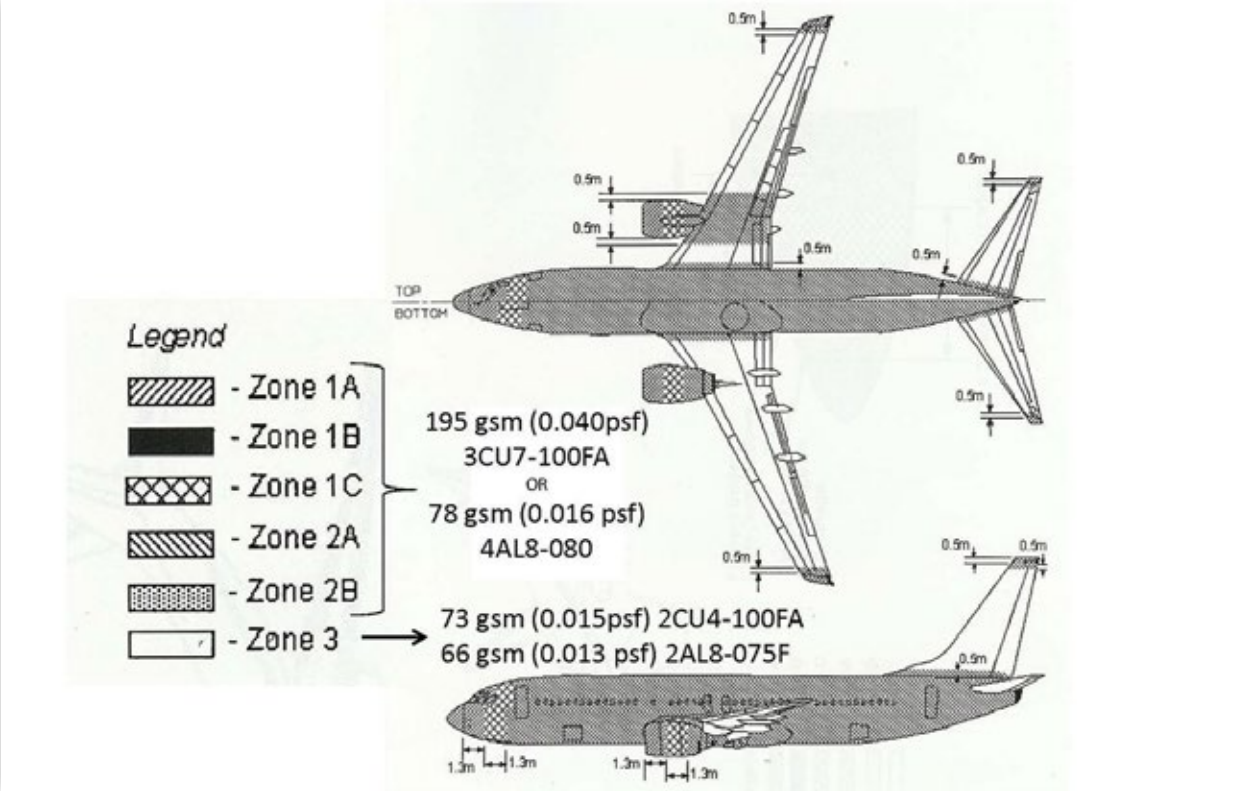
2A – Strefa, przez którą piorun wejdzie i na jej końcu opuści konstrukcję. Przykładem mogą być silniki i ich gondole.

2B – Strefa podobnie jak w punkcie 2A, tyle że z dłuższym czasem trwania.

3B – Strefa przewodząca napięcie.

O ile w konstrukcjach metalowych zabezpieczenie odgromowe nie nastręcza większych problemów, to kompozyty polimerowe zbrojone włóknem szklanym i węglowym ciągle mają poważną wadę. Nie przewodzą prądu elektrycznego i aż trudno uwierzyć, że zanotowano tak niewiele wypadków spowodowanych przez wyładowania atmosferyczne. Znacznie groźniejsze okazują się inne zjawiska występujące podczas burz, jak np. tzw. progi powietrzne, silne turbulencje i ograniczenia widoczności. Ostatnia katastrofa spowodowana piorunem wydarzyła się 6 maja 2019 r. Uległ jej Suchoj Superjet SSJ-100. Komisja badająca katastrofę uznała jednak, że przyczyną było nie tylko uderzenie pioruna. Wcześniej, w 1995 roku piorun zniszczył śmigło ogonowe śmigłowca Aerospatiale (Eurocopter) Super Puma AS 332 w okolicach Aberdeenshire. Zaleceniem komisji badającej ten wypadek była

Uderzenie pioruna – iskry o natężeniu co najmniej kilkuset amperów w kadłub kompozytowy powoduje, że powietrze w tym miejscu zmienia się w strumień plazmy o temperaturze sięgającej do 30000 °K



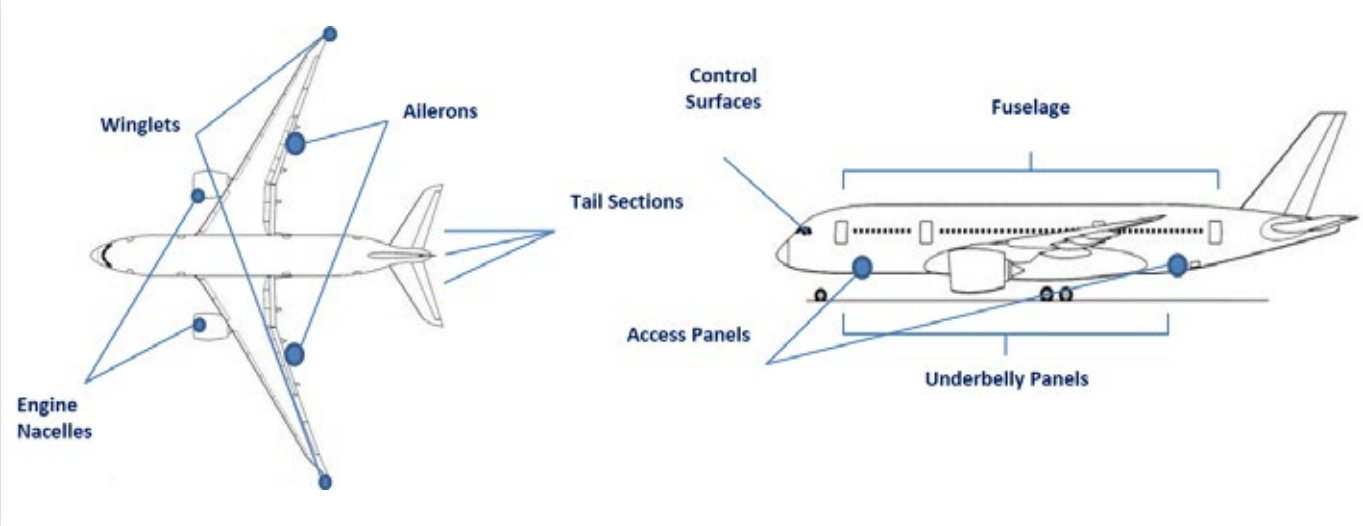
Strefy samolotu narażone na udzerzenie pioruna według normy SAE ARP 5414

nie kosztowna walka z ładunkami elektrycznymi ale... nakaz unikania frontów burzowych przez pilotów tych maszyn.

Uderzenie pioruna – iskry o natężeniu co najmniej kilkuset amperów w kadłub kompozytowy powodują, że powietrze w tym miejscu zmienia się w strumień plazmy o temperaturze sięgającej do 30000 °K. W nieprzewodzącym materiale kompozytowym powstają wtedy rozległe wypalenia w miejsca uderzenia i rozwarstwienia wokół niego. Materiał może ulec nawet zapłonowi, a akustyczna fala uderzeniowa powoduje szereg uszkodzeń. Nie byłyby one aż tak groźne w przypadku konstrukcji przewodzącej prąd, po której ładunki elektryczne rozchodzą się na dużej powierzchni nie powodując szkód wywoływanych przez koncentrację silnego ładunku elektrycznego na niewielkiej powierzchni. Według danych AOPA (*Aircraft Owners and Pilots Association*), co roku w każdy eksploatowany samolot pasażerski uderza co najmniej jeden piorun. Zwykle nie powoduje on większych szkód i po naziemnej inspekcji maszyna dopuszczana jest do dalszych lotów. W wielu przypadkach samoloty wymagają jednak kosztownych napraw. Przeprowadzone badania mówią nawet, że w pewnych warunkach pogodowych samoloty same generują wyładowania atmosferyczne. Problem ten dotyczy również śmigieł i wirników helikopterów, jak również elektrowni wiatrowych.

Obok ochrony płatowca niezwykle ważne jest ekranowanie coraz bardziej złożonych układów elektronicznych i oczywiście zbiorników paliwa. Początkowo stosowano zatapiane w polimerze druty, taśmy i siatki. Komplikowały one proces produkcyjny i zwiększały jego koszty. W miarę eksploatacji obniżały też jakość kompozytu, powodując rozwarstwianie, deformacje powierzchni przez wystające druty i podobne niepożądane skutki.

Materiały te przeszły długą drogę ewolucji, a obecnie światowym liderem w ich produkcji jest amerykańska firma Dexmet, należąca od niedawna do koncernu PPG. Jest ona m.in. wyłącznym dostawcą dla Boeinga i głównym – dla Embraera, Airbusa i Bombardiera. Materiał Micro-Grid będący siatką cięto-ciągnioną, wykonaną z ekspandowanego aluminium i miedzi, wbudowywany jest w górną powierzchnię struktur kompozytowych. Jest lekki i elastyczny, nie rozwarstwia się, a jego przewodność dochodzi do 200 tys. amperów. Jest to struktura jednoczęściowa i w przeciwieństwie do struktur z tzw. drutu tkanego nie rozplątuje się ani nie ma luźnych pasm. Standardowa grubość materiału Micro-Grid wynosi 25 mikronów, a szerokość 1200 mm. Materiał ma 9000 otworów na cal kwadratowy. Rozciągając siatkę można zmieniać jej grubość i kształt otworów, w zależności od wymagań projektu. Możliwe jest również wyżarzanie siatki



Elementy budowy samolotu zabezpieczane materiałem Dexmet zgodne z normą SAE ARP 5414

i łączenie jej metodą lutowania lub zgrzewania z innymi częściami metalowymi.

W zastosowaniach z zakresu energetyki wiatrowej, technologia MicroGrid zapewnia ochronę łopat wirników i śmigieł turbin wiatrowych. Masa materiału zmienia się począwszy od krawędzi natarcia i końcówek łopat, gdzie generowana jest największa ilość energii, po nasadę łopaty, gdzie materiał jest najlżejszy.

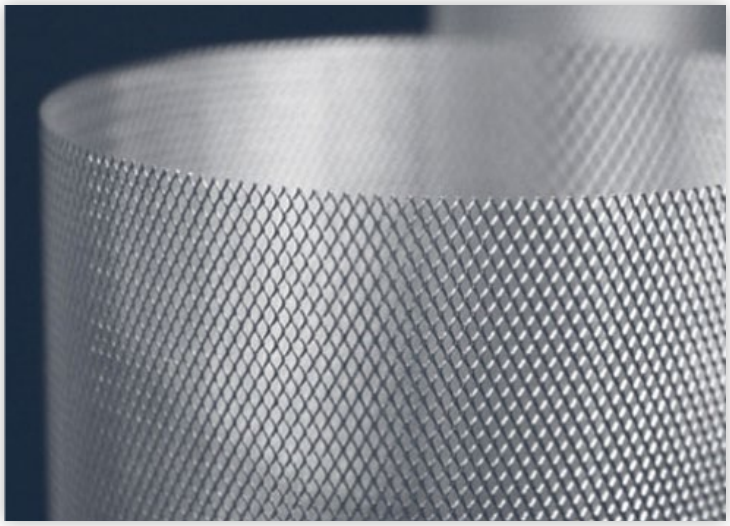
Jeszcze niedawno głośno było o kompozycie przewodzącym HexPEKK firmy Hexcel, jednakże nie słychać aby używano go w przemyśle lotniczym na większą skalę. Firma skoncentrowała się bardziej na materiale HexPEKK EM, będącym raczej częścią technologii militarnej, opartej na materiale pochłaniającym fale elektromagnetyczne.

Warto wymienić jeszcze technologie metalizacji natryskowej, zarówno struktur jak i włókien. Opracowywane są nanokompozyty na bazie rurek węglowych i grafenu, które będą przewodzić prąd elektryczny, ale ich zastosowanie przemysłowe to na razie bliższa lub dalsza przyszłość.

Powszechnie stosowane siatki i folie, mimo że stają się coraz doskonalsze, ciągle komplikują proces produkcyjny.

Bardzo ciekawe rozwiązanie problemu przedstawił w 2015 roku specjalista od mechaniki kompozytów na Politechnice Śląskiej, prof. Andrzej Katunin. Organiczny kompozyt przewodzący wykorzystuje polianilinę. Jest ona polimerem przewodzącym prąd elektryczny. Ma być ona wypełniaczem dielektrycznej osnowy kompozytu np. z żywic polimerowych. Materiał uzyskany w ten sposób będzie miał przewodność elektryczną na poziomie półprzewodników, co wystarczy do dyspersji ładunków elektrycznych na dużej powierzchni.

Polimery przewodzące mają niewystarczające dla przemysłu lotniczego własności mechaniczne, dlatego dokładnie dobrano udział objętościowy polianiliny w materiale wynikowym, którego właściwości sprawdzono w symulacjach



Dexmet MicroGrid

numerycznych, a następnie próbki przekazano do badań mechanicznych, cieplnych i elektrycznych. Wyniki wykazały zdolność przewodzenia prądu o wartości szczytowej 8 kA. Zastosowanie włókien węglowych mających większą przewodność elektryczną sprawiło nie tylko poprawę własności elektrycznych lecz również mechanicznych, które stały się porównywalne do tych, wymaganych przez przemysł lotniczy.

Materiał opracowany przez zespół prof. Katunina może znakomicie uprościć i obniżyć koszty wytwarzania samolotów. Znając jednak specyfikę przemysłu lotniczego należy uzbroić się w cierpliwość. Wielcy producenci cenią stare, sprawdzone rozwiązania i nie śpieszą się zbytnio z wprowadzaniem nowości, a pogłębiający się kryzys w branży zapewne jeszcze to spowolni.

Ryszard Romanowski

literatura:

A. Katunin, K. Krukiewicz, R. Turczyn, P. Sul: *Organiczny kompozyt przewodzący jako materiał konstrukcyjny dla lotnictwa*, Materiały Kompozytowe 1/2017

www.dexmet.com

www.hexcel.com

Wydajność jest kluczowa

Justin Koozer z Klüber Lubrication North America wyjaśnia, jak wielką rolę dla operatorów w sektorze węglowym w redukcji niepotrzebnie wysokich kosztów odgrywa rozpoznanie szansy zwiększenia efektywności energetycznej i wydajności produkcji.

Operatorzy w górnictwie odkrywkowym i podziemnym wymagają od maszyn wysokiej dostępności, skrócenia czasu przestojów i niskich kosztów utrzymania. Wysokie obciążenia i naciski powierzchniowe przy niskich prędkościach oraz zanieczyszczenie ściernymi minerałami i wodą to główne wyzwania mające wpływ na wysokie zużycie części w tej wymagającej branży. Na skuteczność w wyżej wymienionych obszarach, decydujący, choć często niedoceniany wpływ mogą mieć (pomimo że stanowią niewielką część budżetu utrzymania ruchu) stosowane w maszynach górniczych środki smarne. Zasadnicze znaczenie dla sprostania surowym warunkom eksploatacyjnym przemysłu wydobywczego mają, poza wyspecjalizowaną ochroną przed zużyciem i obciążeniami uderzeniowymi, dobre właściwości pompowalności i doskonała przyczepność.

Specjaliści w zakresie trybologii pomagają zwiększyć efektywność energetyczną o 3-9%

Często wybór smaru sprowadza się do skorzystania z oferty głównego dostawcy środka smarnego/paliwa, lecz dla większości kopalń zwykle nie jest to najlepsze rozwiązanie. Alternatywnie, Państwa partnerem może zostać producent specjalistycznych środków smarnych, dobierając je w oparciu o zastosowanie i środowisko, w którym działają.

INDYWIDUALNE ROZWIĄZANIA W KONKRETNEJ SYTUACJI

Klüber Lubrication współpracował z firmą działającą w sektorze górnictwa podziemnego i odkrywkowego, która zamierzała poprawić trwałość sworzni/tulei w sprzęcie mobilnym i zmniejszyć ilość zużywanego smaru. Oprócz konieczności częstej wymiany sworzni odkryto również, że sworznie były

trudne do zdemontowania, co powodowało dłuższe przestoje. Stosowany w tej kopalni kompleksowy smar litowy o wysokiej lepkości oleju bazowego i z 5% dodatkiem molibdenu stosują też liczne kopalnie na całym świecie, z tym że panujące w omawianej kopalni warunki wskazywały na potrzebę optymalizacji. Urządzenia w kopalni podziemnej były użytkowane w wilgotnych warunkach, natomiast kopalnia odkrywkowa pracowała w niskich temperaturach i śniegu. Zarówno na powierzchni, jak i pod ziemią występowało znaczne zużycie wskutek oddziaływania materiału ściernego na sworznie oraz korozji spowodowanej wilgocią. Spośród wielu różnych znanych marek smarów dostępnych na rynku, przedsiębiorstwo górnicze do przetestowania wybrało opracowane przez specjalistę w dziedzinie trybologii, firmę Klüber Lubrication, smary **Klüberplex EM 91-151** i **Klüberplex EM 91-152**, produkty klasy premium do zastosowań w ciężkich warunkach pracy w sprzęcie użytkowanym w kopalniach i kamieniołomach. Smary te zostały wybrane ze względu na ochronę w warunkach tarcia granicznego dzięki zawartości składników stałych, niższą temperaturę roboczą oraz zagęszczanie sulfonianem wapnia. Doświadczenia firmy Klüber Lubrication ze smarami zagęszczanymi sulfonianem wapnia dowodzą, że optymalizacja odporności na korozję, zużycia oraz pompowalności jest możliwa. **Klüberplex EM 91-151** i **Klüberplex EM 91-152** mogą być pompowane do -30 °C, jak i wykazują dobre właściwości adhezyjne w podwyższonych temperaturach. Dodatkowo, wydajność wypłukiwania wody pozwoliła kopalni zmniejszyć zużycie środków smarnych.

FAZA KOMPLEKSOWYCH TESTÓW

W trakcie trzymiesięcznych testów kopalnia od początku zauważyła, że pompowanie smaru jest łatwiejsze. Wykazywał on też lepsze właściwości adhezyjne niż kompleksowy smar litowy. Pierwsza wymiana kubłów pozwoliła zaobserwować, że sworznie nasmarowane **Klüberplexem EM 91-151** były łatwiejsze w demontażu, smar pozostawał na całej powierzchni sworznia, nie występowała korozja, a ogólne zużycie było mniejsze. W porównaniu do kompleksowego smaru litowego, oznaczało to znaczącą poprawę. Dodatkowo, kopalnia była w stanie znacznie zmniejszyć zużycie smaru, 2-3-krotnie wydłużyć żywotność sworzni w niektórych urządzeniach i zmniejszyć liczbę roboczogodzin potrzebnych na wymianę tych części. W wyniku testów kopalnia zdecydowała o całościowej wymianie smaru w sprzęcie mobilnym na **Klüberplex EM 91-151**, który już od ponad dwóch lat działa bez zarzutu.

Firma Klüber Lubrication ma w branży górniczej wielu klientów na całym świecie, którzy po zmianie uniwersalnych smarów do sprzętu mobilnego osiągnęli podobną poprawę. Eksperci w dziedzinie trybologii tworzący zespół inżynierów sprzedaży dla sektora wydobywczego są do Państwa dyspozycji w celu wybrania najlepszego środka smarnego dla indywidualnie dobranego zastosowania.

Mając gruntowne przygotowanie w kwestii analizy każdego czynnika wpływu, m.in. temperatury, obciążeń, zanieczyszczenia i planowanej dostępności maszyn w kopalni, nasi eksperci dokonują selekcji w zakresie obszernej oferty środków smarnych dla górnictwa.

WIĘCEJ NIŻ TYLKO ŚRODKI SMARNE

Producenci węgla stale zmagają się z wysokim zużyciem energii i części. Ponieważ właśnie stosowanie specjalistycznych środków smarnych może radykalnie redukować tarcie, koniecznym jest, aby operator zidentyfikował punkty procesu, w których istnieje potencjał zwiększenia efektywności energetycznej i poprawy wydajności produkcji, co położy kres niepotrzebnie wysokim kosztom.

Firma Klüber Lubrication, specjalista w dziedzinie tribologii, opracowała szeroki wachlarz usług, który umożliwia rozpoznanie i systemowe wykorzystanie takiego potencjału optymalizacji.

Wysokie obciążenia i zanieczyszczenie minerałami ściernymi to główne wyzwania tej wymagającej branży

W ramach ogólnego programu **Klüber Efficiency Support** pakiet usług obejmuje m.in. moduły zawierające wszystkie usługi doradcze związane z efektywnością energetyczną i konserwacją. Pakiet obejmuje regularną i stałą kontrolę stanu punktów smarowania oraz środka smarnego, szkolenia w zakresie smarowania, a także usługi uzupełniające, mające na celu przedłużenie żywotności maszyn i komponentów.

ZMNIEJSZ ZUŻYCIE ENERGII I OBNIŻ KOSZTY

Aby skalkulować potencjał oszczędności energii w poszczególnych zastosowaniach i przedstawić je w przejrzysty sposób, specjaliści w zakresie trybologii oferują kompleksowe doradztwo analizując wszystkie węzły tarcia.

KlüberEnergy Services to ważny element programu usług firmy będącej ekspertem w dziedzinie trybologii.

Faza konsultacji poprzedzona jest kompleksową analizą wszystkich istotnych czynników wpływu. Końcowy raport daje wnikliwy wgląd w istotne parametry, takie jak oszczędność kosztów, bilans CO_2 i zużycie energii. Ponieważ wyniki można odnieść do podobnych zastosowań w przedsiębiorstwie, możliwe jest zwielokrotnienie tych oszczędności.

Obecnie Klüber Lubrication może podać ponad setkę przykładów potwierdzających zmniejszenie zużycia energii po przejściu z oleju konwencjonalnego na prawidłowo dobrany olej specjalistyczny, jak również może pomóc przedsiębiorstwom węglowym w osiągnięciu znacznych oszczędności w przypadku urządzeń zużywających dużo energii, jak np. napędy przekładniowe i sprężarki. Redukcję zużycia energii o 3-9% można w sposób spójny wykazać nawet przy 30 czynnikach wpływu.

WŁAŚCIWY ŚRODEK SMARNY WE WŁAŚCIWYM MIEJSCU

Konserwacja oraz serwisowanie maszyn i urządzeń ma kluczowe znaczenie dla nieprzerwanego, bezawaryjnego działania. Program **KlüberMaintain** ma na celu optymalizację obsługi technicznej sprzętu i pomaga zapewnić jego niezawodne i wydajne działanie przez długi czas.

Usługa ta obejmuje profesjonalne, systemowe opracowanie planu smarowania eksploatacyjnego dla wszystkich punktów smarowania w celu optymalizacji procesów smarowania. Obejmuje ona zarówno określenie idealnej częstotliwości przeglądów, jak i zapobieganie nadmiernemu lub niedostatecznemu smarowaniu poprzez ustalenie dokładnej ilości środka smarnego oraz idealnej metody aplikacji dla danego punktu smarowania.

Będące w użyciu maszyny zostają poddane analizom przez specjalistów w dziedzinie tribologii, którzy rejestrują wszystkie punkty smarowania i środki smarne, a następnie na podstawie tych informacji tworzą indywidualny plan smarowania eksploatacyjnego. Służą oni też konsultacjami w zakresie optymalnego dozowania i sposobu aplikacji środków smarnych dla poszczególnych punktów smarowania.

Program ten może w decydujący sposób przyczynić się do uniknięcia kosztownych awarii maszyn i przestojów konserwacyjnych zwłaszcza przy wysokim wykorzystaniu mocy produkcyjnych. Uzyskane oszczędności i optymalizacje są przedstawiane w sposób wymierny i wszechstronny.

ANALIZY STANU SMARÓW I OLEJÓW

Dostępność ma kluczowe znaczenie dla działania kosztownego sprzętu.

Naprawy lub wymiany części należy dokonywać tylko w czasie planowanych przestojów, a w miarę możliwości najlepiej jest ich unikać. Tu dostawcą pomocnych danych może okazać się analiza środków smarnych. Usługi analizy stanu smarów i olejów są dostępne w ramach systemu **KlüberMonitor**.

Regularnie przeprowadzane analizy stanu smaru i oleju za pomocą znormalizowanych metod dostarczają informacji o aktualnym stanie środka smarnego. Na podstawie wyników analizy można zmniejszyć ryzyko awarii drogich komponentów lub układów oraz wydłużyć okres ich użytkowania. Analiza stanu smaru i oleju jest zalecana nie tylko celem standardowego monitorowania stanu, ale także przed wymianą smaru na inny.

Analizy stanu smarów i olejów wykonywane w laboratoriach Klüber Lubrication dostarczają informacji o wielu aspektach aktualnej kondycji smaru, w tym ogólną charakterystykę, charakterystykę pracy dodatków, dane na temat utleniania, cząstek zużyciowych, mieszania z ciałami obcymi, oraz o stopniu wymieszania starego i nowego środka smarnego po wymianie. Dostępny jest zestaw do pobierania próbek z dokładnym opisem.

Eksperci z Klüber Lubrication przedstawiają jasny, przejrzysty raport z wynikami oraz zaleceniami dotyczącymi dalszych działań.

Analiza stanu środków smarnych jest dostępna dla wybranych smarów oferowanych przez producenta.

PODSUMOWANIE

Niezawodne smarowanie elementów ruchomych ma zasadnicze znaczenie dla ochrony mechanizmów przed awarią, zwłaszcza w przypadku tak dużych i ciężkich obciążeń jak w omawianej branży. Producenci specjalizujący się w tribologii, jak Klüber Lubrication, dysponują niezbędną, obszerną fachową wiedzą, aktywnie wspierając przedsiębiorców w ich działaniach od fazy planowania do realizacji. Szeroka oferta dla sektora wydobywczego przedstawiana przez producenta specjalistycznych środków smarnych daje szansę firmom górniczym osiągnąć cele produkcyjne i utrzymać dostępność ich maszyn. Z tego względu odpowiednio wczesna konsultacja z ekspertem w dziedzinie tribologii wydaje się opłacalnym krokiem.

www.klueber.pl

Precyzyjne pomiary w produkcji samochodów: PERCEPTRON

Rozwój mechanizacji i automatyzacji w produkcji wielkoseryjnej skomplikowanych wyrobów doprowadził do znacznego skrócenia taktów produkcji, poniżej jednej minuty, a niekiedy nawet do kilkunastu sekund. Jednocześnie rozwinęły się nowatorskie systemy zarządzania produkcją i jakością. Wymagają one podawania informacji kontrolnych i pomiarowych w czasie taktu, w czasie rzeczywistym, teraźniejszym.

Aleksander Łukomski

Do pomiarów skomplikowanych i przestrzennych wyrobów opracowano kilka metod i odpowiednich przyrządów pomiarowych. Duże automatyczne maszyny pomiarowe mierzą np. nadwozie samochodu z dużą dokładnością, nawet +/- 0,01 mm. Potrzebują one na każdy pojedynczy pomiar co najmniej kilku sekund; dla przykładu przyjmijmy: 6. W kompletnym nadwoziu samochodu opuszczającym spawalnię takich punktów pomiarowych jest około 200, czyli potrzeba minimum 20 minut na zmierzenie nadwozia (na ogół jednak potrzeba znacznie więcej czasu). Do tego trzeba wyjąć nadwozie z linii produkcyjnej i przetransportować na stanowisko pomiarowe, zamontować na płycie, wyzerować układ itp., co zajmuje dalsze minuty. Maszyny pomiarowe, najczęściej kilka w wydziale spawalni, potrzebują specjalnego pomieszczenia odpowiednio oświetlonego, szczelnego i klimatyzowanego, a także często oddzielonego od hali produkcyjnej ze względu na drgania i hałas. Najczęściej te pomiary wykonuje się jako kontrolę wyrywkową.

W produkcji samochodów wykonuje się jeszcze inne pomiary, niszczące i nie niszczące, np. zrywanie zgrzein, w celu sprawdzenia ich wytrzymałości (i to mimo bezpośredniej kontroli założonych parametrów zgrzewania), kontrolę jakości wytłoczek, spasowania nadwozia i wiele innych.

Kilkanaście lat temu pojawiły się nowe bezdotykowe metody pomiarowe, oparte o systemy optycznego skanowania 3D, które skróciły czas pomiaru o połowę, w stosunku do wcześniej wykorzystywanych maszyn pomiarowych. Zapewniają one wysoką dokładność pomiaru, nawet do 0,005 mm. Technologia laserowa pomiaru używana w skanerach 3D polega na analizie załamania promieni lasera na powierzchni badanego obiektu.

W pomiarach i ocenie danych coraz częściej stosuje się również tomografię komputerową (CT). Metoda ta pozwala na całkowite zobrazowanie wyrobu bez jego niszczenia – zarówno konturów zewnętrznych, jak i wewnętrznych – i dzięki temu można przeprowadzić kontrolę geometrii oraz analizę kształtu wyrobu.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Przemysł motoryzacyjny: co dalej?

Z powodu zeszłorocznych okołokowidowych obostrzeń i zamykania całych sektorów przemysłowych, premiery i konferencje rynku motoryzacyjnego przeszły do sieci internetowej, co z kolei sprawiło, że zabrakło kuluarowych rozmów, z których zwykle można było dowiedzieć się więcej niż podczas publicznych wystąpień. Śledząc oficjalne informacje trudno nie odczuć pewnego niedosytu, który pozostał po ostatnich przed lockdownami ekspozycjach w Genewie i Frankfurcie. W halach genewskiego Palexpo często mówiono o zaledwie niespełna 7 % skażeniu powietrza wywoływanym przez motoryzację. Padało pytanie: – Panowie, o co my tak naprawdę walczymy? Ekologiczni demonstranci, którzy zablokowali wjazd na frankfurcki salon samochodowy odmówili jakichkolwiek rozmów z przedstawicielami przemysłu samochodowego.

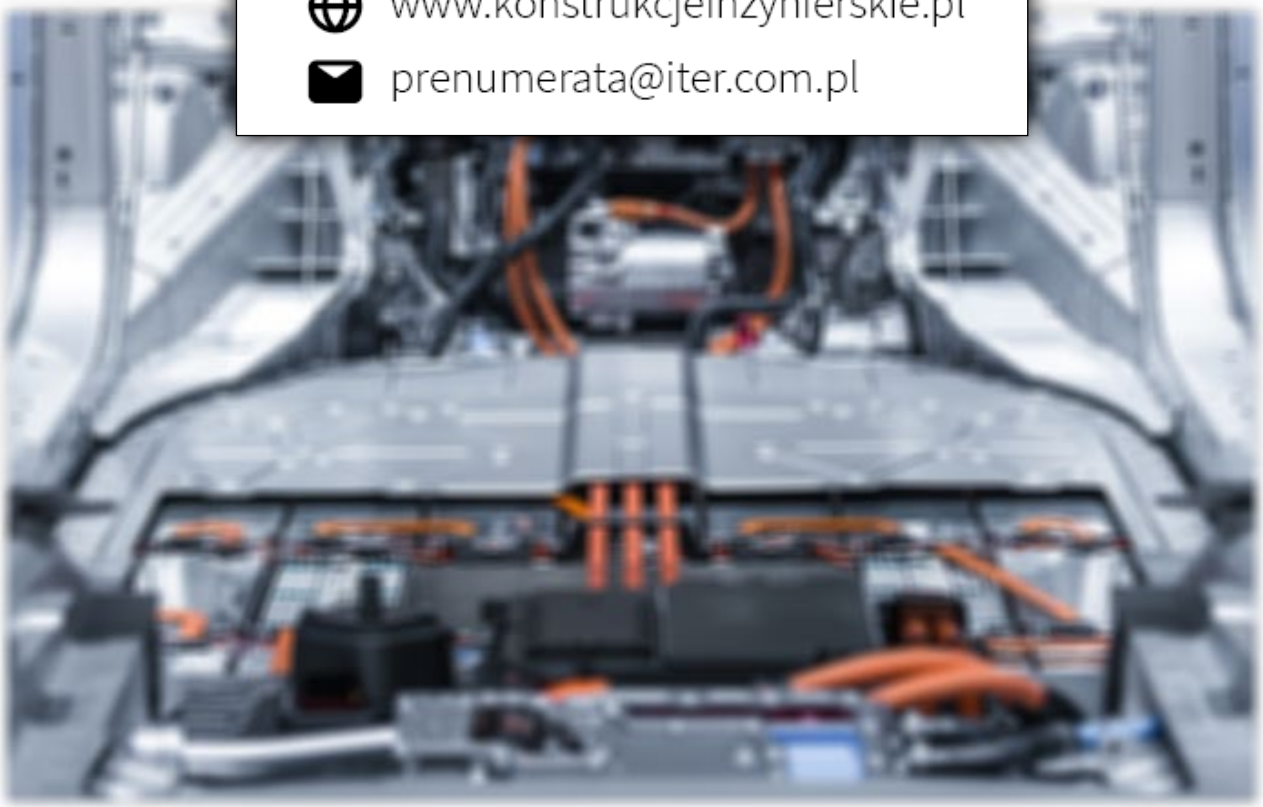
Ryszard Romanowski

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl



Zalecenia dotyczące uszczelnień łożysk

Awarie urządzeń oraz obniżona trwałość podzespołów to w wielu przypadkach konsekwencje stosowania niewłaściwych uszczelnień do ochrony łożysk zabudowanych m.in. w pompach, silnikach elektrycznych, wentylatorach, oprawach, przekładniach i wielu innych urządzeniach. Odpowiednio dobrane i zamontowane uszczelnienia zapewniają efektywną barierę ochronną, która zatrzymuje środek smarny, jak również chroni łożysko przed wodą, korozją oraz innymi zanieczyszczeniami.

Florin Constantin

Krótko mówiąc, uszczelnienia wałów obrotowych są stosowane w celu stworzenia bariery o dwóch podstawowych funkcjach: zatrzymania środka smarnego i zabezpieczenia przed przedostawaniem się zanieczyszczeń do wewnątrz łożyska. W typowych zastosowaniach uszczelnienie olejowe — nazywane także uszczelnieniem ruchu obrotowego lub uszczelnieniem wargowym — w przypadku większości węzłów łożyskowych jest umieszczane bezpośrednio przy łożysku. Aby zapobiec wydostawaniu się środka

W najbardziej wymagających warunkach trwałość standardowych uszczelnień łożysk okazuje się często niewystarczająca. Dlatego przed wyborem materiału najlepiej skonsultować się z ekspertem

smarnego na zewnątrz węzła, uszczelnienia te zostały zaprojektowane tak, aby zabezpieczały przestrzeń pomiędzy stacjonarnymi a obrotowymi elementami mechanicznymi, takimi, jak obudowa i wał. Elementy te znajdują się niemal w każdym pojeździe czy maszynie.

WYBÓR WŁAŚCIWEGO MATERIAŁU USZCZELNIENIA

Wybór odpowiedniego materiału (elastomeru) jest kluczowe dla zapewnienia właściwego działania uszczelnienia i ochrony przed zanieczyszczeniami. Przed wyborem odpowiedniego materiału należy wziąć pod uwagę parametry pracy oraz warunki środowiskowe. W przypadku typowych zastosowań przemysłowych najczęściej wykorzystywanym elastomerem jest nitryl, ze względu na jego doskonałą odporność na ścieranie. Drugim najczęściej wykorzystywanym materiałem jest fluoroelastomer, który wybierany jest z uwagi na odporność na wysoką temperaturę i działanie substancji chemicznych.

Elastomer	Zalety	Wady/Ograniczenia	Zakres temperatur
Nitrylowy (NBR)	Niski koszt. Dobre właściwości w niskich temperaturach i odporność na ścieranie. Niskie pęcznienie w cieczach węglowodorowych.	Ograniczona odporności na wysoką temperaturę. Słaba odporność na smary zawierające siarkę lub dodatki EP, mieszanki węglowodorów/ związków tlenowych (benzyna/metanol). Niska odporność na ozon.	od -40 °F do 225 °F od -40 °C do 107 °C
Poliakrylowy	Odporność na smary EP. Lepsze właściwości w wysokich temperaturach niż NBR. Małe pęcznienie w cieczach węglowodorowych.	Zastosowanie tylko w niskich temperaturach. Słabe właściwości mechaniczne przy pracy na sucho. Podatny na niekorzystne działanie w środowiskach wodnych. Droższy od NBR.	od -20 °F do 300 °F od -29 °C do 149 °C
Silikonowy	Dobra odporność na gorące powietrze Doskonałe właściwości w niskich temperaturach. Dobra odporność na ozon.	Podatny na uszkodzenia w trakcie montażu. Słaba odporność chemiczna na niektóre dodatki EP i utleniony olej. Wysokie pęcznienie, słabe właściwości mechaniczne przy pracy na sucho. Droższy od NBR.	od -80 °F do 350 °F od -62 °C do 176 °C
Fluorowy	Doskonałe właściwości w wysokich temperaturach. Kompatybilny z wieloma cieczami. Długi okres żywotności.	Słaba odporność na podstawowe ciecze (o wysokim pH>7). Podatny na działanie dobrej jakości olejów przekładniowych. Drogi w porównaniu z innymi materiałami.	od -30 °F do 400 °F od -34 °C do 204 °C

Tab. 1 Popularne materiały stosowane w produkcji uszczelnień

Elastomer	Zalety	Wady/Ograniczenia	Zakres temperatur
Etylen akrylowy (Vamac®)	Lepsze właściwości w wysokich temperaturach niż NBR i poliakrylanowy. Lepsze właściwości w niskich temperaturach niż poliakrylan. Dobre właściwości ścierne i podczas pracy na sucho. Średnia cena.	Wysokie pęcznienie w cieczach węglowodorowych. Ograniczone właściwości w przypadku wałów mimośrodowych lub w zastosowaniach wymagających częstego działania.	od -30 °F do 325 °F od -34 °C do 163 °C
Tetrafluoroetylen Propylen (Aflas®)	Lepsza odporność chemiczna na wszystkie ciecze węglowodorowe, kwasy, bazy i środki utleniające niż przypadku fluoroelastomerów. Może być stosowany w obecności wszystkich cieczy hydraulicznych. Stała odporność na wysokie temperatury powyżej 204 °C. Dobra odporność na ścieranie przy pracy na sucho oraz promieniowanie.	Słaba odporność chemiczna na mieszanki węglowodorów/związki tlenowe (benzyna/metanol). Słabe właściwości w niskich temperaturach Droższy niż fluoroelastomery.	od -30 °F do 400 °F od -34 °C do 204 °C

Tab. 2 Materiały Premium stosowane w produkcji uszczelnień

Dwa najistotniejsze parametry to temperatura i rodzaj środka smarnego. Jednak należy również określić, czy zewnętrzne zanieczyszczenia mogą mieć niekorzystne działanie na materiał uszczelnienia. Producenci uszczelnień udostępniają tabele kompatybilności chemicznej, jednak zawierają one jedynie ogólne wskazówki. W celu uzyskania szczegółowej analizy kompatybilności elastomeru należy skonsultować się ze specjalistą ds. uszczelnień.

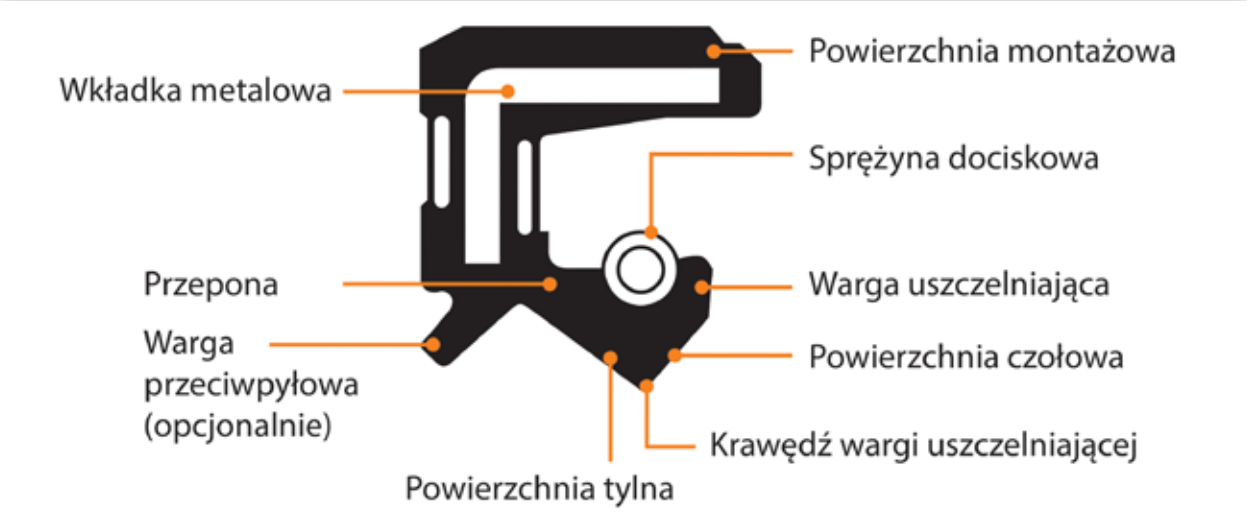
Inne parametry, na które należy zwrócić uwagę, to bicie promieniowe powierzchni wału, niewspółosiowość wału, a także prędkość obrotowa i ciśnienie medium. Należy pamiętać o tym, że parametry te mogą znacząco różnić się w zależności od zastosowania. Gdy uszczelnienie pracuje w warunkach, gdzie tylko jeden parametr osiąga wartości graniczne, nie ma to wielkiego wpływu na wydajność pracy uszczelnienia, natomiast jeśli w danym układzie kilka parametrów osiąga maksymalne dopuszczalne wartości, mogą one wywierać znacznie większy wpływ na uszczelnienie.

Ograniczenia temperatury oraz ogólna kompatybilność cieczy/środków smarnych dla najczęściej stosowanych elastomerów klasy premium zostały pokazane w tabelach 1 (na poprzedniej stronie) i 2 (powyżej). Należy jednak pamiętać, że producenci uszczelnień stosują własne opatentowane składy elastomerów, a poniższe informacje mogą różnić się w zależności od producenta.

PRZYGOTOWANIE SYSTEMU USZCZELNIENIA

Po wybraniu odpowiedniego materiału uszczelnienia, w celu zapewnienia jego właściwej pracy należy zapoznać się ze specyfikacją techniczną wszystkich elementów współpracujących. Uszczelnienie to tylko jedna z części systemu uszczelniającego, a jego działanie zależy od właściwego funkcjonowania i odpowiednich parametrów wału i otworu osadzenia.

Według organizacji Rubber Manufacturers Association (RMA), należy rozważyć kilka istotnych wymagań dotyczących przygotowania wału już podczas projektowania lub udoskonaleń systemu. Te parametry to chropowatość



Rys. 1 Szczegóły konstrukcyjne uszczelnienia dwuwargowego, z powierzchnią zewnętrzną pokrytą gumą

powierzchni wału, metoda obróbki, twardość, tolerancja średnicy, sfazowanie, materiał, potencjalna niewspółosiowość wału i otworu oraz bicie promieniowe. Z powyższych, najistotniejsze elementy to powierzchnia wału, metoda obróbki i twardość.

Wykończenie powierzchni wału to bardzo istotny czynnik właściwego funkcjonowania uszczelnienia i należy go określić z dokładnością do 10-25 mikrocali Ra (0,20–0,60 mikrometrów Ra) z zerowym szlifem. Odnośnie materiału wału, uszczelnienie najlepiej pracuje zabudowane na wałach wykonanych ze stali miękkiej, żeliwa szarego lub ciągliwego. W normalnych warunkach roboczych część wału stykająca się z wargą uszczelnienia powinna być utwardzona przynajmniej do stopnia C30 według skali twardości Rockwella. Gdy wał jest zarysowany lub uszkodzony podczas eksploatacji lub montażu lub w przypadku wałów, pracujących w trudnych warunków ściernych, zaleca się twardość C45 w skali Rockwella.

Raz jeszcze należy nadmienić, iż zalecana jest bardziej szczegółowa analiza parametrów wykonania wału, którą można uzyskać po kontakcie ze specjalistą ds. uszczelnień i omówieniu szczegółów zastosowania.

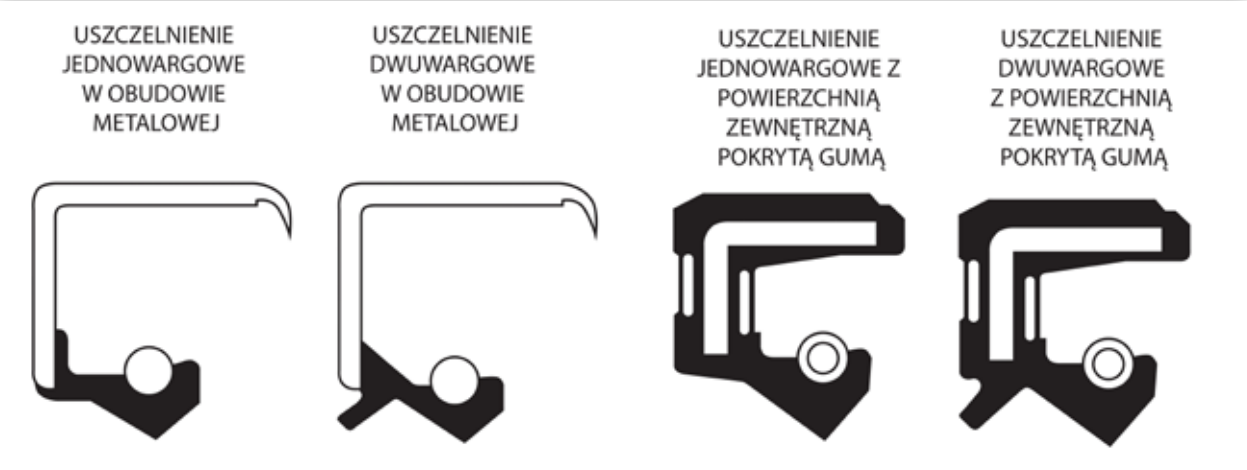
Jednocześnie w sytuacjach, gdy wał nie spełnia wymagań dla optymalnej pracy uszczelniania, dostępne są tuleje regeneracyjne, które zapewniają niezbędną powierzchnię do prawidłowego działania uszczelnienia. Tuleja regeneracyjna nie tylko zapewnia odpowiednią powierzchnię, ale także umożliwia ograniczenie kosztów w stosunku do rozwiązania alternatywnego w postaci regeneracji wału, gwarantującego odpowiednią powierzchnię roboczą dla wargi uszczelniającej.

Zapewnienie właściwej specyfikacji gniazda jest również bardzo istotnym aspektem integralności systemu uszczelnienia. W celu właściwego doboru uszczelnienia należy dokładnie przestrzegać zaleceń producentów dotyczących tolerancji otworów i pasowań.

Należy także wziąć pod uwagę sposób wykonania gniazda pod uszczelnienie. W celu ułatwienia montażu uszczelnienia, otwór gniazda powinien posiadać sfazowanie. Należy również uważać na ostre krawędzie lub zadziory, które mogą uszkodzić zewnętrzną powierzchnię uszczelnienia i tym samym stworzyć potencjalne ryzyko wycieku środka smarnego.

PODSTAWOWE KONSTRUKCJE USZCZELNIEŃ

Obecnie najczęściej stosowanym uszczelnieniem jest uszczelnienie przedstawione na rysunku 1 – pierścień z podwójną wargą. Sprężyna dociskowa znajduje się nad główną wargą uszczelniającą, która zatrzymuje środek smarny. Uszczelnienie to posiada także wargę przeciwpyłową, która znajduje się po przeciwległej stronie i zatrzymuje zanieczyszczenia.



Rys. 2 Najpopularniejsze konstrukcje uszczelnień

Cztery najpopularniejsze konstrukcje uszczelnień zostały przedstawione na rysunku 2. Główna różnica pomiędzy konstrukcjami to średnica zewnętrzna uszczelnienia. Uszczelnienia w osłonie metalowej zapewniają nieco lepsze osadzenie w gnieździe obudowy niż uszczelnienia z powierzchnią gumową. Jednakże osłony wykonane ze stali węglowej mogą rdzewieć w zależności od środowiska, podczas gdy gumowa powłoka zapewnia dodatkową ochronę metalowej wkładki. W przypadku wielu standardowych zastosowań uszczelnienia te można stosować zamiennie. Uszczelnienia o konstrukcji dwuwargowej posiadają dodatkową wargę przeciwpyłową i należy ich używać w środowiskach o wysokim poziomie zanieczyszczenia. Wszystkie te uszczelnienia dostępne są w wymiarach metrycznych jak i calowych.

WŁAŚCIWY MONTAŻ POZWALA OSIĄGNĄĆ MAKSYMALNĄ TRWAŁOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ USCZELNIENIA

Nawet jeśli wszelkie wskazówki i wytyczne w stosunku do materiału uszczelnienia, rodzaju oraz konstrukcji zostaną spełnione, niezawodność uszczelnienia w dużej mierze będzie zależała od jej prawidłowego montażu. W związku z tym należy przestrzegać poniższych wytycznych:

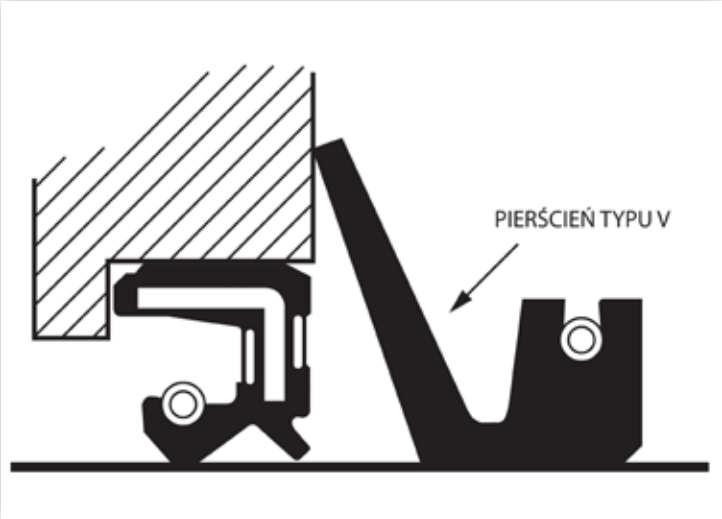
1. Sprawdzić gniazdo osadzenia uszczelnienia, aby upewnić się, że jest czyste i nie posiada zadziorów, które mogłyby zniekształcić lub uszkodzić zewnętrzną powierzchnię uszczelnienia. Sprawdzić zaokrąglenia i upewnić się, że krawędź gniazda jest zaokrąglona lub sfazowana.
2. Sprawdzić powierzchnię wału pod kątem ewentualnych uszkodzeń/zadziorów pozostałych po obróbce, obecności brudu lub pozostałości farby, które mogą uszkodzić wargę uszczelnienia, co może prowadzić do powstawania wycieków. Jeśli w trakcie wymiany uszczelnienia wykryto rowek na powierzchni wału, obszar ten należy zregenerować lub założyć odpowiednią tuleję.
3. Sprawdzić koniec wału i usunąć wszelkie zadziory lub ostre krawędzie. Koniec wału powinien być sfazowany lub posiadać zaokrąglenie, tak, aby zapobiegał ewentualnemu uszkodzeniu wargi uszczelnienia podczas jego montażu. Jeśli powyższe jest niemożliwe, należy zastosować tuleję zabezpieczającą.
4. Sprawdzić wypusty i rowki klinowe pod kątem ostrych krawędzi. Jeśli te występują, należy je osłonić tuleją, podkładką lub taśmą w celu zabezpieczenia wargi uszczelnienia.
5. Sprawdzić samo uszczelnienie pod kątem uszkodzeń, które mogły powstać podczas transportu lub przenoszenia, tj. nacięć, przecięć, zadrapań lub zniekształceń.
6. Upewnić się, czy uszczelnienie jest montowane w prawidłowym kierunku. Główna warga uszczelnienia jest zazwyczaj umieszczona po stronie środka smarnego. Jeśli miejsce

zabudowy pozwala na montaż dodatkowego uszczelnienia, główna warga uszczelnienia dodatkowego może być skierowana na zewnątrz, aby zapewnić dodatkowe uszczelnienie w trudnym środowisku pracy.

7. Przed montażem uszczelnienia wstępnie przesmarować wargę uszczelniającą srodkiem smarnym, który będzie użyty w węźle łożyskowym. Nie ma konieczności smarowania zewnętrznej osłony metalowej uszczelnienia, natomiast osłona gumowa powinna być pokryta cienką warstwę oleju. Zmniejszy to naprężenia i ułatwi montaż. Wstępne nasmarowanie ograniczy lub wyeliminuje ryzyko wypchnięcia zewnętrznej osłony uszczelnienia z gniazda.
8. Przed przystąpieniem do montażu wybrać odpowiednie narzędzie montażowe do wielkości uszczelnienia. Tuleja montażowa powinna mieć średnicę nieco mniejszą niż otwór obudowy. W przypadku braku dostępności narzędzi tulei, do montażu uszczelnienia można użyć pierścienia łożyskowego.
9. Pod żadnym pozorem nie należy uderzać bezpośrednio w uszczelnienie. Podczas montażu nie używać śrubokrętów, punktaków czy wybijaków. Nie zaleca się także stosowania stalowych młotków, ponieważ uderzenie takiego młotka może spowodować wypadnięcie sprężyny dociskowej. Uszczelnienie należy wprowadzać do gniazda w sposób równomierny i z odpowiednią siłą.

DODATKOWE OPCJE DO CIĘŻKICH WARUNKÓW PRACY

Do bardziej wymagających warunków pracy dostępne są uszczelnienia w wielu różnych odmianach, w tym o konstrukcji wielowargowej. Standardowa konstrukcja z dwoma wargami wykonana z elastomeru nitrylowego lub fluoroelastomeru może zostać wykorzystana jako podstawowy element uszczelniający. Jednak w bardzo trudnych środowiskach po zewnętrznej stronie uszczelnienia wału należy dodać pierścień uszczelniający typu V, który będzie zapewniać dodatkowe zabezpieczenie przeciw zanieczyszczeniom, jak pokazano na rysunku 3.



Rys. 3 Pierścień uszczelniający typu V

Zaletą takiego uszczelnienia jest jego elastyczność, a co za tym idzie łatwy montaż na większości rozmiarów wałów. Pierścienie typu V mogą być także stosowane w przypadku wałów mimośrodowych lub niewspółosiowych.

Florin Constantin
Principal Application Engineer
The Timken Company

W celu uzyskania dodatkowych informacji lub porad odnośnie uszczelnień, materiałów, przygotowania lub montażu, zapraszamy do odwiedzenia witryny:

www.timken.com/industrialseals

Historia Unigraphics i NX

Historia oprogramowania NX, znanego wcześniej pod nazwą UNIGRAPHICS, sięga początku lat sześćdziesiątych XX wieku. „The UNIGRAPHICS & NX Virtual Museum" to inicjatywa stworzenia wirtualnego muzeum o innej, właśnie historycznej stronie NX na https://unigraphics.site, gdzie będziemy gromadzić wirtualne artefakty dotyczące oprogramowania NX. Autorem tego pomysłu jest firma CAMdivision – największy dystrybutor oprogramowania NX w Polsce.

Krzysztof Augustyn

Zanim Państwo przebrną przez ten artykuł warto wiedzieć, że o historii NX dyskutujemy również na platformach:

- *Facebook: https://www.facebook.com/groups/nxunigraphics*
- *LinkedIn: https://www.linkedin.com/groups/12509354/*
- *Twitter: https://twitter.com/NxHistory*
- *YouTube: https://bit.ly/3vHV46w*

*Zapraszamy Państwa do współtworzenia **„The UNIGRAPHICS & NX Virtual Museum"**. Przejrzyjcie dyski, biblioteczki, skrzynie, strychy i piwnice, może znajdziecie stare ulotki, czasopisma, książki, CD, zdjęcia czy prace dyplomowe w których jest mowa o UNIGRAPHICS (NX)…*

Szukamy też najstarszego działającego stanowiska z UNIGRAPHICS (NX) w Polsce!
Szczegóły na https://www.camdivision.pl/pl/firma/konkurs

Naszą podróż przez historię NX, zaczniemy od lat 60-tych i 70-tych XX wieku.

• 1963 – John Wright wraz z współpracownikami zakłada własną firmę United Computing w Torrance (Kalifornia, ~30 km od Los Angeles.), która mieści się w dwóch pokojach nad zakładem fryzjerskim.

APT to język programowania używany do obliczenia ścieżek narzędzia, które przechodzą post-processing i są drukowane na taśmie perforowanej. Taśma jest czytana przez sterowanie NC maszyny (frezarki), na której program steruje ruchem narzędzia (freza) tworząc w ten sposób część opisaną językiem APT.

John Wright – założyciel United Computing

Taśma perforowana z zapisem programu

• 1969 – United Computing wprowadza swój pierwszy produkt pod nazwą UNIAPT, który był minikomputerem opartym o APT (*Automatic Programmed Tool*).

UNIAPT był jednym z pierwszych produktów CAM, który został sprzedany do zewnętrznego użytkownika. Do tej pory firmy zamawiały pogramy NC na zewnątrz np. w McAuto (McDonnell Douglas Automation, część McDonnell Douglas Corp) lub w UCC (University Computing Corporation).

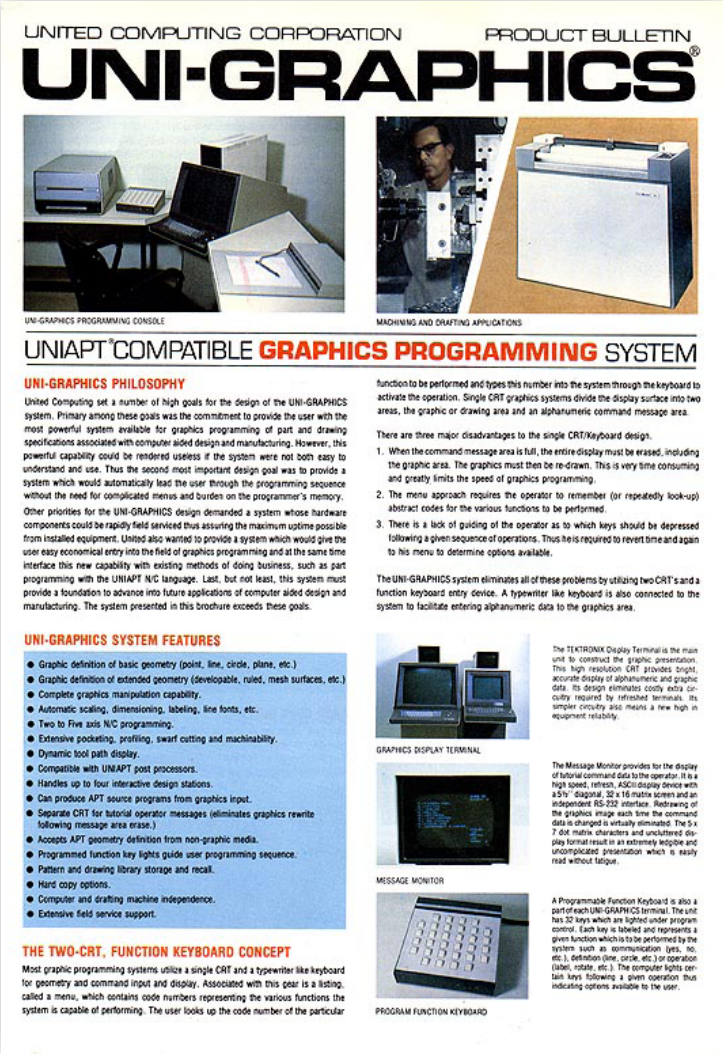
• 1971 – United Computing przenosi biuro do „22500 Avalon Boulevard, in Carson, CA". W budynku mieściła się wcześniej poczta, więc od czasu do czasu ktoś błąkał się w nadziei, że nada paczkę lub kupi znaczki ☺.

• 1973 Lipiec – United kupiło kod ADAM (Automated Drafting And Machining) od MCS (Manufacturing and Consulting Services). Pat Hanratty (właściciel MCS) pracował nad kodem ADAM od października 1971. Chociaż był

Siedziba United Computing w budynku byłej poczty

General Automation SPC-16 (~1973-76)

podobny do innych systemów jakie stworzył m.in. w GM, GE, Douglas Aircraft to różnił się tym że został napisany w Fortran i składał się z ~600 podprogramów.



UNITED COMPUTING CORPORATION PRODUCT BULLETIN

UNI-GRAPHICS®

UNI-GRAPHICS PROGRAMMING CONSOLE

MACHINING AND DRAFTING APPLICATIONS

UNIAPT® COMPATIBLE GRAPHICS PROGRAMMING SYSTEM

UNI-GRAPHICS PHILOSOPHY

United Computing set a number of high goals for the design of the UNI-GRAPHICS system. Primary among these goals was the commitment to provide the user with the most powerful system available for graphics programming of part and drawing specifications associated with computer aided design and manufacturing. However, this powerful capability could be rendered useless if the system were not both easy to understand and use. Thus the second most important design goal was to provide a system which would automatically lead the user through the programming sequence without the need for complicated menus and burden on the programmer's memory.

Other priorities for the UNI-GRAPHICS design demanded a system whose hardware components could be rapidly field serviced thus assuring the maximum uptime possible from installed equipment. United also wanted to provide a system which would give the user easy economical entry into the field of graphics programming and at the same time interface this new capability with existing methods of doing business, such as part programming with the UNIAPT N/C language. Last, but not least, this system must provide a foundation to advance into future applications of computer aided design and manufacturing. The system presented in this brochure exceeds these goals.

UNI-GRAPHICS SYSTEM FEATURES

- Graphic definition of basic geometry (point, line, circle, plane, etc.)
- Graphic definition of extended geometry (developable, ruled, mesh surfaces, etc.)
- Complete graphics manipulation capability.
- Automatic scaling, dimensioning, labeling, line fonts, etc.
- Two to Five axis N/C programming.
- Extensive pocketing, profiling, swarf cutting and machinability.
- Dynamic tool path display.
- Compatible with UNIAPT post processors.
- Handles up to four interactive design stations.
- Can produce APT source programs from graphics input.
- Separate CRT for tutorial operator messages (eliminates graphics rewrite following message area erase.)
- Accepts APT geometry definition from non-graphic media.
- Programmed function key lights guide user programming sequence.
- Pattern and drawing library storage and recall.
- Hard copy options.
- Computer and drafting machine independence.
- Extensive field service support.

THE TWO-CRT, FUNCTION KEYBOARD CONCEPT

Most graphic programming systems utilize a single CRT and a typewriter like keyboard for geometry and command input and display. Associated with this gear is a listing, called a menu, which contains code numbers representing the various functions the system is capable of performing. The user looks up the code number of the particular function to be performed and types this number into the system through the keyboard to activate the operation. Single CRT graphics systems divide the display surface into two areas, the graphic or drawing area and an alphanumeric command message area.

There are three major disadvantages to the single CRT/Keyboard design.

1. When the command message area is full, the entire display must be erased, including the graphic area. The graphics must then be re-drawn. This is very time consuming and greatly limits the speed of graphics programming.
2. The menu approach requires the operator to remember (or repeatedly look-up) abstract codes for the various functions to be performed.
3. There is a lack of guiding of the operator as to which keys should be depressed following a given sequence of operations. Thus he is required to revert time and again to his menu to determine options available.

The UNI-GRAPHICS system eliminates all of these problems by utilizing two CRT's and a function keyboard entry device. A typewriter like keyboard is also connected to the system to facilitate entering alphanumeric data to the graphics area.

GRAPHICS DISPLAY TERMINAL

The TEKTRONIX Display Terminal is the main unit to construct the graphic presentation. This high resolution CRT provides bright, accurate display of alphanumeric and graphic data. Its design eliminates costly extra circuitry required by refreshed terminals. Its simpler circuitry also means a few high in equipment reliability.

MESSAGE MONITOR

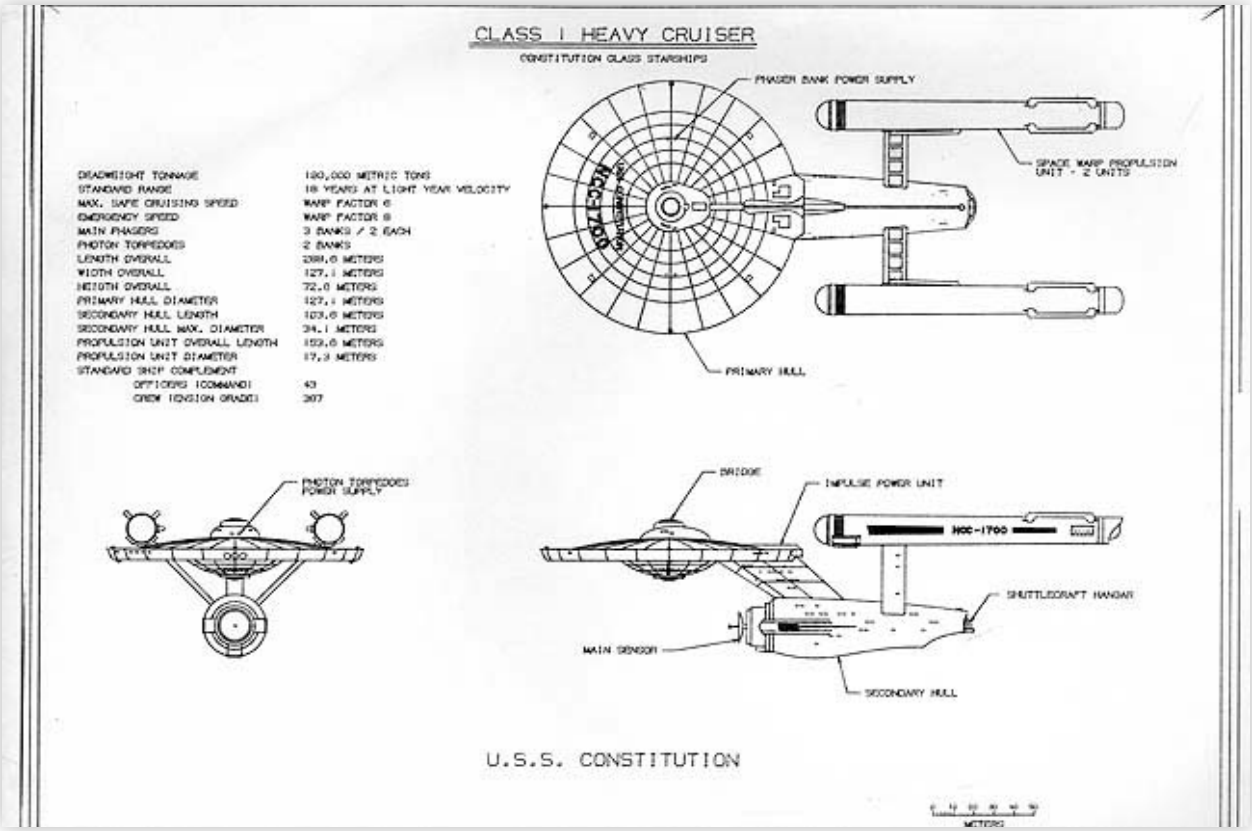
The Message Monitor provides for the display of tutorial command data to the operator. It is a high speed, refresh, ASCII display device with a 5½" diagonal, 32 x 16 matrix screen and an independent RS-232 interface. Redrawing of the graphics image each time the command data is changed is virtually eliminated. The 5 x 7 dot matrix characters and uncluttered display format result in an extremely legible and uncomplicated presentation which is easily read without fatigue.

PROGRAM FUNCTION KEYBOARD

A Programmable Function Keyboard is also a part of each UNI-GRAPHICS terminal. The unit has 32 keys which are lighted under program control. Each key is labeled and represents a given function which is to be performed by the system such as communication (yes, no, etc.), definition (line, circle, etc.) or operation (label, rotate, etc.). The computer lights certain keys following a given operation thus indicating options available to the user.

Ulotka reklamująca UNI-GRAPHICS

- 1973 Wrzesień – program ADAM zostało przeniesiony na General Automation SPC-16 (wczesny 16 bit minikomputer) z wyświetlaczem Tektronix z interfejsem użytkownika i menu. Nadano mu nazwę **UNI-GRAPHICS**. Zapewniał podstawowe modelowanie i rysowanie 2D oraz obsługiwał 14 warstw.
- 1973 Październik – pierwszy publiczny pokaz **UNI-GRAPHICS** na targach SME CAD/CAM II show w Detroit. Ciekawostka: ze wszystkich głównych systemów CAD prezentowanych na tej wystawie (Applicon, Autotrol, Calma, Computervision i UNI-GRAPHICS) tylko UNIGRAPHICS jest nadal sprzedawany.
- 1974 Sierpień: **UNI-GRAPHICS** został zaimplementowany na jednostce General Automation SPC-16/65 jako system „multi-user" (dla dwóch użytkowników). Jednostka na zdjęciu u góry strony to SPC-16, który obsługiwał tylko „single user". Po lewej stronie stoi ciekawe urządzenie na którym operator wprowadzał polecenia uruchamiania systemu i gdzie również drukowano komunikaty o błędach.
- ...w tym samym czasie usunięto z nazwy łącznik „-" i odtąd system był znany jako po prostu **„UNIGRAPHICS"**.
- 1974 Wrzesień – United Computing sprzedało swój pierwszy system UNIGRAPHICS, choć pytanie kto był pierwszym klientem jest otwarte. Pierwsze zamówienie złożyło Los Alamos National Laboratories w Nowym Meksyku, ale z powodu problemów z dostawą hardware (wyświetlacz i ploter) wysyłkę zrealizowano w styczniu 1975 roku. Realnie pierwsza instalacja miała miejsce w ALCOA w Lafayette.
- 1976 Kwiecień – McDonnell Douglas przejmuje United Computing, twórcę UNIGRAPHICS. McDonnell Douglas był wówczas największym amerykańskim koncernem lotniczym, który był producentem m.in. F-15 Eagle (1974) F/A-18 Hornet (1978) czy helikopterów AH-64 Apache (1984). Firma w 1997 roku została przejęta przez Boeing Company.



Rysunek Star Trek w UNIGRAPHICS (~1977)

Rysunek powyżej przedstawia widok modelu statku Star Trek stworzony w ówczesnej wersji UNIGRAPHICS w Los Alamos National Laboratories w Nowym Meksyku. Przez lata ten obraz był używany przez dział rozwoju UNIGRAPHICS do testowania ploterów, szybkości odświeżania sprzętu itp.

• 1978 Kwiecień – ukazuje się **UNIGRAPHICS R1**. Kod źródłowy został całkowicie przepisany stąd litera „R" od „Restructured".

Wybrane usprawnienia w UNIGRAPHICS R1: 256 Layers • Chain Selection • Generic Point Subfunction Spline Under Tension • Special Functions Available at Any Time.

• 1978 Lipiec – **UNIGRAPHICS R2** w którym wprowadzono zrestrukturyzowany język GRIP.

• 1978 Październik – **UNIGRAPHICS R3** zawierał usprawniania w obszarze edycji wymiarów i elementów rysunkowych, a także dodaniem funkcji przenoszenia/kopiowania warstw.

Rzut oka na możliwości ówczesnego UNIGRAPHICS daje film (15 minut) z ~1978 roku, czyli UNIGRAPHICS TOTAL SOLUTIONS.

Film UNIGRAPHICS: The Total Solutions (~1978)

To tyle o historii UNIGRAPHICS & NX w tej części. Zapraszamy Państwa do współtworzenia wirtualnego muzeum UNIGRAPHICS. Przejrzyjcie dyski, biblioteczki, skrzynie, strychy i piwnice, może znajdziecie coś cennego... O historii UNIGRAPHICS w latach 80-tych XX stulecia w następnym odcinku.

Krzysztof Augustyn

https://camdivision.pl

Automatyczne generowanie tolerancji wykonania

cz.1

Każdy produkt jest zbudowany z pojedynczych części i już na etapie projektowania konstruktor musi zastanowić się nad procesem ich montażu. Niestety, ani precyzyjny model 3D poszczególnych części, ani wirtualny model całego produktu nie zapewniają bezproblemowego montażu, bo nie gwarantują takiej samej dokładności wykonania fizycznych części. Dlatego konstruktor musi ustalić, które powierzchnie projektowanych części są istotne w procesie montażu i dla tych powierzchni zdefiniować tolerancje wymiarów, kształtu i/lub położenia. Zadanie nie jest szczególnie trudne, bo wiedząc jak projektowany komponent będzie „powiązany" z innymi komponentami zespołu konstruktor może ustalić, które powierzchnie modelu 3D każdej części powinny być „zadeklarowane" jako „interfejsy" do innych komponentów. Na przykład jeśli wiadomo, które powierzchnie definiują gniazdo łożyskowe lub otwór pod kołek ustalający, to dla tych powierzchni trzeba ustalić dokładność ich wykonania. W tym kontekście można zadać pytanie: czy można ten proces zautomatyzować?

Andrzej Wełyczko

Każdy system CAD oferuje możliwość ustalenia względnego położenia komponentów w kontekście projektowanego wyrobu. Przyzwyczailiśmy się do tego, że takie relacje definiujemy wskazując takie powierzchnie różnych komponentów, które „wymuszą" ich współosiowość , zgodność, prostopadłość, zadaną odległość lub kąt, ale nie ustalamy dokładności wykonania tych powierzchni, bo tolerancje wykonawcze definiujemy na rysunku 2D. Nawet jeśli konstruktor ma możliwość pracy zgodnie ze strategią *3D Master* (czyli możliwość definiowania wymiarów i ich tolerancji bezpośrednio w modelu 3D), to i tak (podobnie jak na rysunku 2D) musi zdecydować, które powierzchnie i w jaki sposób powinny być tolerowane.

Jeśli zadaniem konstruktora jest zdefiniowanie modelu przestrzennego jakiegoś produktu, to typowy proces projektowy (tu realizowany w systemie CATIA) jest oczywisty:

1. Ustal wstępnie strukturę produktu (zespoły, podzespoły oraz ich komponenty).
2. Zdefiniuj model 3D każdej części – na przykład za pomocą poleceń dostępnych w *Part Design*.
3. Zdefiniuj relacje/powiązania pomiędzy komponentami zespołu: *Assembly Constraint* (CATIA V5) lub *Engineering Connection* (3DEXPERIENCE CATIA) – w środowisku *Assembly Design*.
4. Wykonaj niezbędne rysunki złożeniowe i wykonawcze, czyli zdefiniuj tolerancje wykonania każdej części (na rysunku 2D lub w modelu 3D).
5. Zapisz projekt na dysku lub w bazie danych.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Symulacje inżynierskie bez ograniczeń

czyli słów kilka o inicjatywie CoFEA

Symulacje inżynierskie istnieją od ponad pięćdziesięciu lat, jednak w mojej opinii ich potencjał jest ciągle niewykorzystany. Owszem, trend ten ulega zmianie, ale hamulcem rozwoju jest kapitał oraz wiedza, którą trzeba posiadać by zacząć korzystać z symulacji. W artykule chciałbym przedstawić rozwiązania, które proponują producenci pakietów symulacyjnych, oraz moją inicjatywę mającą na celu popularyzację symulacji inżynierskich przy użyciu bezpłatnych narzędzi typu open-source.

Sławomir Polański

DEMOKRATYZACJA OBLICZEŃ INŻYNIERSKICH

Na początku warto zastanowić się do czego tak naprawdę służą symulacje inżynierskie. Dzięki nim możemy przewidzieć zarówno zachowanie, jak i właściwości obiektów, nad którymi pracujemy. Można powiedzieć, że oprogramowanie typu CAD umożliwia tworzenie brył, a symulacje pozwalają „tchnąć w nie życie". Dzięki temu jesteśmy w stanie przewidzieć możliwe błędy i poprawić je jeszcze na etapie projektowania.

W teorii wszystko wygląda ciekawie, niestety w życiu sprawy podążają innym torem. Przede wszystkim, chcąc wykorzystać symulacje do usprawnienia naszego procesu projektowego musimy posiadać fundusze pozwalające na ich wdrożenie. Typowe koszty to koszt licencji, koszty zatrudnienia nowego pracownika (bądź wyszkolenie obecnego) oraz koszty zakupu odpowiedniego komputera. Podejrzewam, że jest to dość zniechęcająca perspektywa dla właścicieli wielu firm i główny powód, dla którego tak stosunkowo niewielu z nich decyduje się na taką inwestycje.

Na rynku oprogramowania do symulacji panuje obecnie moda na *demokratyzację* obliczeń. Prawie każdy dostawca oprogramowania rozumie to w inny sposób, ale cel jest jeden – udostępnić symulacje szerszemu gronu użytkowników poprzez obniżenie kosztów. Jak łatwo się jednak domyślić, nikt nie będzie chciał oddać za bezcen takiej technologii, więc odbywa się to przez stosowanie pewnych zabiegów i ograniczeń.

Przede wszystkim oprogramowanie do obliczeń jest często pozbawiane pewnych funkcji oraz jest upraszczane do granic możliwości. Dzięki takiemu zabiegowi cena za licencję jest niższa, a ilość uproszczeń pozwala na przeprowadzenie symulacji osobie nawet nie związanej z inżynierią. Takie rozwiązanie zdecydowanie pozwala poszerzyć grono odbiorców. Z drugiej strony należy się zastanowić, gdzie leży granica w ograniczeniach i upraszczaniu silników numerycznych. W środowisku obliczeniowców popularne jest powiedzenie, które mówi, że symulacje pozwalają dobremu inżynierowi stać się wybitnym, ale złemu – stać się koszmarnym. Zdaje się,

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

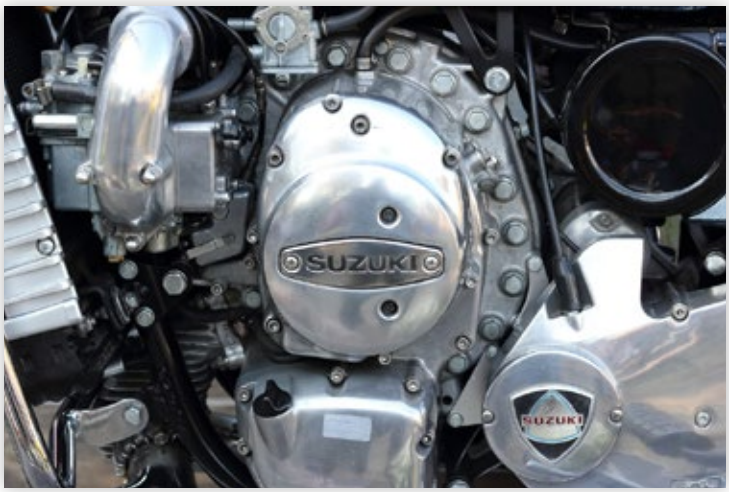
www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Wankel na lewą stronę,
czyli silniki rotacyjne Liquid Piston

Zbudowany w połowie XX stulecia silnik Wankla był niewątpliwie konstrukcją genialną. Jego zalety, takie jak kompaktowa budowa, niewielka ilość ruchomych części, wysoki współczynnik mocy do masy i wysokie wartości prędkości obrotowej przez lata inspirowały konstruktorów branży samochodowej, motocyklowej i lotniczej. Licencje na budowę tego typu silników nabyły takie marki jak Citroën, Curtiss-Wright, General Motors, Mazda, Mercedes-Benz, Norton, Porsche, Rolls-Royce, Suzuki czy Toyota. Powstało wiele pojazdów i statków powietrznych napędzanych silnikiem Wankla. Jednak cały szereg wad konstrukcyjnych i problemów technologicznych skutecznie zniechęcił producentów do dalszego rozwoju napędów z silnikiem Wankla. Coraz bardziej rygorystyczne normy emisji spalin przyczyniły się do wycofania z produkcji ostatniego auta napędzanego wankielkiem, jak pieszczotliwie wyrażają się o nim miłośnicy Mazdy RX-8. Idea silnika rotacyjnego tego typu nie została jednak zupełnie zapomniana.

Jacek Zbierski

Wśród wielu przedsięwzięć, stawiających sobie za cel rozwój i produkcję nowej generacji zoptymalizowanych silników rotacyjnych (vide: *Współczesne silniki Wankla* w wrześniowym wydaniu Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich z 2018 roku), rosnące zainteresowanie wzbudza firma LiquidPiston z Bloomfield w stanie Connecticut. LiquidPiston od 18 lat rozwija własną konstrukcję silnika określanego jako inside-out Wankel, a więc Wankla odwróconego na lewą stronę. W praktyce oznacza to, że podczas gdy silnik Wankla ma owalny korpus z wirującym wewnątrz tłokiem o kształcie zbliżonym do trójkąta, silnik LiquidPiston ma korpus o kształcie zbliżonym do trójkąta, z wirującym wewnątrz tłokiem o wydłużonym, owalnym kształcie. Za taką prostą charakterystyką kryje się jednak cały zbiór założeń konstrukcyjnych, które stanowią o wyjątkowości tego projektu.



Silnik Wankla motocykla Suzuki RE5

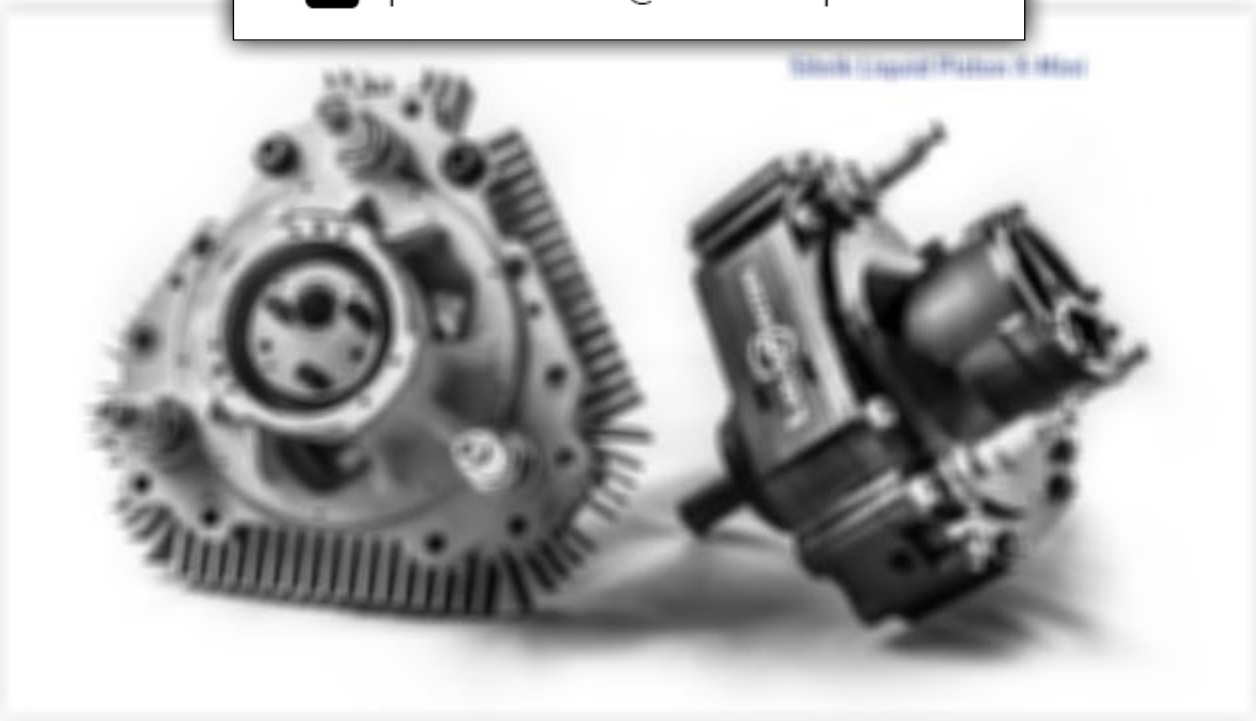
PORÓWNANIE Z SILNIKIEM WANKLA

W zamyśle konstruktorów Liquid Piston było opracowanie napędu o zaletach silnika Wankla, a zarazem pozbawionego mankamentów typowych

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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



Zmiana przełożenia wtórnego w motocyklu Royal Enfield EFI B5

Jerzy Mydlarz

Zmienić jest bardzo łatwo, poprawić – bardzo trudno.
Ferdinand Porsche

Temat zmiany przełożenia jest dobrze znany właścicielom starszych i nowszych wersji Bulletów. W obiegowej opinii, producent stosuje zbyt krótkie (za duże) przełożenie wtórne tj. pomiędzy skrzynką biegów a tylnym kołem. W starym, gaźnikowym, Bullecie 500 cm^3 wynosi ono 17/38 i jest często zmieniane na 18/38. Cechą szczególną, od najstarszych modeli do 2016 roku, jest połączenie tylnego koła łańcuchowego wraz z bębnem hamulcowym w jeden zespół. W takim rozwiązaniu wymiana małego koła łańcuchowego jest oczywista z powodów ekonomicznych. W obu motocyklach, starszym i nowszym, cena tylnego koła łańcuchowego stanowi dwukrotność ceny przedniego, małego. Istotną różnicą konstrukcyjną jest fakt, że w nowszej wersji od 2017 roku, koło łańcuchowe jest mocowane do piasty za pomocą 6 śrub M10. Sama celowość zmiany przełożenia, była wielokrotnie omawiana na wielu forach. Najczęściej przywołuje się argument, że producent przystosował motocykl do jazdy po złych drogach i z dużym obciążeniem, włącznie z jazdą z wózkiem bocznym. W europejskich warunkach, gdzie większość z nas jeździ solo, po dobrych drogach, istnieje rzeczywiście pokusa, aby przełożenie zmienić. Ja bardzo niechętnie ingeruję w oryginalne rozwiązania. Być może dlatego, że z zawodu jestem konstruktorem i odczuwam szacunek wobec dokonań innych twórców pracujących w moim zawodzie. Zajmując się w przeszłości rekonstrukcją zabytkowych

Rys. 1 Royal Enfield EFI B5 z 2017 roku

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Co by tu jeszcze...

Odkąd telewizja stała się „dobrem powszechnym” ludzie godzinami ślęczą przy telewizorach i wchłaniają te wszystkie przekazy i treści, często bez głębszych refleksji – ot, dla zabicia czasu. Można zrozumieć, że nie mają nic lepszego do roboty, ale żeby zaraz zabijać? Dzisiaj, w dobie rozbrojenia i pacyfizmu?

Tomasz Gerard

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Prenumerata

PRENUMERATA ROCZNA

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

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

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

Koszt pojedynczego e-wydania: 17,50 zł

WYDANIA ARCHIWALNE

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

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

DANE DO ZAMÓWIENIA

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

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

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

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