

projektowanie **KONSTRUKCJE** inżynierskie

3/4 (198/199) marzec/kwiecień 2024

- ❑ Innowacyjne rozwiązanie do walcarek do kształtowania dwuteowników
- ❑ Przemysł lotniczy A.D. 2024: *obawy i nadzieje*
- ❑ Ciekawe przypadki w produkcji polskich samochodów ciężarowych

OBRABIARKI

Obrabiarki specjalne zespołowe

Wpływ parametrów skrawania
na kształt wióra

*FSD 59 – motocykl
Franka Stephensona*

**NOWE
HORYZONTY**

w analizach dynamicznych FEA

Eksperti przedstawiają

**WYSOKIEJ
JAKOŚCI
PRECYZYJNE
KOMPONENTY
MECHANICZNE –
Z SZYBKĄ
DOSTAWĄ**



**PONAD
20 000
NOWYCH
PRODUKTÓW**

**JAKOŚĆ
WYDAJNOŚĆ
WIEDZA
WYGODA
WYTRZYMAŁOŚĆ
NIEZAWODNOŚĆ**

DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ JUŻ DZIŚ.

essentracomponents.com/pl-pl/automatyka

CHCESZ POROZMAWIAĆ? Zadzwoń pod numer **+48 42 639 52 64 lub...65** lub napisz na adres info@essentracomponents.pl





Nr 3/4 (198/199)
marzec/kwiecień 2024

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

adres do korespondencji
Rondo Daszyńskiego 1
00-843 Warszawa

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

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

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

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

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

na okładce:
Adobe Stock | frankstephenson.com

ITER © 2024

Drodzy Czytelnicy,

W działalności inżynierskiej, w sytuacjach przy różnego rodzaju defektach, niesprawnościach czy nieprawidłowym działaniu zwykle docieka się, co spowodowało usterkę. Stosuje się różnego rodzaju analizy, bada się, czy były powzięte błędne założenia, czy może niewłaściwe wykonanie, czy też zawiniła niedokładność pomiarów. W każdym razie szuka się przyczyn niepowodzenia. Ktoś kto chciałby te przyczyny ukrywać, byłby bezwzględnie uznany za szkodnika, sabotażystę.

To szukanie wad i błędów nie ma niestety przełożenia na inne dziedziny, w których co jakiś czas przecież też zdarzają się kłopoty i kryzysy. Przykładowo w sytuacji społeczno-ekonomicznej czy gospodarczej powszechnie panuje nieświadomość przyczyn zaistnienia poszczególnych wydarzeń. Podobnie jest też w polityce i w nauce historii. Prawie nie znany ogółowi Polaków, a uznawany przez znających się na rzeczy za najlepszego naszego historyka, ks. Walerian Kalinka pisał w połowie XIX wieku, że dopóki Polacy nie poznają przyczyn swego upadku, dopóty nie zrozumieją dlaczego dziś cierpią i cierpieć muszą. Jeśli jego znakomita analiza*, w której wnikliwie i precyzyjnie opisuje właśnie przyczyny upadku Polski, nie jest dziś powszechnie znana, to skojarzenie tego z sabotażem i szkodnictwem wydaje się wcale nie przesadzone.

A jak jest w naszym życiu? Czy w sytuacjach kryzysowych, kłopotach lub innej niedoli jesteśmy w stanie szukać rzeczywistych przyczyn takiego, a nie innego stanu rzeczy? Czy raczej wtedy szukamy kogo by tu za te nasze niepowodzenia obwinic? W odróżnieniu od sukcesu, który zwykle ma wielu ojców, porażka jest sierotą i jakoś nikt się do niej nie chce przyznać.

Każda rzecz, sprawa czy wydarzenie ma swoją przyczynę. Poznanie tych przyczyn pozwala wiele zrozumieć. W niektórych przypadkach jest pomocne także w poznaniu i zrozumieniu samego siebie. Dziś, jak widać nawet z pobieżnej obserwacji naszego społeczeństwa, wielu ludziom brakuje takiego zrozumienia. Zbyt wielu.

A czymże jest poznanie przyczyn, jeśli nie po prostu poznaniem prawdy? Poznacie prawdę, a prawda was wyzwoli – mówi Pismo. Oby nie zabrakło w nas tego pragnienia wolności, coraz bardziej przecież ograniczanej. Oby nie zabrakło dążenia do Prawdy.

Zapraszam do lektury kolejnego wydania naszego magazynu,


Przemysław Zbierski

* ks. Walerian Kalinka: *Przyczyny upadku Polski*, Wydawnictwo Wektry, Wrocław 2023

| | |
|--|------------------------------------|
| Tytanowa struktura lattice | 6 |
| Hologram z drukarki 3D nośnikiem danych | 8 |
| Energooszczędny siłownik | 10 |
| Elektroadhezja zamiast klejenia | 12 |
| Samonagrzewający się beton | 14 |
| Kamuflaż idealny | 14 |
| Obrabiarki: Analiza techniczna obrabiarki zespołowej; cz. 1 | 16 |
| Aleksander Łukomski | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |
| Wiercenie głębokich otworów (<i>deep hole drilling</i>); cz. 3: Wpływ parametrów skrawania na kształt wióra | 20 |
| Jacek Szuba | |
| Sprężyny faliste do wstępnego obciążania łożysk: co, jak i dlaczego? | 25 |
| Przemysł lotniczy A.D. 2024: obawy i nadzieje | 28 |
| Ryszard Romanowski | |
| Design for Assembly w praktyce: Czujnik podpory motocykla | 32 |
| Michał Hałas | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |
| Firma Timken prezentuje innowacyjne rozwiązanie do walcarek z walcami pionowymi do kształtowania dwuteowników | 34 |
| Sorin Tudor | |
| Wybrane aspekty produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC; cz. 5 | 46 |
| Kazimierz Czechowski | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |
| Nowe horyzonty w analizach dynamicznych FEA | 49 |
| Maciej Majerczak | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |
| Biomimetyczne wybrzuszenia na krawędzi natarcia | 52 |
| Jacek Zbierski | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |
| FSD 59 – motocykl Franka Stephensona | 54 |
| Ryszard Romanowski | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |
| FS Lublin i inni – ciekawe przypadki w produkcji polskich samochodów ciężarowych | 56 |
| Zbigniew Mazur, Aleksander Łukomski | |
| Troszczymy się bardzo | 67 |
| Tomasz Gerard | ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM |

□ MASZYNY I URZĄDZENIA

16 Obrabiarki:
Analiza techniczna
obrabiarki zespołowej

Aleksander Łukomski



□ TECHNOLOGIE

20 Wiercenie głębokich otworów
(*deep hole drilling*); cz. 3: Wpływ parametrów
skrawania na kształt wióra

Jacek Szuba

Przy wyborze płytki skrawającej do głowic składanych najistotniejsze jest zabezpieczenie przed złamaniem i powstaniem narostu. Do głowic powiercających stosowane są płytki z powlekanych węglików spiekanych o podwyższonej odporności na ścieranie.

□ KONSTRUKCJE

28 Przemysł lotniczy
A.D. 2024: obawy
i nadzieje

Ryszard Romanowski



□ ROZWIĄZANIA

52 Biomimetyczne
wybrzuszenia na
krawędzi natarcia

Jacek Zbiński



□ HISTORIA

56 FS Lublin i inni – ciekawe
przypadki w produkcji polskich
samochodów ciężarowych

Aleksander Łukomski



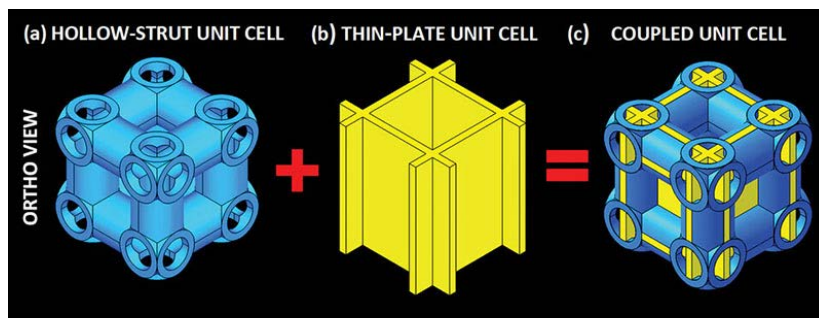
Fabryka w Lublinie produkowała do tego samochodu mnóstwo zespołów i części, jak np. elementy karoserii, zawieszenie, hamulce, koła, osprzęt elektryczny i wiele innych. Niektóre zespoły były produkowane przez inne polskie zakłady, jak chłodnice, lampy, siedzenia czy zespół wydechowy.

Tytanowa struktura lattice

Zespół naukowców z Royal Melbourne Institute of Technology opracował technologię wytwarzania przyrostowego nowego metamateriału opartego na wysoko wytrzymałej strukturze lattice.

Metamateriały wytwarzane addytywnie to materiały o strukturze komórkowej, projektowane z uwzględnieniem innowacji strukturalnych, w celu uzyskania niewystępujących naturalnie właściwości mechanicznych i nietypowych funkcjonalności. Do budowy prezentowanego metamateriału wykorzystano stop tytanu Ti-6Al-4V i technologię druku laserowego w łożu prozkowym (LPBF).

Konstrukcja metamateriału oparta jest na nowej koncepcji struktury lattice, łączącej zalety struktur HSL (*hollow-strut lattice*) i TPL (*thin-plate lattice*). Otrzymywane dotychczas wysoko wytrzymałe próbki struktur HSL charakteryzowały się dużą koncentracją naprężeń w rejonie węzłów, gdzie przecinały się rurki o okrągłym przekroju.



Z kolei proste struktury sieciowe typu TPL, złożone z kostek o przecinających się w obrębie narożnika płytkach, nie były szczególnie wytrzymałe, za to charakteryzowały się równomiernym rozkładem naprężeń. Nowy metamateriał skomponowano w oparciu o połączenie geometrii HSL i TPL, z płaszczyznami struktur TPL przebiegającymi w poprzek rurek struktur HSL i przecinającymi się w środku węzłów.

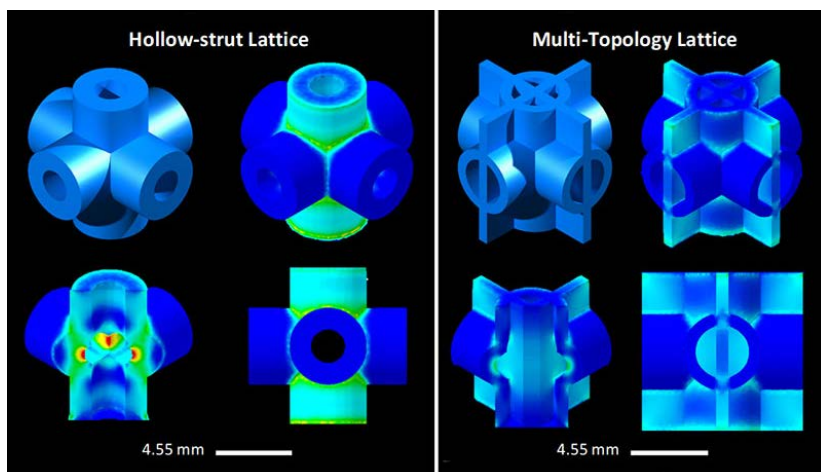
Z przeprowadzonych badań na wydrukowanych w 3D próbkach wynika, że nowy metamateriał jest o 50% wytrzymalszy od litego stopu magnezu WE54 o porównywalnej gęstości (1,8 vs. 1,85 g/cm³). Próby niszczące wykazały, że połączenie

geometrii struktur HSL-TPL załamuje i odiera powstające pod obciążeniem naprężenia i ogranicza propagację pęknięć. Dla próbki o gęstości 1,8 g/cm³ odnotowano granicę plastyczności 250 MPa, wytrzymałość na ściskanie 376 MPa i moduł sprężystości 11 GPa.

Tak lekki i wytrzymały metamateriał może stanowić alternatywę dla superlekkich stopów stosowanych w lotnictwie, przemyśle kosmicznym czy protetyce. Ograniczeniem dla upowszechnienia tego typu wynalazków jest wciąż niewielka dostępność technologii przyrostowych. W miarę rozwoju możliwości produkcyjnych druku 3D przewidywana jest popularyzacja struktur lattice i metamateriałów w zastosowaniach konstrukcyjnych.

rmit.edu.au

Noronha J. et al.: *Titanium Multi-Topology Metamaterials with Exceptional Strength*. *Advanced Materials*, 2024, 10.1002/adma.202308715.





PROSTO Z
MAGAZYNU



Oprawy wykrojników firmy Meusburger

Większa wydajność dzięki standaryzacji

Wysokiej jakości normalia firmy Meusburger stanowią niezawodną bazę w dziedzinie budowy narzędzi. Konsekwentne stosowanie części znormalizowanych wpływa na znaczne obniżenie kosztów.

Korzyści:

- › Redukcja odkształceń materiału dzięki odprężaniu cieplnemu
- › Najwyższa precyzja
- › Stała dostępność produktów

meusburger

Meusburger Georg GmbH & Co KG | Kesselstr. 42 | 6960 Wolfurt | Austria
T +43 5574 6706-0 | sales@meusburger.com | www.meusburger.com

Hologram z drukarki 3D nośnikiem danych

Naukowcy z TU Wien opracowali technologię przechowywania informacji w postaci hologramów, wytwarzanych w zwykłym plastiku za pomocą drukarek 3D i odczytywanych za pomocą promieniowania terahercowego.

W większości przypadków stworzenie hologramu jest technicznie dość skomplikowane: zazwyczaj wykorzystywana jest do tego precyzyjna technologia laserowa. Jeśli jednak celem jest po prostu przechowywanie danych w fizycznym obiekcie, holografie można wykonać dość łatwo. W prezentowanym wynalazku wykorzystano drukarkę 3D do wyprodukowania panelu ze zwykłego plastiku, w którym można ukryć na przykład kod QR. Wiadomość jest odczytywana za pomocą promieni terahercowych – promieniowania elektromagnetycznego, które jest niewidoczne dla ludzkiego oka.

Promieniowanie jest kierowane na plastikową płytkę, która jest prawie przezroczysta dla promieni terahercowych, ale ma wyższy współczynnik załamania niż otaczające powietrze,

co umożliwia utworzenie swego rodzaju filtra, regulującego przepływ fal przez płytkę. Wydostające się z płytki fale interferują ze sobą, a ich superpozycja umożliwia odczyt zapisanej informacji.

W ten sposób możliwe było zakodowanie adresu portfela Bitcoin (składającego się z 256 bitów) w kawałku plastiku. Świecąc promieniami terahercowymi o odpowiedniej długości fali przez tę plastikową płytkę, tworzony jest obraz promienia terahercowego, który generuje dokładnie pożądaną kod. Jak wyjaśnia Evan Constable z TU Wien, w ten sposób można bezpiecznie przechowywać wartość dziesiątek tysięcy euro w przedmiocie, który kosztuje zaledwie kilka centów.

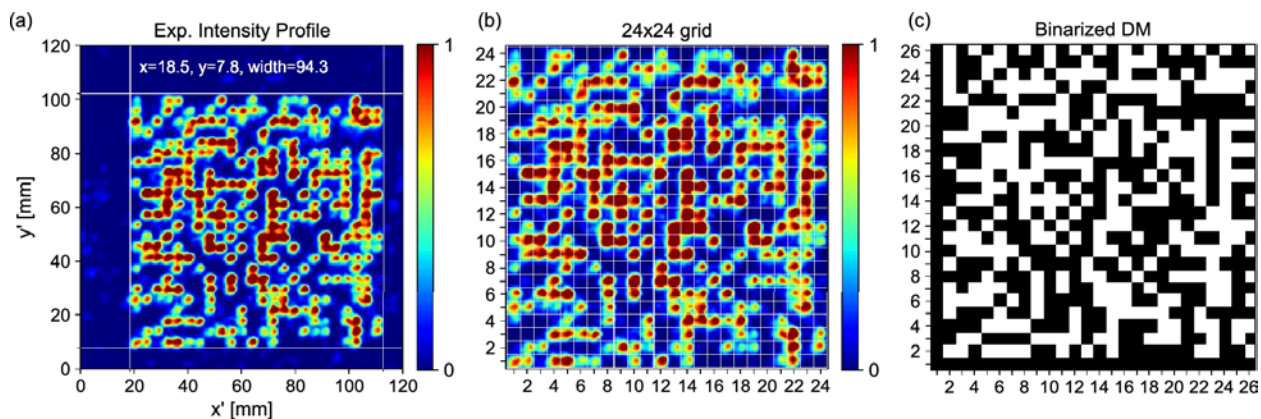
Aby płytka wygenerowała prawidłowy kod, należy najpierw obliczyć, jak gruba musi być płytka w każdym punkcie, aby zmieniała falę terahercową w dokładnie właściwy sposób. Evan Constable i jego współpracownicy udostępnili kod do uzyskania tego profilu grubości na GitHubie. – Po obliczeniu



danego profilu grubości wystarczy zwykła drukarka 3D, aby wydrukować płytkę, a pożądane informacje zostaną zapisane holograficznie – wyjaśnia Constable. Celem prac badawczych było nie tylko opracowanie technologii holograficznej przy użyciu fal terahercowych, ale także zademonstrowanie, jak dobrze rozwinęła się technologia pracy z tymi falami i jak precyzyjnie można już dziś wykorzystać ten wciąż dość nietypowy zakres promieniowania elektromagnetycznego.

tuwien.at

Constable, E. et al.: *Encoding terahertz holographic bits with a computer-generated 3D-printed phase plate*. Sci Rep 14, 5549 (2024), 10.1038/s41598-024-56113-2.



ZWCAD 2024

Wydajny system CAD na miarę Twoich oczekiwań

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



Testuj, pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

**ZWCAD 2025 już niebawem!
Zyskaj uaktualnienie
w cenie licencji lub aktualizacji**

Nie czekaj na premierę v.2025
i skorzystaj z promocji już teraz:

Kup nową licencję lub aktualizację
posiadanej starszej wersji
- zyskaj w cenie uaktualnienie do
ZWCAD 2025 bez dopłat!

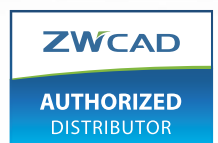


ZWCAD.pl

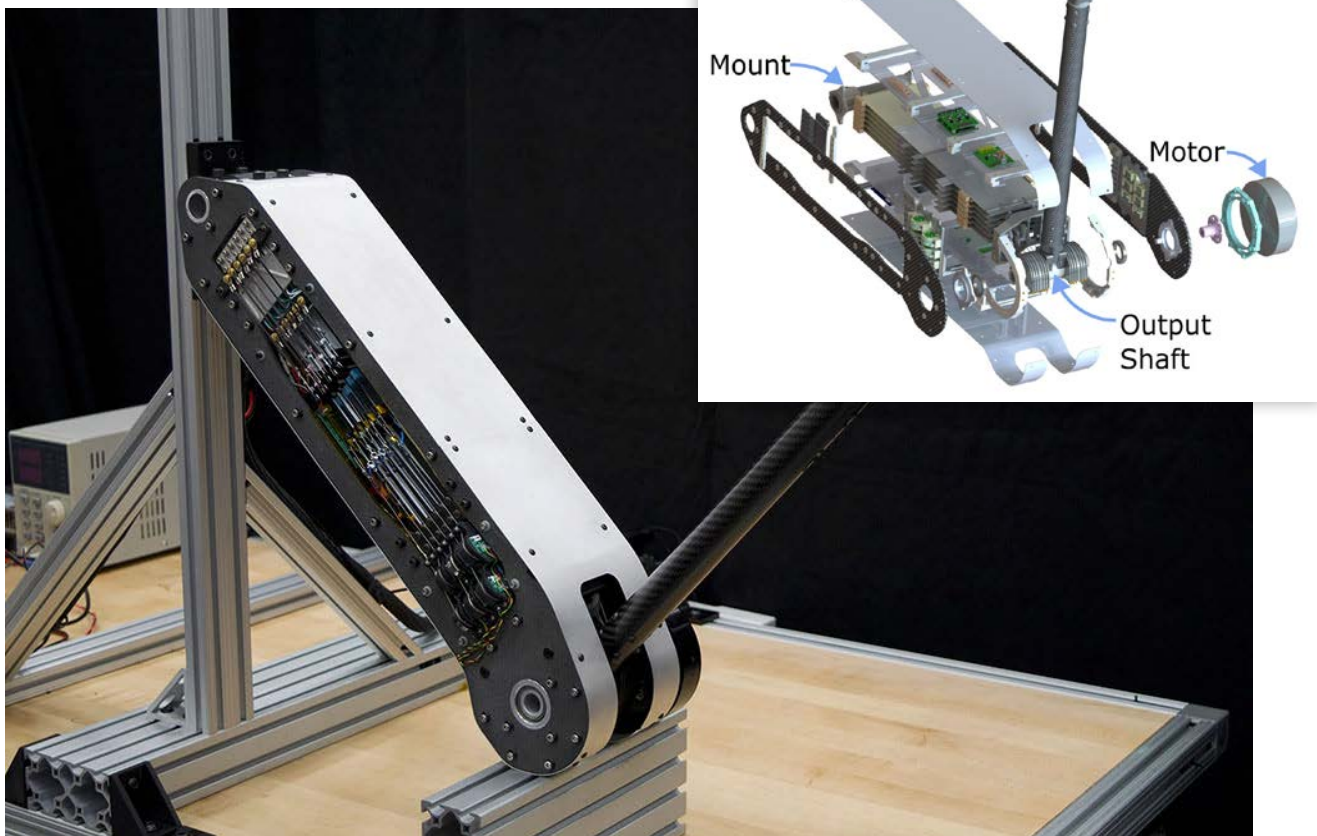


Usługi Informatyczne SZANSA Sp. z o.o.
33 488 07 20 biuro@zwcad.pl

Sprawdź i pobierz
www.zwcad.pl



Energooszczędny siłownik



Naukowcy z Uniwersytetu Stanforda skonstruowali siłownik wspomagany sprężyną – urządzenie, które może wykonywać dynamiczne zadania przy użyciu ułamka energii wymaganej normalnie przez silniki elektryczne.

Wynalazek współpracujący z silnikiem elektrycznym, wykorzystuje system sprzęgieł i sprężyn do wykonywania złożonych ruchów, zużywając przy tym wielokrotnie mniej energii elektrycznej od typowych rozwiązań z silnikiem elektrycznym.

W konstrukcji siłownika zastosowano zestaw płaskich, gumowych sprężyn, z których każda umieszczona jest pomiędzy parą załączanych naprzemiennie elektroadhezyjnych sprzęgieł,

z których jedno przyłącza sprężynę do napędu wału, w celu wsparcia ruchu siłownika, a drugie blokuje rozciągniętą sprężynę, co stanowi formę magazynowania energii. W budowie każdego ze sprzęgieł wykorzystano dwie elektrody – ruchoma przesuwana się razem ze sprężyną, a druga umieszczona jest stacjonarnie na obudowie. Podłączenie dużego napięcia do elektrody w obudowie zwiiera obie elektrody i unieruchamia sprężynę. Odłączenie napięcia zwalnia blokadę.

Kombinacje selektywnie pracujących sprężyn pozwalają w wydajny sposób magazynować energię mechaniczną i uwalniać ją podczas pracy siłownika. Prototypowy siłownik składa

się z sześciu sprężyn i dwunastu sprzęgieł. Został przebadany z uwzględnieniem gwałtownych przyspieszeń, zmiennych obciążeń i płynnych ruchów. Przeprowadzone pomiary wykazały, że silnik elektryczny, którego pracę wspierał siłownik, zużył dzięki temu od 50 do 97% mniej energii elektrycznej. Obecnie prowadzone prace koncentrują się na usprawnieniu sterownika siłownika w celu wydajniejszego wyznaczania najbardziej odpowiednich kombinacji ruchu sprężyn. Opracowywane są biblioteki ruchów, z których będą mogły w przyszłości korzystać układy sterujące operacją siłowników.

news.stanford.edu

BALINIT® ALCRONA EVO jest kolejną, trzecią już odsłoną powłoki wprowadzonej na rynek w 2004 roku. Rozwiązanie to doskonale sprawdza się w takich zastosowaniach jak nacinanie kół zębatych, frezowanie oraz w obróbce plastycznej, tłoczeniu i wykrawaniu. Klienci korzystający z usług Oerlikon bez wyjątku potwierdzają poprawę wydajności narzędzi i obniżkę kosztów wytwarzania. Wymagania rosną, rynek ulega ciągłej zmianie i to co wczoraj spełniało oczekiwania, dzisiaj staje się niewystarczające. Poprzedzka jest coraz wyżej. Stąd koncepcja nowego rozwiązania, w trosce o klientów, aby spełnić nowe potrzeby i wyzwania. Wszystko to w kontekście obniżenia kosztów produkcji, zwiększenia parametrów obróbki, jakości wyrobów. Mówiąc precyzyjnie BALINIT® ALCRONA EVO sprawia, że trwałość narzędzi jest o ponad 30% wyższa porównując do swojej poprzedniczki. Wysoka odporność na zużycie tej powłoki powoduje zmniejszenie naddatku przy ostrzeniu, co zwiększa m.in. liczbę cykli regeneracji. Pozwala to na uzyskanie wymiernych oszczędności, a klienci mogą znacznie obniżyć koszty zakupu nowych narzędzi.

Trwałość wyższa o ponad 30%

Wzrost trwałości narzędzi ma kluczowe znaczenie dla obniżenia kosztów obróbki i poprawy opłacalności procesów produkcyjnych przy skrawaniu oraz w takich operacjach jak tłoczenie i wykrawanie. Powłoka ta znajduje zastosowanie w szeroko pojętym przemyśle metalowym. BALINIT® ALCRONA EVO daje o ponad 30% wyższą wydajność w porównaniu z wersją PRO.

Badania i rozwój. Wyprzedzające technologie.

Optymalizacja powłoki PVD, aby zapewnić wyższą wydajność

BALINIT® ALCRONA EVO jest twardsza, dzięki czemu bardziej odporna na ścieranie. Zużycie adhezyjne jest na dużo mniejszym poziomie. Podwyższona udarność wpływa korzystnie na wydajność narzędzi do tłoczenia i wykrawania oraz w zastosowaniach związanych z obróbką skrawaniem, jak nacinanie kół zębatych, frezowanie na mokro. Niższa przewodność cieplna minimalizuje zużycie kraterowe narzędzi z HSS. Dzięki mniejszemu naprężeniu ściskającemu BALINIT® ALCRONA EVO lepiej przylega do narzędzia podczas użytkowania. Jasnoszary kolor i grubość to parametry, które pozostały niezmienione.

W teście przeprowadzonym przez dostawcę Tier 1 z branży motoryzacyjnej powłoka BALINIT® ALCRONA EVO osiągnęła bardzo dobre wyniki. Przy frezowaniu kół zębatych na sucho, frez ślimakowy uzyskał trwałość o 40% wyższą w porównaniu do poprzedniej powłoki. Lepsza wydajność BALINIT® ALCRONA EVO pozwala użytkownikom na dalsze optymalizowanie parametrów skrawania i skrócenie czasu obróbki, a tym samym zmniejszenie kosztów produkcji. Wydłużenie trwałości narzędzi pozwala także ograniczyć do minimum liczbę jego wymian i związanych z tym przestojów, co przekłada się na kolejne oszczędności i mniejsze zużycie energii.

Zrównoważona produkcja, regeneracja bez utraty wydajności oznacza duże korzyści

Regeneracja i ponowne powlekanie narzędzi wnoszą cenny wkład w ochronę środowiska. Powlekane narzędzia po ostrzeniu nie różnią się od nowego. Zmniejszeniu za to ulega koszt zakupu freza o 23%. Poprawiona wydajność i zmniejszone zużycie obniżają również ilość zapasów i zwiększają liczbę cykli ostrzenia. Wszystko to jest częścią konsekwentnej strategii Oerlikon polegającej na byciu zrównoważonym dostawcą dla przemysłu.

**Serdecznie zapraszamy
do kontaktu z nami:
bok.balzers.pl@oerlikon.com**



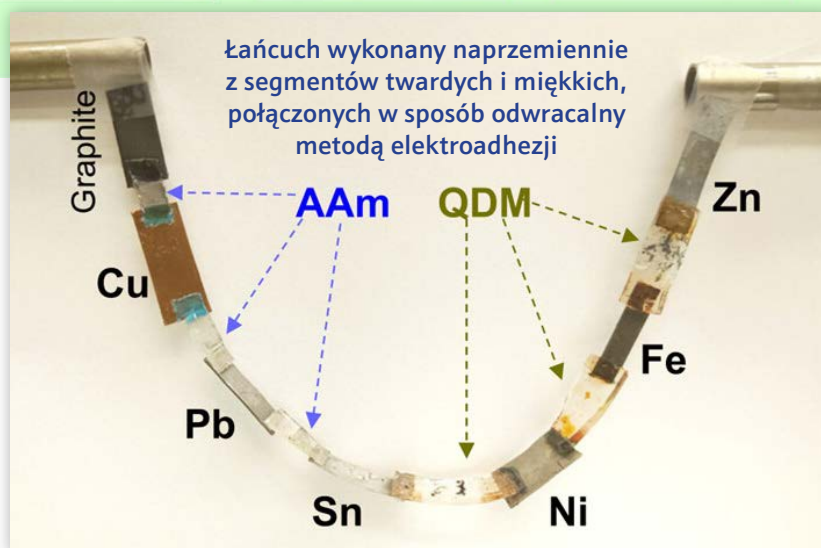
Elektroadhezja zamiast klejenia



Klejenie materiałów twardych i sztywnych z miękkimi zawsze sprawiało wiele problemów. Dotąd stosowane kleje wiążą powierzchnię siłami mechanicznymi lub elektrostatycznymi. Problemy występują, gdy klejone połączenia muszą być przystosowane do rozłączenia bez strat w którejkolwiek powierzchni.

Srinivas Raghavan, prof. inżynierii chemicznej i biomolekularnej Uniwersytetu Maryland, prowadzi badania nad wykorzystaniem zjawiska odwracalnej elektroadhezji, wykorzystującej przepływ prądu do wytworzenia wiązań chemicznych. Odwrócenie kierunku przepływu wystarczy by bez problemu rozłączyć sklezione materiały.

Wcześniej zespół kierowany przez Raghavana z powodzeniem zastosował elektroadhezję do połączenia dwóch materiałów miękkich naładowanych



przeciwnie. Obecnie opracował metodę łączenia materiału twardego z miękkim. Połączenie materiału twardego z miękkim jest na tyle mocne, że przy próbie siłowego rozerwania materiał miękki pękł poniżej miejsca klejenia.

Materiałem twardym był grafit, a miękkim żel akrylomidowy. Połączenie uzyskano w kilka minut pod wpływem prądu o napięciu zaledwie 5 V. Przebadano szereg substancji pod kątem zastosowania tego typu

połączeń. Okazało się, że w celu połączenia różnych materiałów wystarczy zadbać, aby materiał twarty był przewodzący, a miękki zawierał jony soli. Proces zachodzi również pod wodą.

acs.org

Wenhao Xu, Faraz A. Burni, Srinivasa R. Raghavan: *Reversibly Sticking Metals and Graphite to Hydrogels and Tissues*. ACS Cent. Sci. 2024, 10, 3, 695–707.



DRIVE
SOLUTIONS



- KOŁA PASOWE
- SPRZĘGŁA I PRZEGUBY PRECYZYJNE
- TULEJE MOCUJĄCE
- PODSTAWY POD SILNIK

Dostępne prosto z naszego magazynu



www.albeco.com.pl



Samonagrzewający się beton

Koszty odśnieżania i likwidowania gołoledzi na świecie liczone są w setkach milionów dolarów. Podejmowane są próby elektrycznego podgrzewania nawierzchni lub wykorzystywania w tym celu wód geotermalnych, ale tego typu inwestycje wiążą się z jeszcze większymi wydatkami.

Naukowcy z uniwersytetu Drexel opracowali samonagrzewający się beton i zbudowali eksperymentalny demonstrator technologii na kampusie uczelni. Gdy temperatura powietrza zbliża się do 0 °C beton zaczyna się rozgrzewać, bez wykorzystania soli, ani jakiegokolwiek energii z zewnątrz.

Wykorzystano materiał zmiennofazowy, jakim jest niskotemperaturowa ciekła

parafina. Materiał ten w temperaturze pokojowej występuje w postaci cieczy, a ochłodzony staje się ciałem stałym. Emituje przy tym ciepło. Wartość ciepła utajonego parafiny dochodzi do 250 kJ/kg.

Zmiennofazową parafinę można dodać do betonu przy produkcji płyt lub nasączyć porowate kruszywo, takie jak

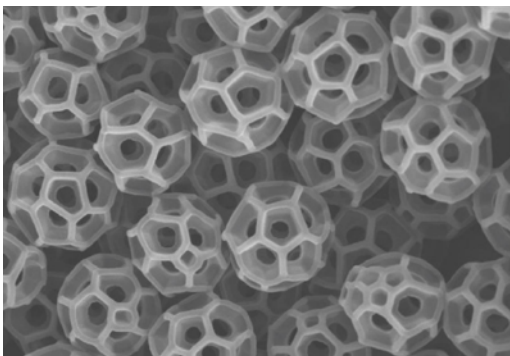
np. otoczaki lub niektóre kamienie, które wchłaniają płyny.

Technologia samoczynnego odśnieżania na razie nie jest idealna. Dobrze radzi sobie z pokrywą śnieżną nie przekraczającą 5 cm. Śnieg topi się z prędkością około 7 mm na godzinę.

drexel.edu



Kamuflaż idealny



Powłoki czyniące niewidzialnymi maszyny i urządzenia od lat spędzają sen z powiek wielu naukowców. Okazuje się, że doskonale z tym problemem radzą sobie owady, a szczególnie mierzące od 4 do 15 mm długości skoczki liściowe.

Prof. inżynierii mechanicznej i biomedycznej z Uniwersytetu Penn State – Tak-Sing Wong wraz z zespołem, od lat zajmuje się badaniem tego zagadnienia. Interesujące badaczy powłoki składają się z tajemniczych cząsteczek zwanych brochosomami, które u każdego owada mają identyczne wymiary. Cząsteczki mają niezwykle geometrię, przypominającą piłkę pokrytą wgłębieniami.

Za pomocą druku 3D wykonano ich syntetyczną wersję. Okazało się, że można uzyskać powłokę absorbującą 94%

światła w zakresie od ultrafioletu, poprzez pasmo widzialne, po bliską podczerwień. Ważne było zachowanie odpowiednich proporcji. Średnica występujących w naturze brochosomów, niezależnie od gatunku skoczaków, wynosiła zawsze 600 nanometrów, a wgłębienia na ich powierzchni – 200 nanometrów.

Obecnie naukowcy próbują otrzymać syntetyczne brochosomy o większych wymiarach i obliczyć optymalne wartości ich parametrów.

psu.edu

botek[®]
Technologie precyzyjnego wiercenia



AWEXIM

Awexim, wyłączny przedstawiciel botek w Polsce

www.awexim.pl/botek

awexim@awexim.pl

Obrabiarki: Analiza techniczna obrabiarki zespołowej cz.1

W wielu wydaniach naszego czasopisma poruszamy tematykę obrabiarek, gdyż ich budowanie, a zwłaszcza projektowanie i konstruowanie jest pewnego rodzaju miarą pozycji krajowego przemysłu w świecie. Obrabiarki są kwintesencją wiedzy technicznej z wielu dziedzin, nie tylko technicznych. Kraj, w którym powstają wysokowydajne maszyny do obróbki różnych materiałów, zwłaszcza w większej ich liczbie, jest inaczej postrzegany i inaczej klasyfikowany w swoistym rankingu światowym. To też dowodzi, że w takim kraju można zbudować inne maszyny na wysokim poziomie technicznym. Projektanci i konstruktorzy obrabiarek mogą stworzyć dokumentację w zasadzie każdego skomplikowanego urządzenia i każdej skomplikowanej maszyny, a rzemieślnicy z fabryk obrabiarek potrafią te maszyny zbudować.

Aleksander Łukomski



Zespołowa obrabiarka transferowa
CNC z obrotowym stołem podziałowym
i uchwytami indeksującymi
(źródło: hydromat.com)

Spośród wielu typów obrabiarek, które omówiliśmy we wcześniejszych wydaniach magazynu, na specjalną uwagę zasługują obrabiarki specjalne, a wśród nich obrabiarki zespołowe. Obrabiarki zespołowe oraz centra obróbkowe klasyfikuje się w grupie obrabiarek zwanych obrabiarkami wielooperacyjnymi.

Obróbka w centrach obróbkowych polega na zamocowaniu obrabianego detalu w uchwycie obrabiarki zamontowanym najczęściej na stole, który ma możliwość manipulowania detalem w osiach współrzędnych XYZ, a często też we współrzędnych biegunowych, i obrabiania tego detalu różnymi wymiennymi narzędziami, wg założonego programu obróbki, najczęściej pobieranymi automatycznie z magazynu narzędzi, będącego wyposażeniem centrum.

Z kolei obróbka w obrabiarence zespołowej polega na obróbce nieruchomego detalu z wielu stron jednocześnie (bardzo często np. wielu otworów lub powierzchni z każdej strony). Poprzez stosowanie stołów obrotowo-podziałowych, które przestawiają obrabiany detal na kolejne zaprogramowane pozycje, lub wędrujących przyrządów w linii obróbczej, wydajność obrabiarek zespołowych jest bardzo duża i wynika z taktu takiej obrabiarki. Obrabiarki te są projektowane i budowane pod konkretny detal lub rodzinę podobnych detali. Niekiedy stosuje się przestawianie obrabiarek w niewielkim zakresie, a także wymuszenie na producencie detalu obrabianego zmiany konstrukcji, np. aby otwory pod śruby w kołnierzach w kolejnej wielkości korpusów rozchodziły się pod tym samym kątem, co ułatwia przestawianie wrzecion wiertarskich.

Centra obróbkowe służą do wykonywania dużej liczby detali o wielu obrabianych płaszczyznach i otworach, zwykle w mniejszych seriach (choć to zależy od dysponowanych obrabiarek oraz skomplikowania kształtów obrabianych detali). Zamocowany w uchwycie detal, w zasadzie w jednej pozycji, niekiedy z możliwością pewnych ruchów przestawnych, jest obrabiany kolejno przez wiele

narzędzi. Są tu też pewne ograniczenia związane ze skomplikowaniem narzędzi, czy z problemami z uchwyceniem detalu.

Obrabiarki zespołowe najkorzystniej wykorzystuje się do produkcji mniejszych detali, o dużej liczbie otworów, dokładnych i o dokładnym położeniu, nawet do $\pm 0,005$ mm. Detal jest bazowany i zamocowany w tym samym położeniu przez cały czas obróbki. Poza operacjami wiertarskimi można na nim wykonywać toczenie, toczenie stożków, planowanie powierzchni i frezowanie, zwłaszcza frezami kształtowymi albo przeznaczonymi do obróbki korpusów silników elektrycznych, czy większych korpusów zaworów. Typowymi detalami obrabianymi na obrabiarkach zespołowych są detale z przemysłu motoryzacyjnego, elementy silników, skrzynek przekładniowych, kolektorów, sprzęgieł i elementów zawieszenia i układu kierowniczego. Spotyka się specjalne wykonania tych



Obrabiarka zespołowa do obróbki kołnierzy (źródło: afm.es)

obrabiarek, np. z obrotem detali obrabianych co o 180° lub np. z dwoma pozycjami zamocowania – A i B detalu obrabianego w przyrządzie (w takim układzie operator obrabiarki przemocowuje detal z pozycji A do pozycji B, a ten z pozycji B wyjmuje jako kompletnie obrabiony).

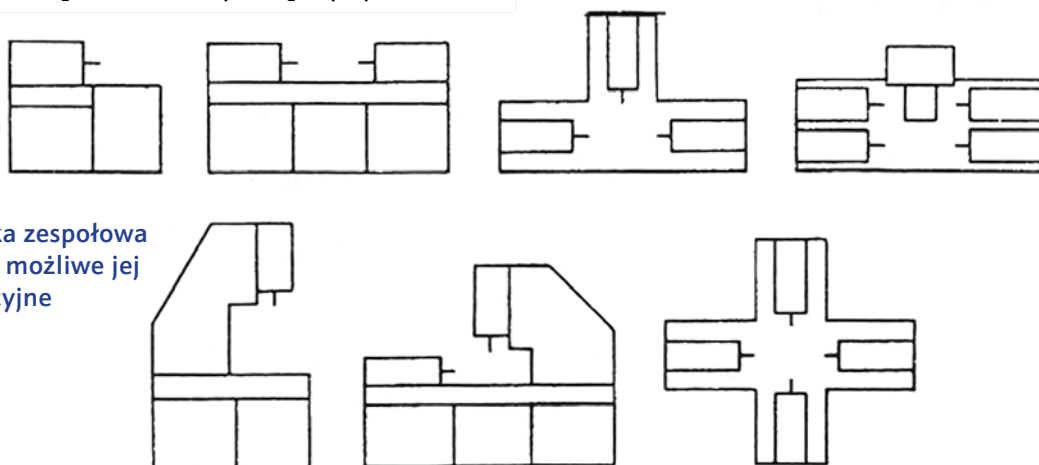
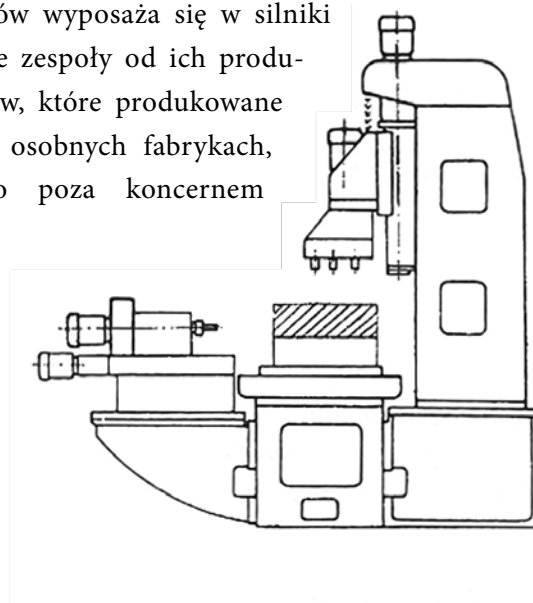
Różne konfiguracje obrabiarek i różnice w budowie występują zarówno w centrach obróbkowych, jak i obrabiarkach zespołowych. Jednak łączenie uchwytów, narzędzi i przyrządów obróbkowych w jeden system jest obecnie obowiązującą ideą nowoczesnej produkcji seryjnej. Wielooperacyjna obrabiarka zapewnia najkorzystniejszy stosunek ceny do wydajności i jakości produkcji.

Obrabiarki scharakteryzowane powyżej są często porównywane ze sobą i analizowane przed dokonaniem zakupu. W tym artykule ograniczymy się jednak tylko do przeanalizowania i wykonania koncepcji obrabiarki zespołowej. Obrabiarki te są rzadziej oferowane w Polsce, gdyż z początkiem lat 90-tych ubiegłego wieku fabryki tych obrabiarek w naszym kraju zlikwidowano (w ramach przemian społeczno-gospodarczych).

Główną istotą obrabiarek zespołowych jest ich projektowanie i budowanie w oparciu o zunifikowane i znormalizowane zespoły modułowe i jednostki obróbkowe. Unifikacji podlegają przede wszystkim korpusy, a więc wszelkie podstawy, kolumny dla jednostek pracujących pionowo, kompletne jednostki wiertarskie i wytaczarskie, jednowrzecionowe, głowice wielowrzecionowe, elementy wrzecienników wielowrzecionowych, jak np. wrzeciona, wałki pośrednie, czy korpusy tych

wrzecienników wiertarskich, a także koła zębate, zespoły posuwowe i reduktory, narzędzia, a także niektóre elementy sterowania hydraulicznego i elektrycznego, stoły obrotowe, stoły wzdlużne i inne. Zespoły i jednostki występują w kilku wielkościach. W Wiepofamie, która przed laty była głównym producentem tych obrabiarek i zespołów do ich budowy, było 230 zunifikowanych zespołów. Dzięki unifikacji możliwe było bardzo szybkie budowanie obrabiarek (często do skomplikowanej obróbki), nawet w trzy miesiące od podpisania umowy. W jednym wyjątkowym przypadku zbudowano obrabiarkę zespołową w cztery tygodnie. Miało to wielkie znaczenie przy uruchamianiu produkcji motoryzacyjnej, gdzie dla każdego modelu nowego samochodu potrzeba było wielu takich obrabiarek.

Dzisiaj sytuacja w przemyśle motoryzacyjnym jest już nieco inna, gdyż nowe modele samochodów wyposaża się w silniki i inne zespoły od ich producentów, które produkowane są w osobnych fabrykach, często poza koncernem



Rys. 1 Obrabiarka zespołowa jednopozycyjna i możliwe jej układy konstrukcyjne

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

 www.konstrukcjeinzynierskie.pl

 prenumerata@iter.com.pl



Obrotowa maszyna do obróbki precyzyjnej części (zobacz stronę)

Wiercenie głębokich otworów (*deep hole drilling*)

cz. 3: Wpływ parametrów skrawania na kształt wióra



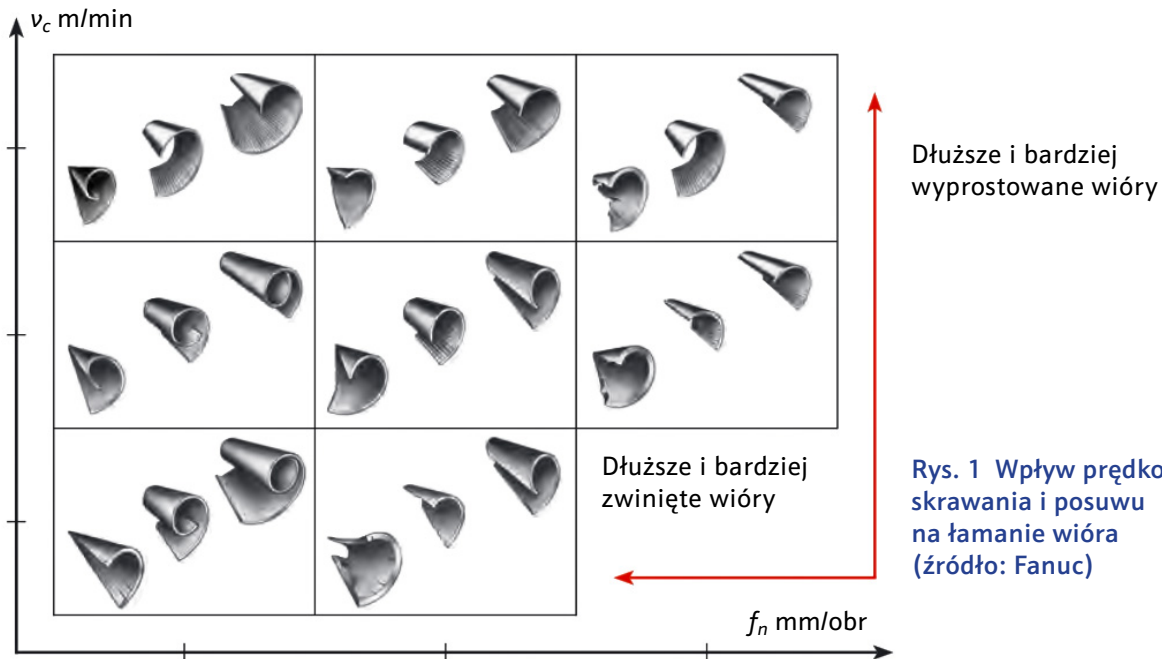
Przyjrzymy się teraz bliżej warunkom eksploatacji systemu w oparciu o analizę doboru parametrów oraz ich wpływu na postać wióra w procesie głębokiego wiercenia, co jest kluczowym aspektem w odpowiedniej kontroli procesu.

Jacek Szuba

Zasadnicze znaczenie w wierceniu głębokich otworów ma uzyskanie właściwego kształtu wióra, a w efekcie bezkolizyjną ewakuację wiórow z strefy skrawania. Czynniki mającymi wpływ na dobór parametrów skrawania są:

- formowanie wiórow (postać wióra),
- siła skrawania (moc obrabiarki),
- żywotność (trwałość narzędzia),
- dokładność wykonania (tolerancja otworu).

Czynniki zostały wymienione hierarchicznie ze względu na istotność dla przebiegu całego procesu. Kluczowe znaczenie ma odpowiedni kształt wióra. Długie i szerokie wióry mogą doprowadzić do zatkania kanału odprowadzającego. Z drugiej strony wióry nie mogą być znacznie rozdrobnione, ponieważ proces łamania wióra jest energochłonny, więc zbyt częste ich łamanie może niekorzystnie wpłynąć na przebieg procesu



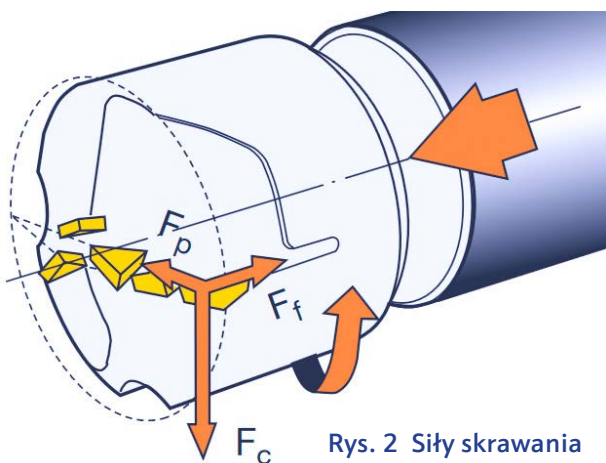
Rys. 1 Wpływ prędkości skrawania i posuwu na łamanie wióra (źródło: Fanuc)

wiercenia: wzrasta obciążenie obrabiarki, a generowane ciepło prowadzi do szybszego zużycia krawędzi skrawającej. Optymalne warunki formowania wióra uzyskujemy poprzez odpowiednią kombinację prędkości skrawania, posuwu oraz geometrii łamacza wióra. Pożądaną postać wióra charakteryzuje równa jego długość i szerokość. Można przyjąć, że taka postać wióra jest najbardziej pożądana w kontekście jego ewakuacji ze strefy obróbki. Jednak wióry o długości 3-4-krotnie większej od szerokości są akceptowalne. Przy wyborze płytki skrawającej do głowic składanych najistotniejsze jest zabezpieczenie przed złamaniem i powstaniem narostu.

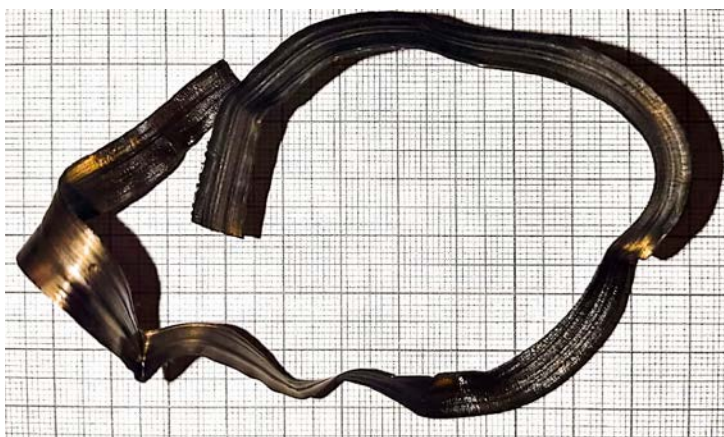
Do głowic powiercających stosowane są płytki z powlekanych węglików spiekanych o podwyższonej odporności na ścieranie. Wybór gatunku dla materiału jest identyczny jak w przypadku toczenia. Dobór parametrów skrawania musi uwzględniać także zapas mocy obrabiarki, kompensujący zużycie narzędzia oraz ewentualne nieznaczne korekty parametrów wiercenia w trakcie trwania procesu, w reakcji na niepożądane sygnały diagnostyczne.

WPŁYW PRĘDKOŚCI SKRAWANIA ORAZ POSUWU

Zalecana postać wióra ma szerokość równą długości. Ten stosunek szerokości do długości może być większy, pod warunkiem, że wióry będą mogły łatwo przechodzić przez kanały odprowadzające. Formowanie wiórów zależy od materiału, prędkości wiercenia i posuwu, geometrii łamacza i doboru CCS. W celu uzyskania pożądanego kształtu wióra, na ogół dla większości materiałów można dokonywać znacznych zmian prędkości oraz posuwu. Jednak dla niektórych materiałów trudnoobrabialnych, szczególnie tych tworzących wióry ciągliwe, dobór jest szczególnie trudny i parametry wyznaczane są przede wszystkim doświadczalnie. Często do wybrania optymalnych parametrów niezbędny jest szereg prób.



Rys. 2 Siły skrawania (źródło: Fanuc)

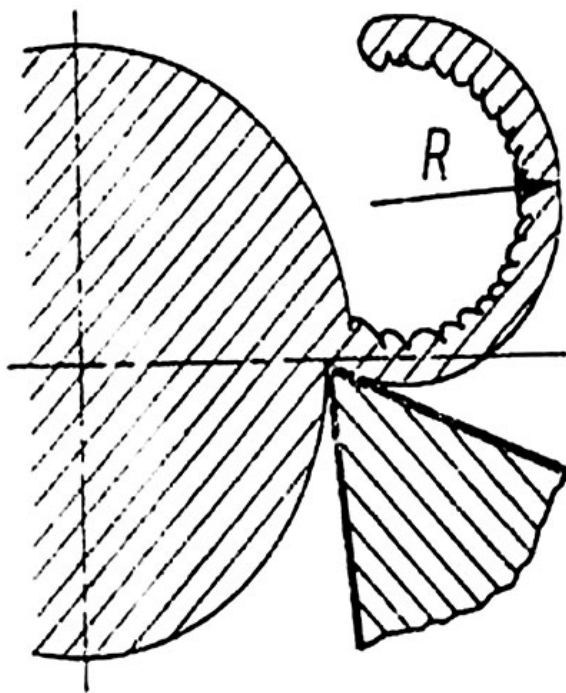


Rys. 3 Skrajnie niekorzystna postać wióra

Uogólniając, krótsze wióry uzyskujemy poprzez zwiększenie posuwu i/lub zmniejszenie prędkości skrawania, co obrazuje wykres przedstawiony na rysunku 1.

SIŁY SKRAWANIA

Składowe siły skrawania, jakie możemy wyróżnić podczas wiercenia, zilustrowano na rysunku 2. Składowa siła skrawania F_c wywołuje moment obrotowy, jest wektorem decydującym przy obliczaniu zapotrzebowania na moc w procesie. Wielkość siły skrawania zależy przede wszystkim od skrawanego materiału, warunków wiercenia



Rys. 4 Kołowy splot strumienia wiórów

oraz od geometrii warstwy skrawanej. Składowa osiowa siła skrawania F_f ma zwrot przeciwny do wektora prędkości posuwu i uzależniona jest, podobnie jak siła skrawania, od własności materiału, przekroju warstwy skrawanej, ale także od kąta natarcia. Składowa odporna siła skrawania F_p jest skierowana promieniowo do wewnątrz, działa na listwę prowadzącą oraz wkładki stabilizujące. Teoretycznie, jeżeli znana jest wartość oporu właściwego skrawania k_c

[N/mm²] dla obrabianego materiału, możliwe jest obliczenie wartości siły skrawania.

Jednak jednostkowa siła skrawania w wierceniu jest trudna do obliczenia z odpowiednią dokładnością. We wzorach do obliczeń nie są brane pod uwagę takie czynniki jak starty mocy na obrabiarce, spowodowane większym zużyciem narzędzia lub dużo wyższym współczynnikiem tarcia listew prowadzących i wkładek stabilizujących. Dlatego przy doborze mocy obrabiarki należy w zależności od stanu oprzyrządowania oraz samej maszyny uwzględnić 20-30% mocy na kompensację strat.

GEOMETRIA NARZĘDZIA

Niezbędnym elementem płytki skrawającej w procesie głębokiego wiercenia, ze względu na zachowanie zalecanego kształtu wióra, umożliwiającego efektywną jego ewakuację ze strefy skrawania, jest łamacz. Potrzeba stosowania łamaczy występuje szczególnie w przypadku obróbki materiałów ciągliwych. W tych materiałach występuje ryzyko tworzenia się wióra ciągłego, które jest skrajnie niekorzystne w przypadku nieprzerwanego skrawania, bez możliwości bezpośredniego wglądu w obszar pracy narzędzia (Rys. 3).

Wiór, podczas przesuwania się z ostrza po powierzchni natarcia, wykazuje skłonność do tworzenia zwojów o promieniu R (Rys. 4). Przyczyną jest różny rozmiar odkształceń plastycznych górnej i dolnej warstwy ograniczającej. Wiór kształtuje się w linii śrubowej lub spiralnej.

Rys. 5 Schemat łamacza wióra

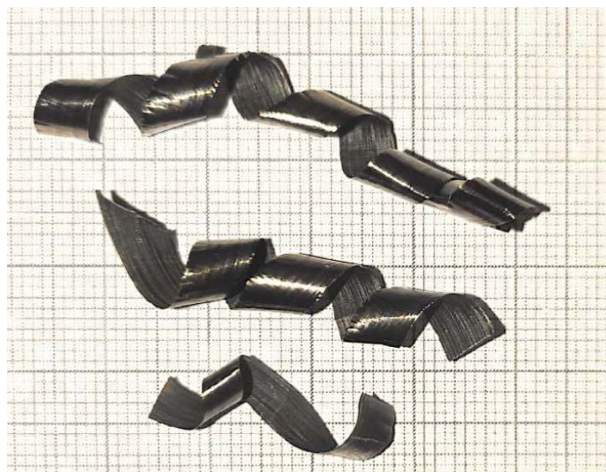


Dominujący wpływ na kształtowanie wióra ma powierzchnia natarcia narzędzia. Na promień R wpływ ma przede wszystkim rodzaj materiału oraz posuw. Mniejsze znaczenie ma głębokość skrawania oraz pozostałe czynniki. Parametr R jest podstawową wielkością, którą należy uwzględnić w procesie projektowania łamacza.

Jednym z wymiarów charakterystycznych łamacza jest promień r (Rys. 5). W sytuacji zwiększania posuwu następuje wzrost promienia R . Przy stałej wartości promienia r wpływający wiór będzie łamany. Proces łamania będzie przebiegał tym intensywniej (łamanie na mniejsze odcinki) im większa będzie różnica pomiędzy promieniami. Jednak należy podkreślić, że jest to stwierdzenie ogólne, wskazujące kierunek dla procesu doboru geometrii łamacza. Patrząc szerzej, wybór odpowiedniej płytki skrawającej ma bardzo często charakter eksperymentalny, zwłaszcza dla materiałów trudnoobrabialnych.

ANALIZA I KLASYFIKACJA WIÓRA

Istotny wpływ na dynamikę łamania ma także parametr b , który korzystnie wpływa na efektywność procesu. Jednak doprowadzenie do zbyt drobnego kruszenia wióra jest niepożądane. Pomijając kwestie bezpieczeństwa, które w przypadku głębokiego wiercenia są pomijalne, ze względu na zamkniętą strefę skrawania, uzasadnieniem dla ograniczonej intensywności łamania jest konieczność zwiększenia zapotrzebowania na moc obrabiarki. Szczególnie w przypadku wiercenia w pełnym materiale na obrabiarkach standardowych, których moc nie została dobrana do konkretnego zastosowania. Zakres pracy łamacza z reguły wyznaczany jest doświadczalnie dla










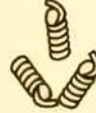










Rys. 6 Wióry śrubowe

konkretnego materiału oraz zakresu posuwów. Na rysunku 6 pokazano wióry uzyskane płytką z nieodpowiednio dobranym łamaczem, które zgodnie z klasyfikacją wiórów wg PN-ISO 3685 przedstawioną na rysunku 7 można scharakteryzować jako śrubowe i określić jako niekorzystne.

Doświadczenia zakładowe oraz zalecenia producentów wskazują, że istotne znaczenie dla procesu tworzenia wióra ma ukształtowanie powierzchni natarcia płytki skrawającej. Właściwie zaprojektowany łamacz jest w stanie zapewnić efektywną ewakuację wióra, co staje się szczególnie istotne dla materiałów wykazujących skłonność do tworzenia długich i ciągłych wiórów. Reasumując podstawowe zależności dotyczące doboru parametrów skrawania – redukcja posuwu prowadzi do wydłużenia oraz zwijania wiórów, zaś redukcja prędkości skrawania prowadzi do skrócenia wióra. Rysunek 8 prezentuje wióry, które można opisać jako korzystne oraz dopuszczalne, nieutrudniające przepływu przez głowicę oraz rurę wiertarską. Analizując rodzaj i kształt zgodnie z klasyfikacją (Rys. 7) można je zaseregować jako łukowe, z tendencją do tworzenia elementowych. Tego rodzaju wióry są szczególnie pożądane w przypadku obróbki głowicami o mniejszej średnicy.

Zmiana parametrów skrawania w procesie głębokiego wiercenia, ze względu na charakter pracy głowicy oraz brak podglądu w strefę

| Wióry wstęgowe | Wióry rurowe | Wióry spiralne | Wióry śrubowe otwarte | Wióry śrubowe stożkowe | Wióry łukowe | Wióry elementowe | Wióry igłowe |
|--|--|---|--|--|---|---|---|
| Długie  | Długie  | Płaskie  | Długie  | Długie  | Związane  |  |  |
| Krótkie  | Krótkie  | Stożkowe  | Krótkie  | Krótkie  | Luźne  | | |
| Splątane  | Splątane  | | Splątane  | Splątane  | | | |

■ korzystne
■ niekorzystne
■ nieakceptowalne

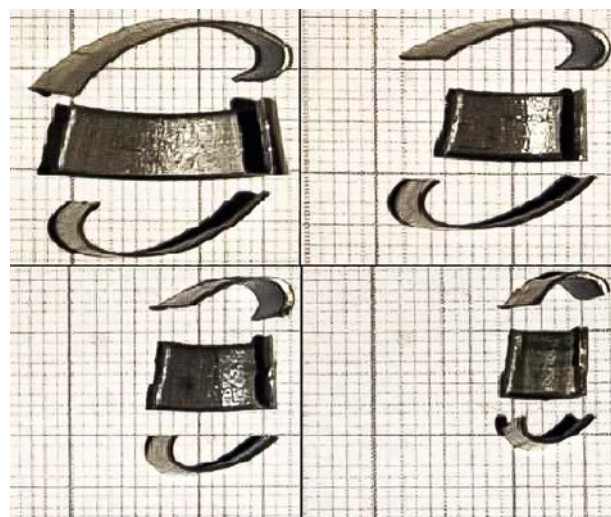
Rys. 7 Klasyfikacja wiórow według ich budowy PN-ISO 3685

skrawania, następuje w określonym zakresie, który zależy od zespołu czynników. Zakres ten dobierany jest w oparciu o wstępne obliczenia, uwzględniające przede wszystkim materiał obrabiany oraz narzędzie.

Zakres ten jest precyzowany iteracyjnie w kolejnych próbach, które zbliżają do osiągnięcia wartości, w której zostanie uzyskany pożądany kształt wióra. Postać tę można opisać jako szerokość równą długości. Należy podkreślić, że dobranie odpowiedniej prędkości skrawania, aby zapewnić pożądany kształt wióra jest zadaniem, które wymaga doświadczenia oraz uwzględnienia szeregu czynników.

PODSUMOWANIE

Podsumowując cykl artykułów rozpoczęty od przedstawienia systemów głębokiego wiercenia, ich architektury oraz zastosowań, poprzez szczegóły konstrukcyjne systemu jednorurowego, a kończąc na doborze parametrów



Rys. 8 Korzystna postać wióra

technologicznych, należy podkreślić konieczność ciągłej optymalizacji procesu, szczególnie w obliczu współczesnych wyzwań, związanych z produkcją w sektorze zbrojeniowym.

Jacek Szuba

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

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

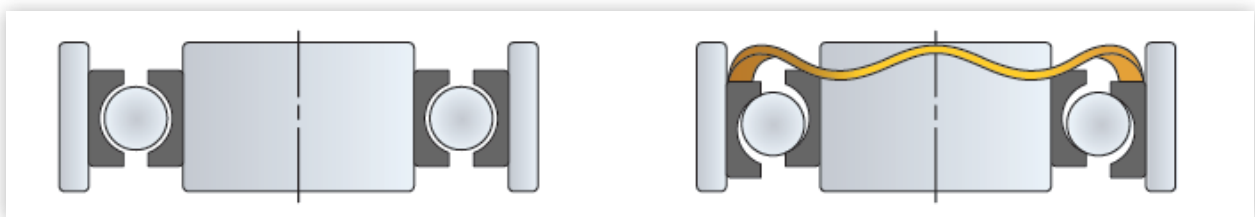


Lożyska są konstruowane z myślą o swobodnym poruszaniu się i składają się z wielu komponentów, które pracują razem w złożeniu. Dodawanie tolerancji wynikających zarówno z procesu produkcji komponentów, jak i z montażu finalnego produktu łatwo może skutkować wystąpieniem problemów. Właśnie wtedy ujawniają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

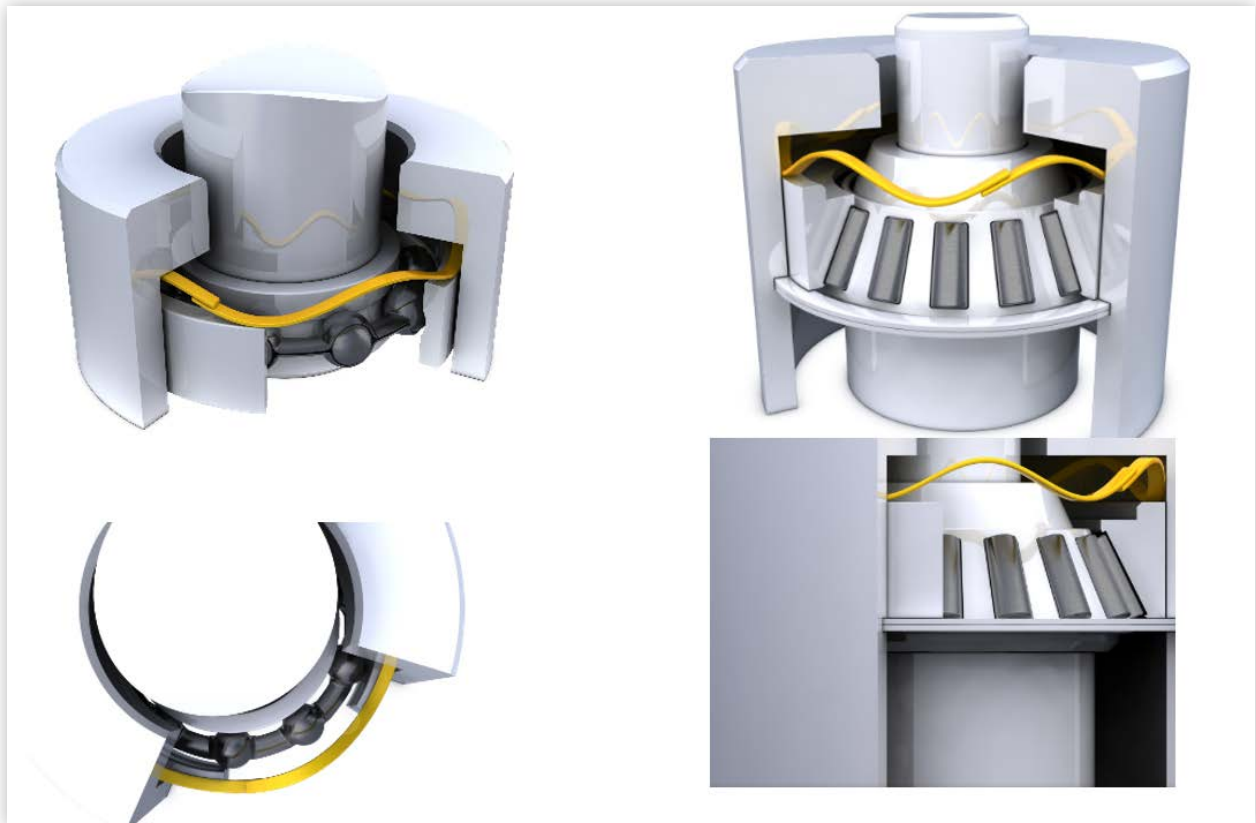
Wstępne obciążanie wiąże się z przyłożeniem ciągłej siły osiowej do łożyska. Jak uzyskać taki efekt? Czy są różne rodzaje obciążeń wstępnych? Zasadniczo są dwie metody obciążania łożyska. Jedną z nich jest metoda obciążania „na stałe”

z wykorzystaniem mechanizmu odpowiednio utrzymującego wewnętrzny i zewnętrzny pierścień łożyska.

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



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



Dlaczego więc obciążamy wstępnie łożyska?

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

ZALETY WSTĘPNEGO OBCIĄŻANIA ŁOŻYSK

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

Zalety:

- **Kontrola luzu osiowego i promieniowego**
Komplet kulek i pierścienie przylegają pewnie i przejmują różnice wymiarowe.

- **Mniejsze zużycie łożyska**

Lepszy rozkład obciążeń między łożyskami dzięki konstrukcji falistej.

- **Redukcja wibracji i hałasu**

Ciche złożenia, nawet w zastosowaniach o wysokim poziomie drgań.

- **Eliminacja poślizgu kulek**

Oddziaływanie stałej siły zapewnia płynny ruch.

- **Precyzyjne pozycjonowanie wału**

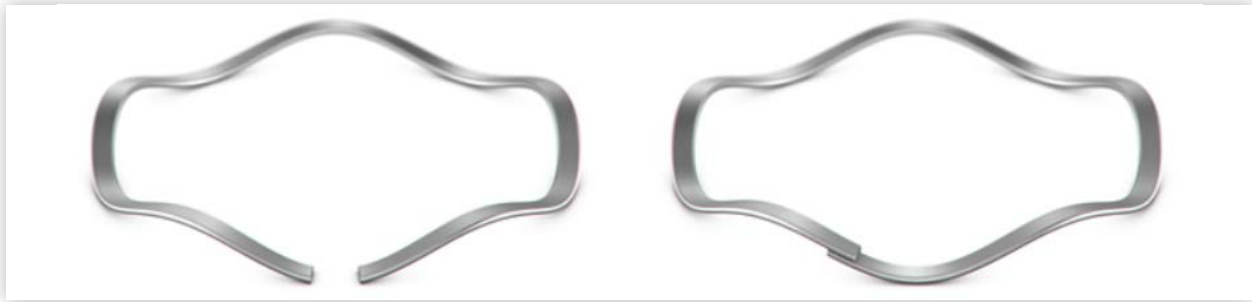
Sprężyna falista utrzymuje wał w pozycji centralnej, co powoduje optymalne rozłożenie siły odśrodkowej.

WYBÓR SPRĘŻYNY DO WSTĘPNEGO OBCIĄŻENIA ŁOŻYSKA

Jakiego rodzaju sprężyny użyć?

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

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



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

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


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

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

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

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

DODATKOWE MATERIAŁY

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

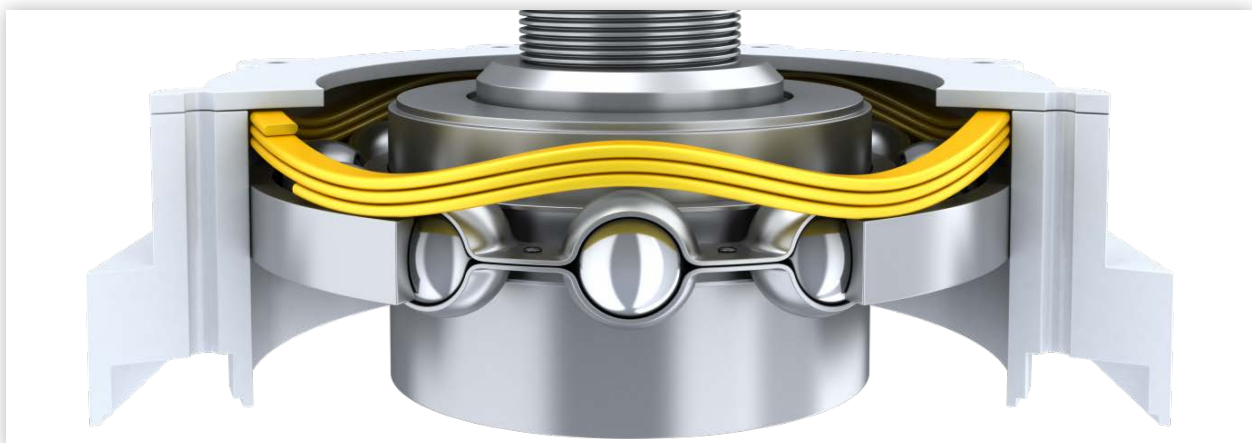
Pobierz Smalley's Parts & Engineering Catalog lub zamów egzemplarz papierowy

Pobierz broszurę serii Smalley SSB

Zamów bezpłatne próbki do testów

Prześlij nam swoje wymagania, a dobierzemy lub zaprojektujemy odpowiednią część

Dowiedz się więcej o sprężynach falistych – pobierz e-book.



Przemysł lotniczy A.D. 2024: *obawy i nadzieje*

W przemyśle lotniczym na potrzeby wojska brakuje obecnie prezentacji nowych samolotów bojowych, za to złoty okres przechodzą producenci dronów. Zapotrzebowanie na ten rodzaj statków powietrznych wzrasta, szczególnie po tym jak armia USA zrezygnowała z zakupu śmigłowców na rzecz UAV.

Ryszard Romanowski

Wśród producentów dużych samolotów pasażerskich najgłośniejszemu ostatnio wybrzmiewają doniesienia związane z Boeingiem. 5 stycznia od kadłuba samolotu Boeing 737 Max 9, lecącego z Portland do Ontario

(lot Alaska Airlines 1282), oderwał się panel poszycia, powodując gwałtowną dekompresję kabiny. Panel zainstalowany był w miejsce drzwi awaryjnych, niewymaganych w konfiguracji na 178 miejsc, operowanej przez linie z Alaski.



Boeing 737 Max 9 z dziurą po wyrwanym panelu. Na szczęście podczas feralnego lotu z Portland nikt nie siedział na miejscu przy oknie, a samolot jeszcze nie nabrał wysokości

Samoloty typu Max już wcześniej okryły się złą sławą i zaczęły być unikane przez klientów. Producent opieszale diagnozował poprzednie usterki, co skłoniło branżowych dziennikarzy do odwiedzenia fabryki w Seattle. Zdziwili się, gdy zamiast doświadczonych pracowników zastali w niej w większości dwudziestolatków. Być może mamy tam do czynienia z sytuacją, jaką przed wielu laty opisywał Lee Iacocca na przykładzie Chryslera (udziałowcy i zarząd koncentrowali się wówczas na maksymalizacji zysków, nie przywiązując zbytniej wagi do jakości produktów).

Prowadzone śledztwo przybrało sensacyjną formę. Wysłani na wcześniejsze emerytury pracownicy Boeinga ujawnili wiele nieprawidłowości występujących w fabrykach. Najwięcej mówił 62-letni John Barrett, który pracował w koncernie przez trzydzieści dwa lata. Wśród nieprawidłowości było np. używanie niepełnowartościowych części. Przedstawiciele Boeinga zaprzeczyli wszystkiemu, zarzucając oskarżającym firmę pracownikom złośliwość i nieproduktywność. Jednak śledztwo potwierdziło zarzuty pracowników. W ramach postępowania sądowego, które Barrett wytoczył koncernowi, odbyły się wstępne przesłuchania 7 i 8 marca br. Następnego dnia Barrett miał złożyć formalne zeznania w sądzie, jednak się nie zgłosił. Jego telefon milczał. Kilka godzin później znaleziono samochód Barett na jednym z parkingów, a w nim... jego zwłoki. 11 marca opublikowano informację o jego śmierci. Według oficjalnej wersji Barrett popełnił samobójstwo. Nasuwają się jednak pytania: dlaczego jadąc na przesłuchanie zabrał broń i dlaczego nic nie zarejestrował monitoring parkingowy.

Również 11 marca Boeing 787 Dreamliner chilijskich linii lotniczych Latam podczas lotu LA800 z Sydney do Auckland raptownie stracił wysokość, a wielu pasażerów wypadło z miejsc i uderzyło w sufit. Po lądowaniu w Nowej Zelandii 50 osób wymagało pomocy medycznej, a 12 osób przewieziono do szpitala. Z kolei 15 marca Boeing 737-800 linii lotniczych United Airlines lądował



Największe w swojej klasie boczne drzwi ładunkowe XL-MDCD (Main Deck Cargo Door) o szerokości 4191 mm

w Oregonie z dziurą w kadłubie. Tym razem obyło się bez obrażeń, a brakujący fragment poszycia zauważono dopiero po wylądowaniu.

Rynek nie znosi pustki. Przewozy frachtowe, dotąd zdominowane przez Boeinga towarowymi wersjami samolotów pasażerskich, zaczyna powoli opanowywać Airbus. Nowy Airbus A350F to towarowa wersja pasażerskiego A350-1000. Samolot może zabrać do 111 ton ładunku, ma zasięg 8 700 km oraz największe w tej klasie boczne drzwi ładunkowe. Seryjną produkcję zapowiedziano na 2025 rok.

Na szczególną uwagę zasługuje jednak samolot chińskiej firmy COMAC – C919, mogący stanowić konkurencję dla Airbusa A320neo i Boeinga 737 Max na Dalekim Wschodzie. Samolot według dziennikarzy odpowiada standardom konkurencji. Napędzany jest silnikami Leap-1C produkowanymi przez CFM – spółkę joint-venture General Electric i Safran. Docelowo zastosowane w nim mają być silniki produkcji chińskiej.

Po raz pierwszy w historii wystaw lotniczych Chińczycy zaprezentowali poza granicami swojego kraju samolot tej klasy. Historyczna prezentacja odbyła się podczas Airshow w Singapurze. Na tej samej imprezie producent podpisał umowę na



Chiński COMAC C919 z silnikami, systemami i awioniką produkcji zachodniej

czterdzieści samolotów z Tibet Airlines i list intencyjny na kolejne dziesięć. Podobnie jak prezentacja, podpisanie umowy w błyskach fleszy również odbyło się po raz pierwszy poza granicami Chin.

Wszystko wskazuje na to, że ATR znalazł potężny rynek dla swoich samolotów turbośmigłowych w Indiach. Indyjskie lotnictwo doszło do wniosku, że eksploatacja samolotów odrzutowych na większości obsługiwanych przez indyjskie linie trasach jest nieekonomiczna. Analizy dowiodły, że samoloty turbośmigłowe są bardziej pożądane, znacznie tańsze w eksploatacji, a do tego mogą zadowolić się małymi lotniskami. Ogromna flota regionalnych samolotów ATR w Indiach w kolejnych dekadach jeszcze się powiększy.

Powstaje coraz więcej ciekawych konstrukcji eVTOL. Latające taksówki z napędem elektrycznym robią się coraz bardziej popularne. Niestety, mimo że są dobrze zaprojektowane, ich certyfikacja trwa zwykle bardzo długo. Według opinii amerykańskiej federacji lotnictwa wynika to z faktu, że start-upy, które dominują wśród producentów tego typu statków powietrznych, nie przywiązują większej wagi do przepisów prawnych. Szczególnie wtedy, gdy nie mają inwestora z branży lotniczej. Niewiedza ta często skutkuje nawet koniecznością wprowadzania drobnych zmian konstrukcyjnych, co dla wielu małych start-upów bywa poważnym wyzwaniem finansowym. W efekcie na komercyjnym rynku często



Turbośmigłowy samolot regionalny ATR 42-600 (fot. ATR / Barthe Pierre)



Najnowsze zamówienie z Turcji oznacza początek komercyjnej ekspansji ekranoplanów na rynku turystycznym

bardzo efektowne konstrukcje przegrywają z tymi, budowanymi przez wyspecjalizowane firmy, przy wsparciu gigantów przemysłu lotniczego.

W segmencie niewielkich statków powietrznych zainteresowanie zwrócił zawarty ostatnio kontrakt na ekranoplan Airfish, **opisywany na łamach naszego magazynu w 2021 roku**. Przy pomocy uniwersytetu w Singapurze udoskonalono konstrukcję, która obecnie może zabrać na pokład dziesięć osób. Taką wersję zakupiła Turcja w celach turystycznych, wyrażając intencję zakupu kolejnych dziesięciu Airfishów. Tym samym pojazd, nie będący ani motorówką, ani samolotem (lub może faktycznie będący i jednym, i drugim), rozpoczął karierę komercyjną.

W ostatnich miesiącach zaprezentowano wiele nowych dronów UAV. Jednym z najciekawszych jest Hermes 650 Spark budowany przez Elbit Systems. Wielkością plasuje się pomiędzy cenionymi za parametry i jakość Hermesem 450 a Hermesem 900. Jednak w przeciwieństwie do nich, nową maszynę zbudowano w klasycznym układzie ze śmigłem ciągnącym. Napęd zapewnia silnik Rotax 912, który dzięki niewykorzystywaniu maksymalnych osiągnięć pracuje stabilniej i oszczędniej podczas lotu z dużymi prędkościami.

Kompozytowy Hermes 650 Spark ma masę startową 650 kg, ładowność 250 kg, prędkość od 55 do 120 węzłów i może przebywać w powietrzu przez 24 godziny. Dzięki zapasowi mocy do startu wystarcza pas o długości 200 m. System sterowania jest kompatybilny ze wszystkimi UAV rodziny



Bezzałogowy Hermes 650 Spark (fot. Elbit Systems)

Hermes. Maszyna prezentowana w Singapurze wyposażona była w obrotową głowicę elektrooptyczną oraz anteny wywiadu komunikacyjnego. Każde skrzydło ma również po trzy twarde punkty, umożliwiające np. mocowanie opcjonalnego uzbrojenia, o którym na razie niewiele wiadomo.

Producent zapowiedział seryjną produkcję na rok 2025 i ujawnił, że jest już co najmniej jedno duże zamówienie – od klienta, którego jak dotąd nie ujawniono.

Bieżący rok w przemyśle lotniczym zapowiada się zatem dość ciekawie.

Ryszard Romanowski

faa.gov

Design for Assembly w praktyce: Czujnik podpory motocykla

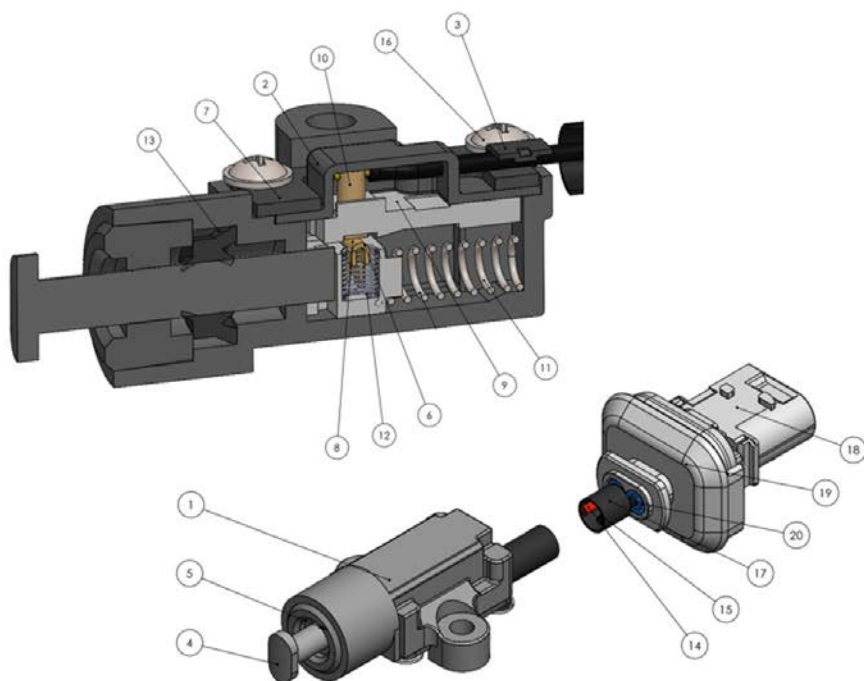
Trzyosobowy zespół inżynierów podjął się analizy czujnika podpory motocykla pod kątem DFA (*Design for Assembly*) oraz próby zoptymalizowania wyrobu.

Michał Hałas

Czujnik podpory jest standardowym wyposażeniem praktycznie wszystkich nowoczesnych motocykli. Wyklucza on ryzyko, że motocyklista ruszy z wysuniętą/otwartą podporą. Jest to więc jeden z koniecznych elementów systemu bezpieczeństwa.

Zasada działania czujnika na rysunku 1 jest następująca: tłok (4) porusza się w osi korpusu (1) sensora dzięki pracy sprężyny (11). Do tłoka przytwierdzone jest mocowanie kontaktu (6), wewnątrz którego znajduje się U-kształtny metalowy kontakt (8) wraz ze sprężyną (12) wypychającą go ku

górze. W sytuacji gdy podpora jest schowana i nie podtrzymuje motocykla, tłok znajduje się w położeniu równowagi, a kontakt zwiera elektrycznie oba terminale (10, 19), na których przyłutowane są dwa przewody (14, 15). Sygnał zwarcia wędruje przez parę terminali (19) konektora (18) wprost do komputera pokładowego ECU (*electronic control unit*). Gdy podpora się wysuwa, terminale się rozwierają. Pozostałe komponenty są potrzebne do zamknięcia obudowy korpusu i zapewnienia szczelności. W sumie wyrób składa się z 26 elementów, w tym z 20 unikalnych podzespołów.



| L.p. | Komponent | Sztuk |
|------|---------------------|-------|
| 1. | Korpus | 1 |
| 2. | Uszczelka | 1 |
| 3. | Zapinka przewodu | 1 |
| 4. | Tłok | 1 |
| 5. | Tuleja | 1 |
| 6. | Mocowanie kontaktu | 1 |
| 7. | Blacha | 1 |
| 8. | Kontakt | 1 |
| 9. | Mocowanie terminali | 1 |
| 10. | Terminal 1 | 2 |
| 11. | Sprężyna 1 | 1 |
| 12. | Sprężyna 2 | 1 |
| 13. | Uszczelka tłoka | 1 |
| 14. | Przewód 1 | 1 |
| 15. | Przewód 2 | 1 |
| 16. | Śruba | 4 |
| 17. | Ostona | 1 |
| 18. | Konektor | 1 |
| 19. | Terminal 2 | 2 |
| 20. | Uszczelka przewodu | 2 |

Rys. 1 Górny rysunek to trójwymiarowy model części czujnikowej w przekroju podłużnym, podczas gdy dolny prezentuje kompletny wyrób, wraz z wiązką kablową i konektorem. Po prawej spis komponentów

Ilustracje i tabele pochodzą z prezentacji inżynierów: Adama Lasoty, Michała Kokosza oraz Sławomira Tyborczyka, A.INŻ GRUPA ODITK

Tab. 1. Parametry techniczne (Pn) węzła węzłowego



| Parametry | |
|-------------------------|-----|
| Wzrost (mm) | 20 |
| Wzrost (mm) (złoty) | 15 |
| Wzrost (mm) (srebrny) | 150 |
| Wzrost (mm) (czarny) | 150 |
| Wzrost (mm) (niebieski) | 150 |
| Wzrost (mm) (niebieski) | 150 |
| Wzrost (mm) (niebieski) | 150 |
| Wzrost (mm) (niebieski) | 150 |
| Wzrost (mm) (niebieski) | 150 |

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

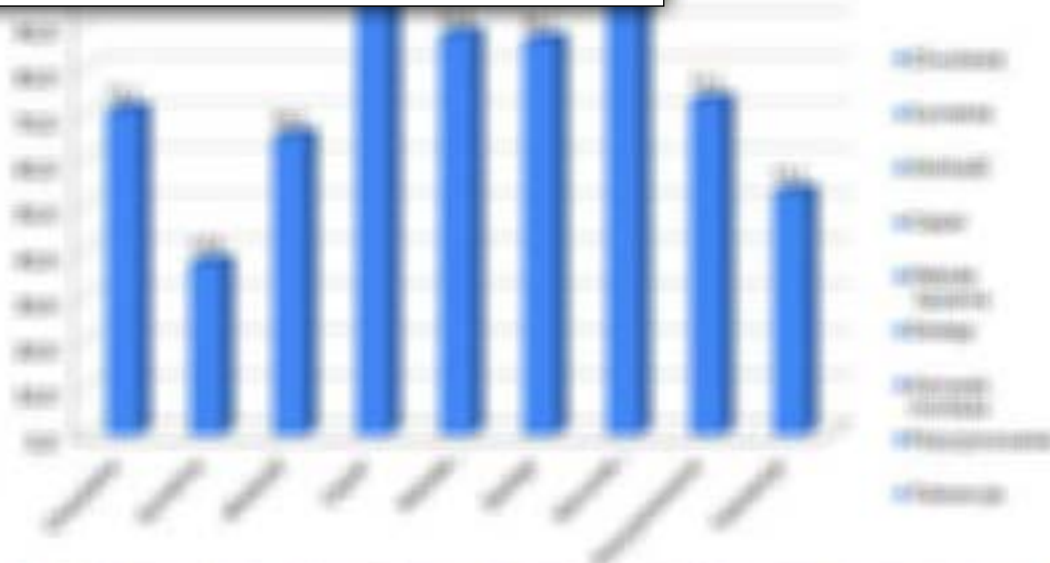
SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie



www.konstrukcjeinzynierskie.pl



prenumerata@iter.com.pl



Tab. 2. Wyniki badań... (nieczytelny)

Firma Timken prezentuje innowacyjne rozwiązanie do walcarek z walcami pionowymi do kształtowania dwuteowników

Sorin Tudor

1. PRODUKCJA DWUTEOWNIKÓW

1.1. Asortyment

Wyroby długie obejmują pręty i walcówki, kształtowniki stalowe oraz kształtowniki ze stali specjalnej. Wyroby długie cechują się stałą powierzchnią przekroju wzdłuż całej długości, jednak mają zróżnicowaną grubość profilu.

„Kształtowniki konstrukcyjne” to termin ogólny, stosowany do wyposażonych w stopki kształtowników walcowanych, w których przynajmniej jeden wymiar przekroju wynosi co najmniej 76 mm (3 cale). Kształtowniki konstrukcyjne mogą być projektowane jako dwuteowniki szerokostopowe, dwuteowniki zwykłe, ceowniki, kątowniki, teowniki i zeowniki. Inne profile obejmują kształtowniki o przekroju H, grodzice, szyny i kształtowniki zaprojektowane do zastosowań specjalnych. Wyroby te stosowane są przy budowie mostów, budynków, okrętów, torów kolejowych, a także w licznych innych celach budowlanych.

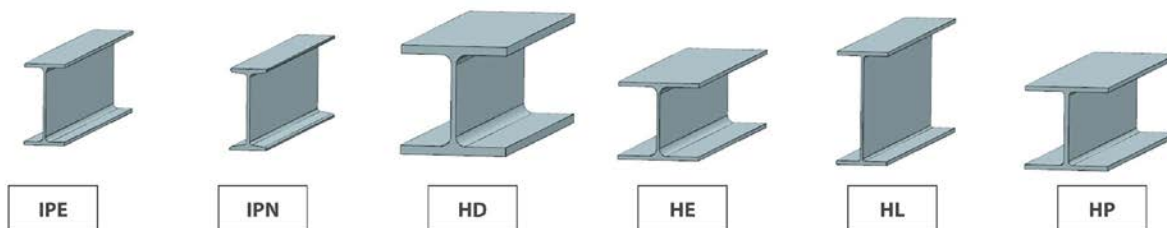
Dwuteowniki (nazywane również kształtownikami typu H) mają przekrój o kształcie litery I lub H. Elementy poziome dwuteownika nazywane są „stopkami”, a element pionowy „środnikiem”.

Standardowe dwuteowniki europejskie obejmują dwuteowniki równoległoscienne IPE, kształtowniki ze zbieżnymi stopkami IPN, kształtowniki słupowe szerokostopowe HD, dwuteowniki szerokostopowe HE i HP oraz dwuteowniki szerokostopowe o bardzo szerokich stopkach HL. Profile te przedstawiono w celach informacyjnych na rysunku 1. Wymiary robocze należy sprawdzić w odpowiednich normach dotyczących dwuteowników.

Standardowe dwuteowniki amerykańskie obejmują dwuteowniki szerokostopowe typu W i HP oraz kształtowniki WT. Przedstawiono je na rysunku 2.

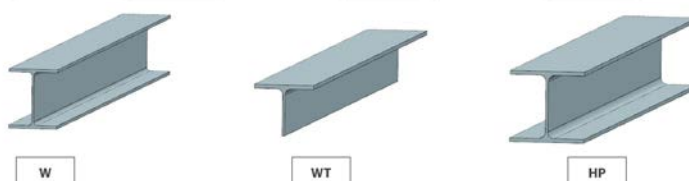
1.2. Budowa linii walcowniczej

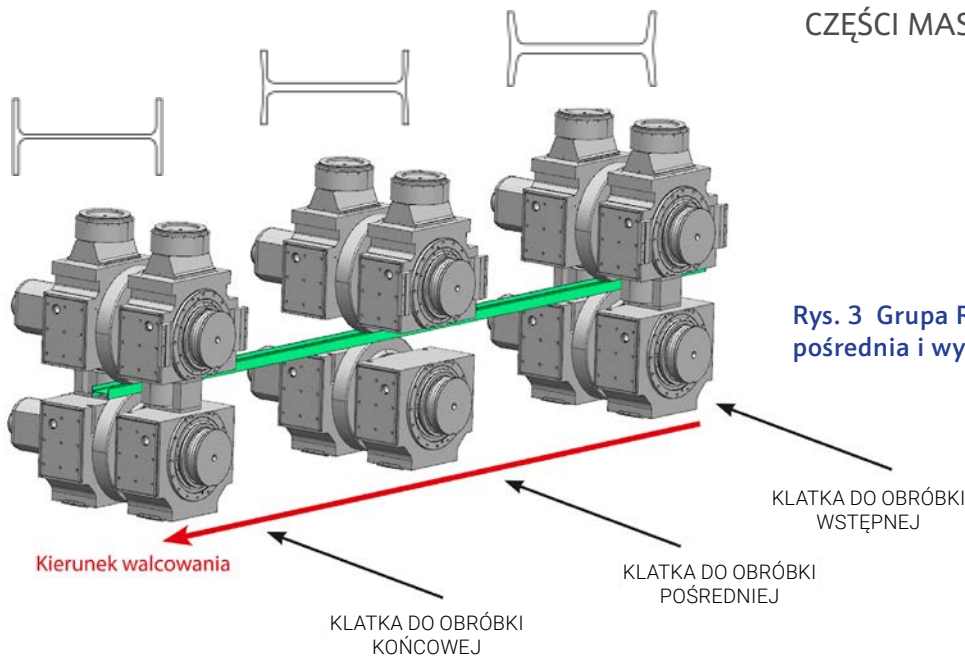
Produkcja dwuteowników obejmuje szereg procesów technologicznych, w tym podgrzewanie



Rys. 1 Dwuteowniki europejskie (powyżej)

Rys. 2 Dwuteowniki amerykańskie (z prawej)





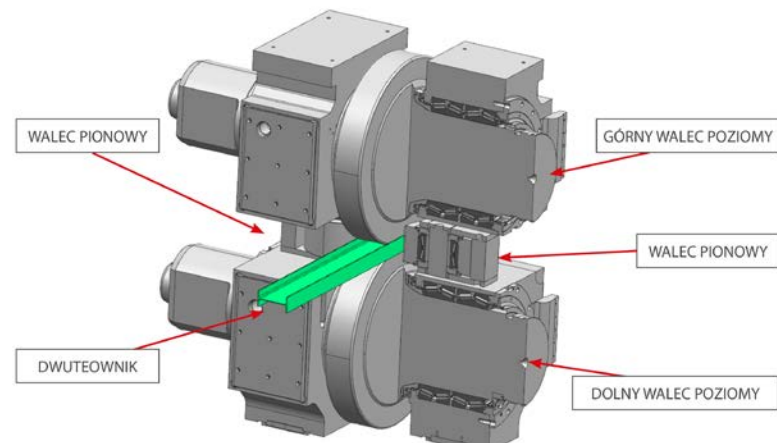
Rys. 3 Grupa REF (klatka wstępna, pośrednia i wykańczająca)

kęśiska, walcowanie materiału do uzyskania odpowiedniego kształtu i wymiarów, cięcie w stanie plastycznym na odcinki umożliwiające dalszą obróbkę, schładzanie do temperatury otoczenia, prostowanie, cięcie na wymagane odcinki, inspekcję i wysyłkę.

Operacja walcowania z reguły odbywa się na kilku klatkach walcowniczych:

- Klatki wstępne (zgniatacze), w których uzyskiwany jest początkowy kształt dwuteowników.
- Dwie lub trzy grupy klatek REF (do obróbki wstępnej, pośredniej i wykańczającej), przy czym każda z grup REF może składać się z więcej niż jednej klatki. Grupa klatek (REF) zabudowana jest w jednym ciągu, zgodnie ze schematem zamieszczonym na rysunku 3.

Klatka wstępna (zgniatacz), jak pokazano to na rysunku 4, składa się z dwóch napędzanych walców poziomych, które oddziałują na przekrój środnika oraz dwóch walców pionowych, które oddziałują na stopki dwuteownika. Wszystkie cztery walce ustawione są w jednej płaszczyźnie pionowej, a ich ustawienie można regulować. Walce pionowe w tej klatce to walce bruzdowe, nadające przekrojowi dwuteownika charakterystyczny kształt. Klatka wstępna (zgniatacz) odpowiedzialna jest za największe odkształcenia obrabianego materiału, przez co zachodzi w niej największa redukcja powierzchni przekroju.

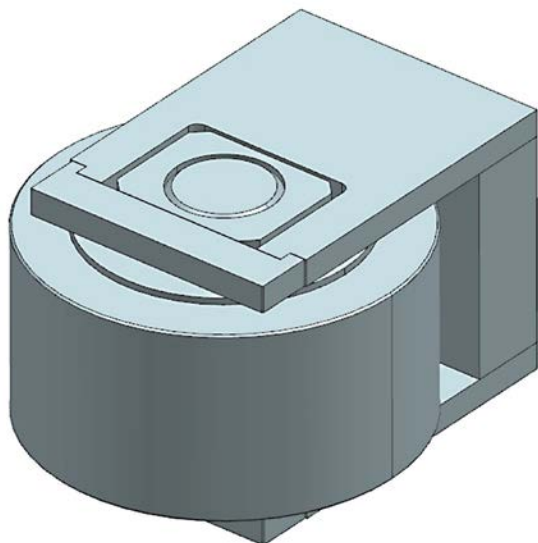


Rys. 4 Klatka do obróbki wstępnej i końcowej

Klatka pośrednia wyposażona jest w dwa walce poziome. W tej klatce zachodzi niewielka redukcja powierzchni obrabianego materiału, zamiast tego odpowiedzialna jest ona za kontrolowanie kształtu dwuteownika, a w szczególności stopek.

Klatka wykańczająca, jak również pokazano to na rysunku 4, składa się z dwóch napędzanych walców poziomych, które oddziałują na przekrój środnika oraz dwóch walców pionowych, które oddziałują na stopki dwuteownika.

Wszystkie cztery walce ustawione są w jednej płaszczyźnie pionowej i można je regulować (konfiguracja zbliżona do klatki wstępnej). Walce tej klatki mają kształt cylindryczny i odpowiedzialne są za kontrolowanie wymiarów końcowych dwuteownika. Klatka wykańczająca jest używana wyłącznie w przebiegu końcowym.



Rys. 5 Walec pionowy

2. WALCE PIONOWE

2.1. Omówienie rozwiązań

Współczesne rozwiązania z zakresu walcowania dwuteowników wymagają dłuższego czasu eksploatacji oraz większej niezawodności łożysk niż kiedykolwiek wcześniej. Wymagania dotyczące wyrobów gotowych odegrały istotną rolę w opracowaniu nowych linii walcowniczych o wysokich prędkościach walcowania. Szczególnie krytyczne stały się zastosowania z walcami pionowymi.

Dobór łożysk do walców pionowych zależy od dostępnego miejsca pomiędzy walcami poziomymi. Łożysko zabudowane jest wewnątrz walca na nieruchomym czopie i obrotowym zewnętrznym pierścieniu (Rys. 5). Główne obciążenie działające na łożysko to obciążenie promieniowe, natomiast obciążenie osiowe ma względnie niewielką wartość. Walec pionowy napędzany jest ciernie przez kontakt z dwuteownikiem. Podczas wsuwania dwuteownika między walce powstają obciążenia udarowe. Z tego powodu walec musi mieć twardą powierzchnię zewnętrzną (aby ograniczyć zużycie) oraz rdzeń zdolny do pochłaniania obciążeń udarowych bez powstawania pęknięć.

Rys. 6 Elementy łożyska stożkowego (na przykładzie łożyska typu TDO)

2.2. Montaż

W tego typu zastosowaniach używane są łożyska stożkowe, o średnicy zewnętrznej w zakresie od 200 do 600 mm (około 8–24 cali). Stosowane konstrukcje łożysk to typ TDO (łożysko dwurzędowe z podwójnym pierścieniem zewnętrznym), 2TS-IM (dwa łożyska stożkowe jednorzędowe z wewnętrznym pierścieniem dystansowym, zabudowa w układzie typu „O”), TQO (łożysko stożkowe czterorzędowe z podwójnymi pierścieniami wewnętrznymi) oraz TQI (łożysko stożkowe czterorzędowe z podwójnymi pierścieniami zewnętrznymi). Główne elementy łożysk pokazano na rysunku 6.

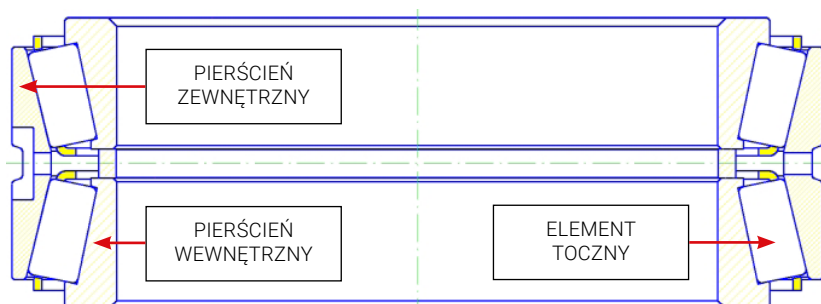
Łożysko zabudowane w walcu pionowym to zastosowanie z obracającym się pierścieniem zewnętrznym, które wymaga zabudowy pierścienia zewnętrznego w obudowie z pasowaniem ciasnym (zmniejsza ryzyko obrotu pierścienia w obudowie). Pierścienie wewnętrzne są nieruchome i dlatego montuje się je na wale z pasowaniem luźnym.

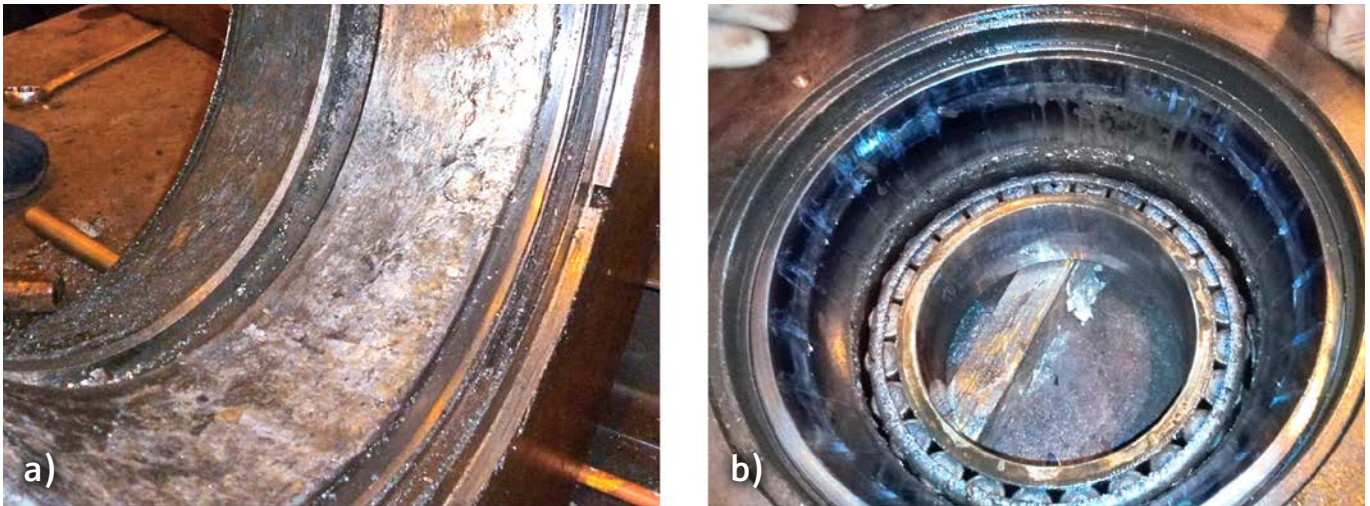
2.3. Uszczelnienie

Uszczelnienie labiryntowe znajduje się w górnej części, powyżej czoła wału, aby zapobiec przedostawaniu się wody i zendry do łożyska. Podobne rozwiązanie może być stosowane w dolnej części beczki wału. Można również stosować dodatkowe uszczelnienia wargowe, w zależności od konstrukcji walca.

2.4. Smarowanie

Smar lub olej (system olej-powietrze) doprowadza się do środkowej części łożyska za pośrednictwem otworów w wewnętrznym pierścieniu dystansowym. Z uwagi na bardzo ciężkie warunki





Rys. 7 Uszkodzenia łożyska zabudowanego w walcu pionowym: a) w efekcie przeciążenia; b) wskutek niedostatecznego smarowania

pracy łożyska z reguły wykorzystywany jest układ centralnego smarowania.

2.5. Uwagi dotyczące zastosowania

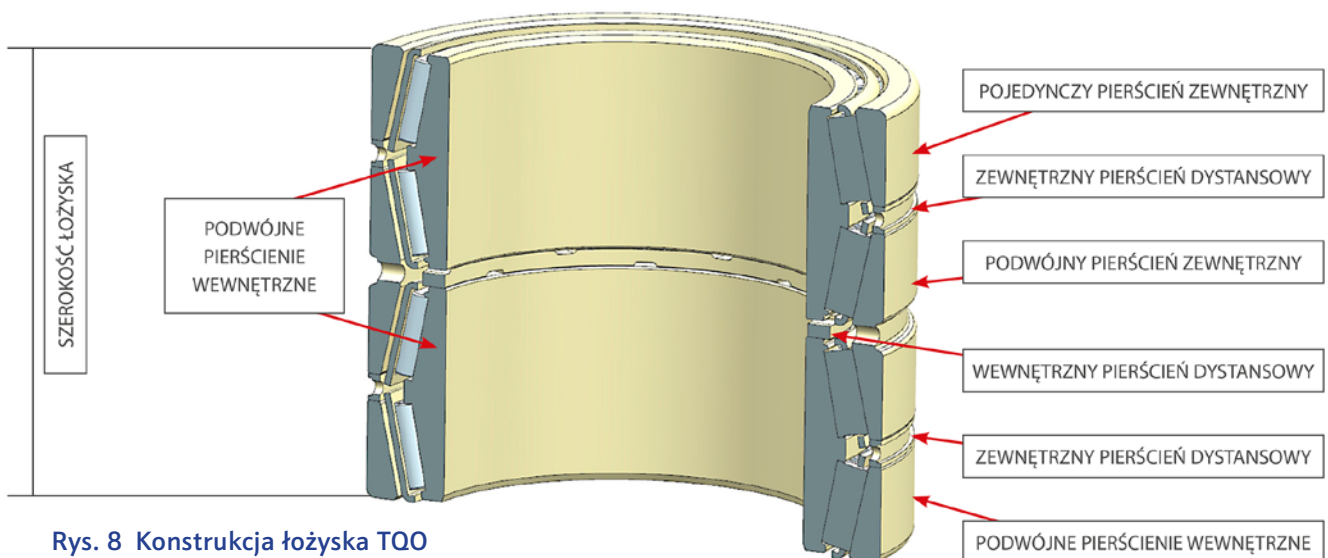
Należy zwrócić szczególną uwagę na obliczenia trwałości zmęczeniowej łożysk, ocenę warunków smarowania i naprężeń w punkcie styku bieżni z elementami tocznymi łożyska zabudowanego w walcu pionowym. W przypadku przeciążenia lub braku właściwego smarowania dochodzi do szybkiego uszkodzenia łożyska, szczególnie dotyczy to górnego rzędu łożyska. Rysunek 7 przedstawia uszkodzenie łożyska stożkowego spowodowane tymi czynnikami.

3. EWOLUCJA ZASTOSOWANIA

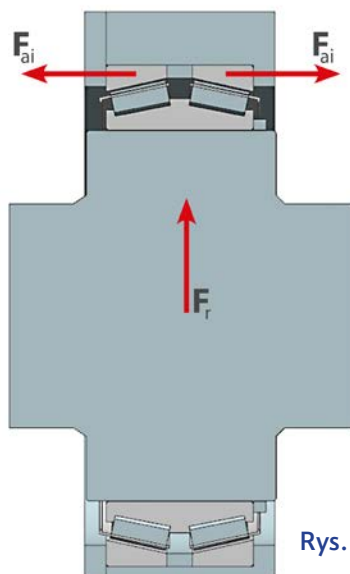
3.1. Dobór łożysk TQO

W pierwszych rozwiązaniach wykorzystywano łożyska typu TQO, czyli łożyska stożkowe czterorzędowe, o konstrukcji pokazanej na rysunku 8. Łożysko TQO składa się z dwóch podwójnych pierścieni wewnętrznych z elementami tocznymi i koszem, jednego wewnętrznego pierścienia dystansowego, dwóch pojedynczych pierścieni zewnętrznych, dwóch zewnętrznych pierścieni dystansowych i jednego podwójnego pierścienia zewnętrznego.

Łożysko TQO wykonane jest dla zabudowy w układzie „X”, co schematycznie na przykładzie łożyska dwurzędowego przedstawiono na



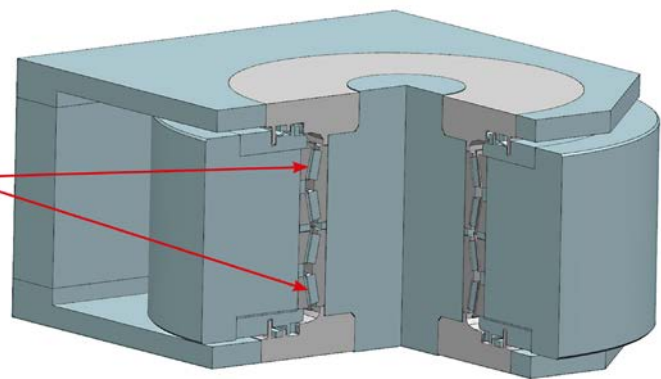
Rys. 8 Konstrukcja łożyska TQO



Rys. 9 Montaż w układzie „X”

rysunku 9. Pierścienie zewnętrzne łożyska są ustalone (całkowicie dociśnięte) w kierunku osiowym tak, aby przejmować obciążenie osiowe (F_{ai}), pochodzące od obciążenia promieniowego (F_r) łożyska, oraz zapewnić odpowiednią wartość luzu poosiowego przez odpowiednio doszlifowany zewnętrzny pierścień dystansowy. Montaż w układzie „X” pozwala na pracę podwójnego pierścienia wewnętrznego bez konieczności jego blokowania w kierunku osiowym.

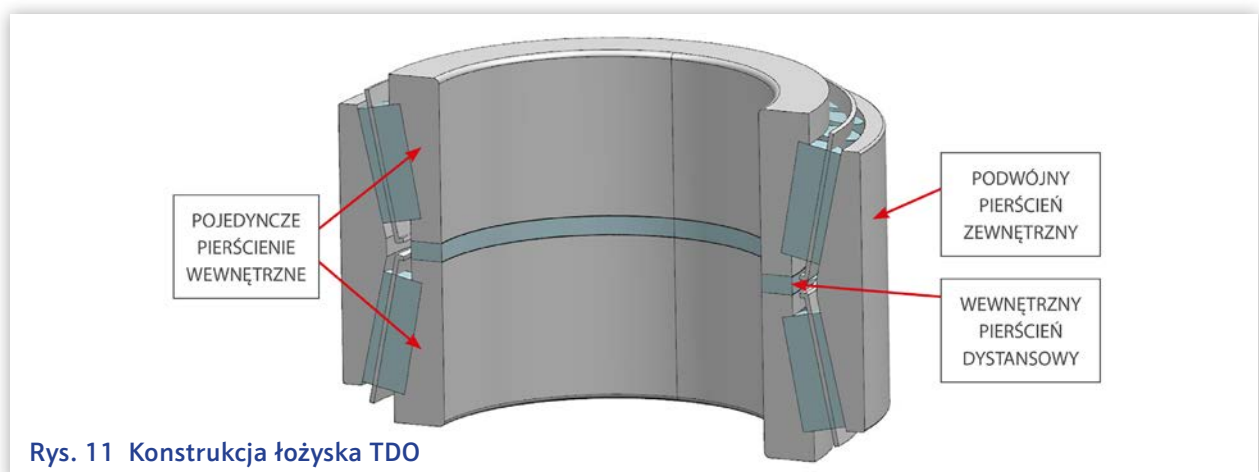
Przestrzeń dostępna dla walca pionowego pomiędzy górnym a dolnym walcem poziomym jest ograniczona, jak to pokazano na rysunku 4. Ograniczenia przestrzeni pociągają za sobą ograniczenia w szerokości łożyska i grubości pokrywy zamykającej. W efekcie tego powstają trudności związane z dociskaniem końcowym



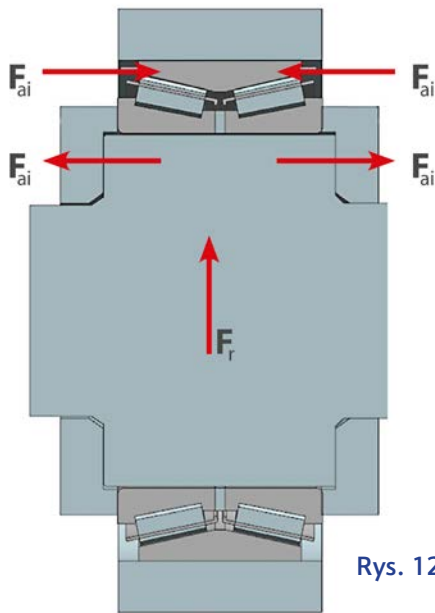
Rys. 10 Układ wału pionowego z łożyskiem TQO

pierścieni zewnętrznych łożyska. W warunkach obciążenia promieniowego, które indukuje obciążenie osiowe, dochodzi do odkształcenia pokrywy zewnętrznej, powodowanego zmniejszonym przekrojem, i jej odsunięcia od pierścieni zewnętrznych łożyska (od strony zewnętrznej). W wyniku tego następuje przeciążenie dwóch środkowych rzędów łożyska i przez to zmniejszenie całkowitej nośności łożyska. Ulega również zmniejszeniu stabilność całego układu z powodu zmniejszenia czynnego rozstawy środkowych rzędów. Zmniejszony przekrój pokrywy ma również wpływ na możliwość zabudowy efektywnego uszczelnienia, co dodatkowo skraca trwałość łożyska.

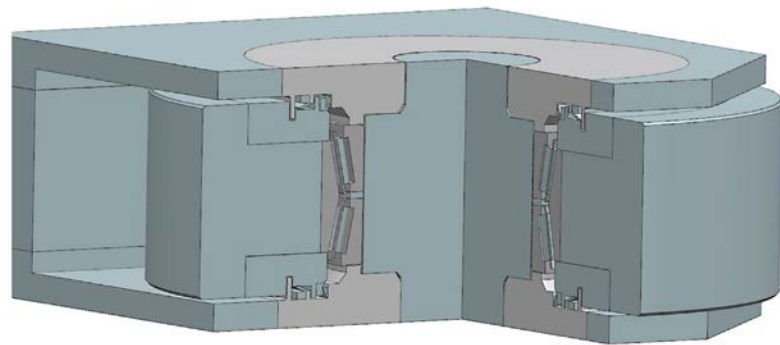
Podczas montażu łożyska istnieje ryzyko powstania zwiększonego luzu poosiowego, jeżeli wewnętrzne pierścienie łożyska nie będzie odpowiednio obrócone w celu odpowiedniego osadzenia wałeczków. Powyższe, w połączeniu z niewłaściwym dociśnięciem pierścieni zewnętrznych, w poważny sposób skraca okres eksploatacji łożyska.



Rys. 11 Konstrukcja łożyska TDO



Rys. 12 Montaż w układzie „O”



Rys. 13 Układ walca pionowego z łożyskiem TDO

3.2. Rozwiązanie z łożyskiem TDO

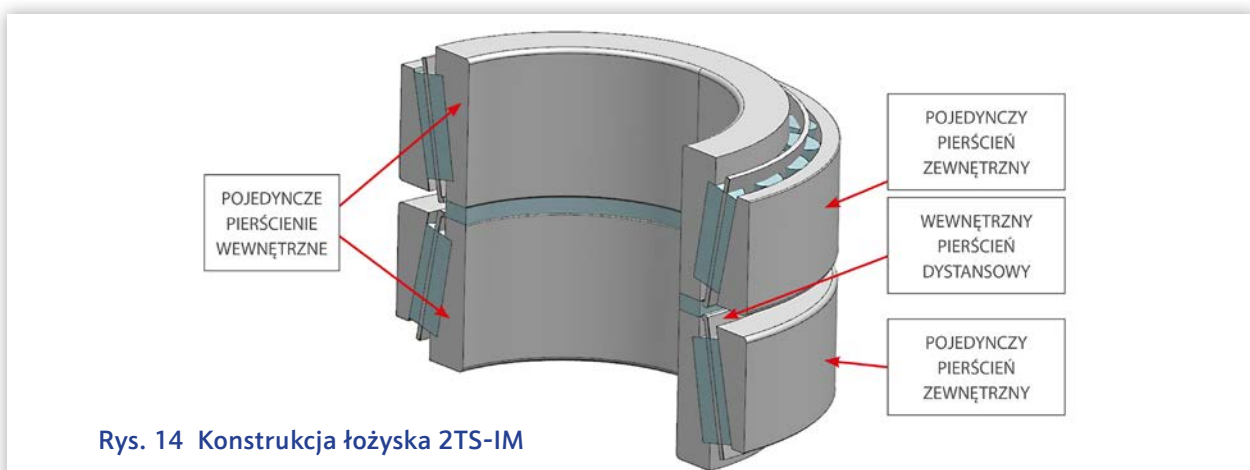
W celu eliminacji tego problemu inżynierowie spróbowali zastosować dwurzędowe łożyska stożkowe typu TDO. Konstrukcję łożyska TDO przedstawiono na rysunku 11. Składa się ono z dwóch pojedynczych pierścieni wewnętrznych z elementami tocznymi i koszem, jednego podwójnego pierścienia zewnętrznego i jednego wewnętrznego pierścienia dystansowego.

Łożysko TDO wykonane jest dla zabudowy w układzie „O”, co schematycznie przedstawia rysunek 12. Pierścienie wewnętrzne łożyska są ustalone (całkowicie dociśnięte) w kierunku osiowym tak, aby przejmować obciążenie osiowe (F_{ai}) pochodzące od obciążenia promieniowego (F_r) łożyska, oraz zapewnić odpowiednią wartość luzu poosiowego przez odpowiednio doszlifowany wewnętrzny pierścień dystansowy. W tej

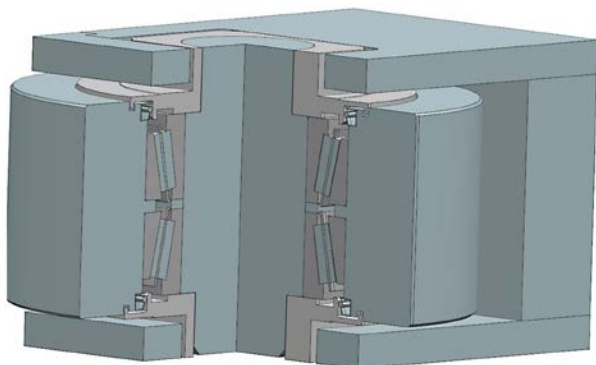
konfiguracji nie ma potrzeby blokowania pierścieni zewnętrznych, z wyjątkiem łożyska zabudowanego w pozycji ustalonej.

Układ walca pionowego z łożyskiem TDO pokazano na rysunku 13. Pierścień zewnętrzny łożyska zabudowany jest w otworze walca z pasowaniem ciasnym. Indukowane obciążenie osiowe przenoszone jest na masywniejszy pierścień zamykający i nakrętkę łożyskową. Stabilność całego układu ulega zwiększeniu z powodu zwiększonego czynnego rozstawu dwóch rzędów łożysk.

Wprawdzie nośność łożyska dwurzędowego może być mniejsza niż czterzędowego, jednak jego zastosowanie pozwala uzyskać większą rzeczywistą zdolność do przenoszenia obciążenia w porównaniu do dwóch rzędów środkowych łożyska TQO. Łożyska dwurzędowe zapewniają również inne korzyści, takie jak lepsze rozłożenie



Rys. 14 Konstrukcja łożyska 2TS-IM



Rys. 15 Walec pionowy z łożyskiem 2TS-IM

obciążenia (dwa rzędy zamiast czterech), mniejszą liczbą elementów podczas montażu oraz większą ilość miejsca na uszczelnienia i łatwiejszy demontaż. Pokrywy powinny mieć również uszczelnienia labiryntowe.

3.3. Rozwiązanie z łożyskiem 2TS-IM

Aby ułatwić właściwe wypośrodkowanie łożyska na walcu, inżynierowie wprowadzili dodatkowe odsadzenie w gnieździe walca. Łożysko TDO zostało zastąpione łożyskiem typu 2TS-IM. Konstrukcję łożyska 2TS-IM przedstawiono na rysunku 14. Składa się ono z dwóch pojedynczych pierścieni wewnętrznych z elementami tocznymi i koszem, dwóch pojedynczych pierścieni zewnętrznych i jednego wewnętrznego pierścienia dystansowego.

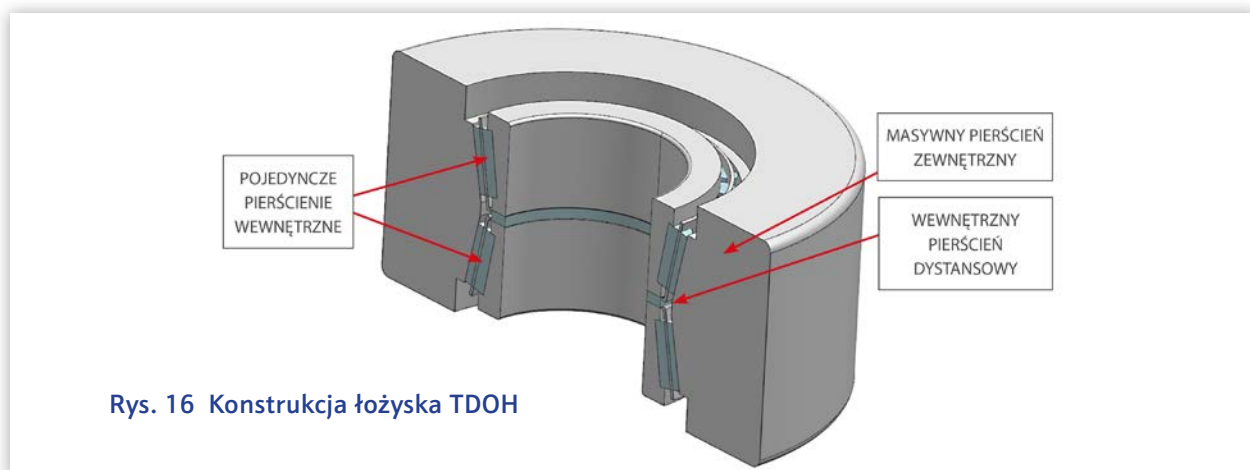
Rysunek 15 przedstawia układ wału pionowego z łożyskiem typu 2TS-IM. Pierścienie zewnętrzne łożyska zabudowane zostały w otworze walca z pasowaniem ciasnym.

W przypadku tej konstrukcji nie ma potrzeby zaciskania pierścieni zewnętrznych, ponieważ w układzie „O” nie dochodzi do indukowania obciążenia osiowego, które próbuje rozdzielić pierścienie zewnętrzne. Łożysko jest wypośrodkowane w gnieździe walca za pomocą odsadzenia, dzięki czemu można wyeliminować konieczność stosowania masywnej pokrywy zewnętrznej. W ten sposób uzyskano przestrzeń pozwalającą na zastosowanie większego łożyska. Jest to obecnie najczęściej stosowane rozwiązanie.

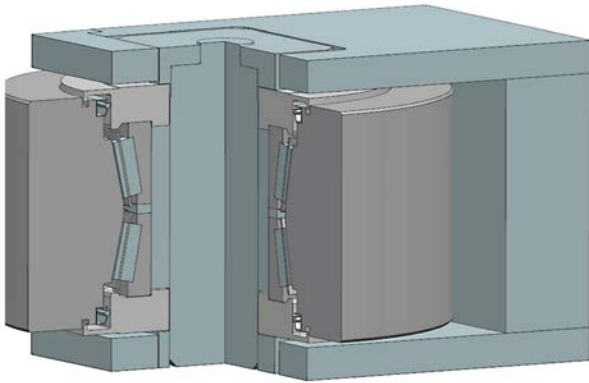
Luz osiowy łożyska jest ustalany podczas montażu, poprzez doszlifowanie pierścienia dystansowego do określonej szerokości, co pozwala uzyskać wyższą sztywność całego układu. Walec należy podgrzać, aby ułatwić montaż łożyska z bardzo ciasnym pasowaniem pierścieni zewnętrznych. Odpowiednie wartości pasowania są zamieszczone w katalogu Timken Company Engineering Manual. Przed rozpoczęciem montażu należy zmierzyć średnicę wewnętrzną i zewnętrzną łożyska, średnicę otworu walca oraz średnicę czopu wału, a następnie porównać z wartościami tolerancji podanymi na rysunkach.

4. INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE ZAPROPONOWANE PRZEZ FIRMĘ TIMKEN: ŁOŻYSKA TDOH DLA WALCÓW PIONOWYCH

Innowacyjne rozwiązanie zaproponowane przez firmę Timken do zastosowania w walcach pionowych stanowi naturalną kontynuację opisanej powyżej ewolucji rozwiązań projektowych.



Rys. 16 Konstrukcja łożyska TDOH



Rys. 17 Walec pionowy z łożyskiem TDOH

W nowa koncepcji wykorzystano zalety łożyska TDOH (łożysko stożkowe dwurzędowe z podwójnym masywnym pierścieniem zewnętrznym), w którym pierścień zewnętrzny łożyska zostaje zintegrowany z walcem.

Konstrukcję łożyska TDOH przedstawiono na rysunku 16. Składa się ono z dwóch pojedynczych pierścieni wewnętrznych z elementami tocznymi i koszem, jednego podwójnego masywnego pierścienia zewnętrznego i jednego wewnętrznego pierścienia dystansowego. Możliwe jest również zastosowanie dodatkowych pokryw.

Układ walca pionowego z łożyskiem TDOH pokazano na rysunku 17.

Zalety konstrukcji łożyska TDOH:

1. Masywny pierścień zewnętrzny pełni jednocześnie dwie funkcje – pierścienia łożyska i wału roboczego.
2. Eliminuje konieczność montażu oddzielnych pierścieni zewnętrznych w walcu i ryzyko powstania korozji ciernej na średnicy zewnętrznej łożyska.

3. Możliwe jest dzięki temu zwiększenie średnicy podziałowej łożyska w celu uzyskania wyższych nośności i większej trwałości.
4. Luz osiowy zespołu łożyska jest nastawiany fabrycznie na konkretną wartość dostosowaną do danego zastosowania.
5. Łożysko jest dostarczane w stanie wstępnie zmontowanym, co pozwala skrócić czas i zmniejszyć koszty montażu (nie ma potrzeby montowania łożyska w walcu).
6. Dostępne są również nietypowe rozwiązania w celu zaspokojenia konkretnych potrzeb – na przykład dostawa pozostałych elementów walca pionowego (czop, kołnierze, uszczelnienia i tym podobne).

5. STUDIUM PRZYPADKU – ISTNIEJĄCE ROZWIĄZANIE I OPIS PROBLEMU

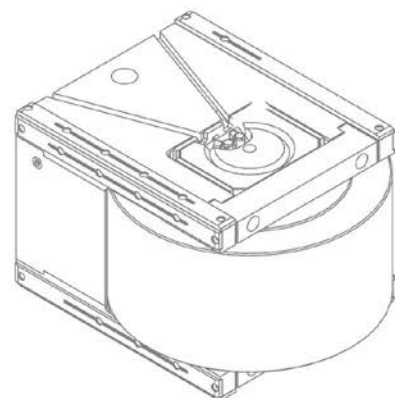
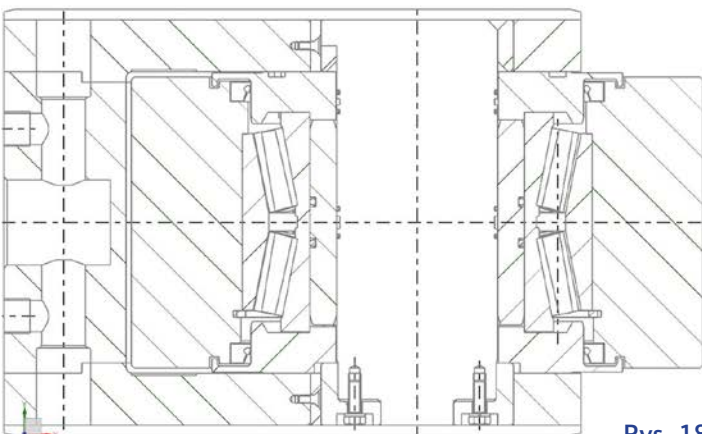
W tym przykładzie opisano zastosowanie łożyska w walcarce wyrobów długich w walcach pionowych walcarki uniwersalnej. Producent walcowni oraz użytkownik dobrali łożysko bez pomocy firmy Timken. Rysunek 18 pokazuje przekrój oraz widok walca pionowego.

Dane projektowe

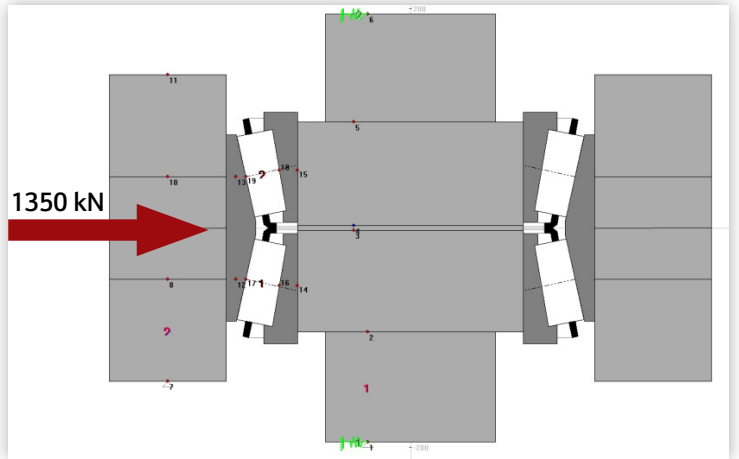
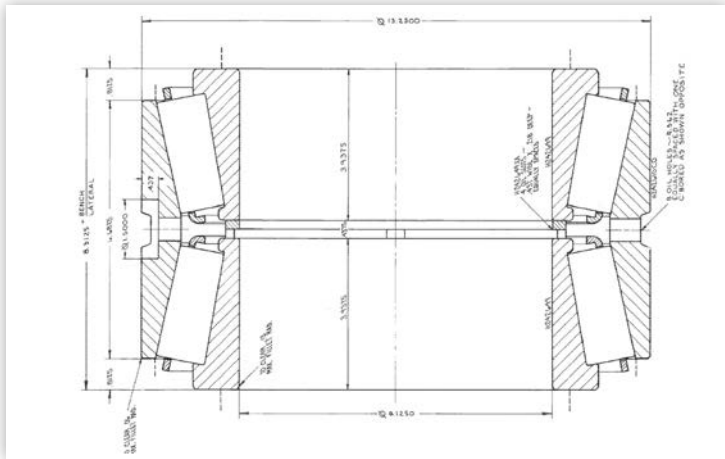
Rodzaj walcarki: walec pionowy, średnica nominalna walca: 550 mm; długość walca: 280 mm

Warunki pracy

Maksymalne obciążenie promieniowe: 1800 kN;
Maksymalna prędkość walcowania: 270 m/min



Rys. 18 Walce pionowe – przekrój i widok izometryczny



Rys. 19 Rysunek łożyska TDOCD H242649-H242610CD

Rys. 20 Komputerowy model ułożyskowania

(=maksymalna prędkość obrotowa walca: 156 obr./min)

Smarowanie: System olej-powietrze

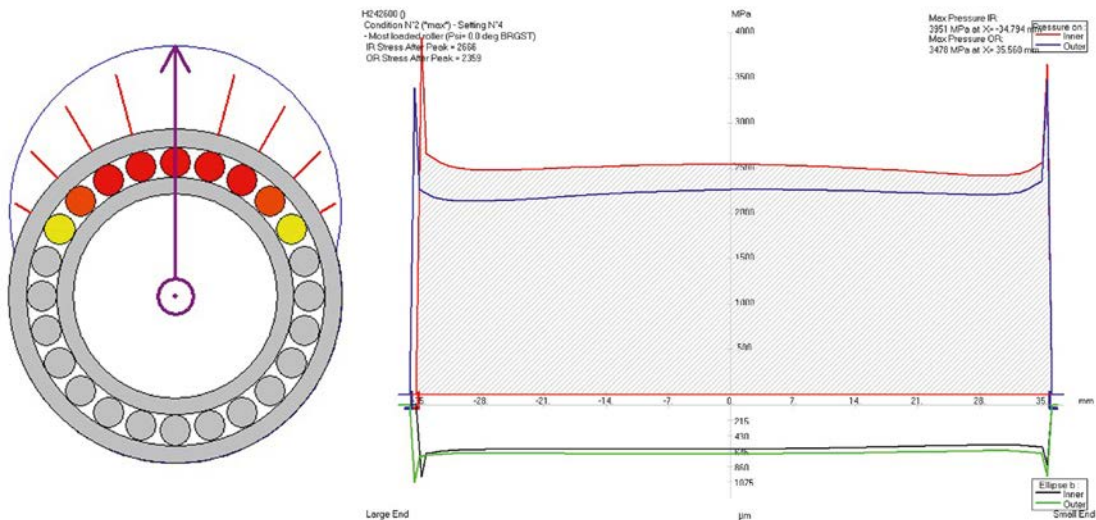
Uszczelnienie: Istniejący układ uszczelnień składa się z uszczelnienia labiryntowego i uszczelnienia promieniowego. Użytkownik zmagał się z problemem przedostawania się przez uszczelnienie do łożyska emulsji chłodzącej.

Łożysko Timken (wybór użytkownika): TDOCD H242649-H242610CD (rysunek 19)

Obudowa: 206,375 = 336,660 x 211,138 = 169,862 mm; nośność wg klasyfikacji Timken: C90(2) = 612 kN, C1(2) = 2360 kN; Luz osiowy = 0,610 mm, standardowy profil walca.

Założenia:

- Komputerowy model odpowiada poprzednio opisanym warunkom brzegowym.
- Obliczenia trwałości L10 są wykonywane w oparciu o warunki pracy przy 75% maksymalnego obciążenia i 75% maksymalnej prędkości.
- Obciążenie promieniowe: 0,75 x 1800 kN = 1350 kN na łożysko; prędkość obrotowa walca: 0,75 x 156 obr./min = 117 obr./min.
- Skorygowana trwałość zmęczenia łożyska L10a wynosi 700 godzin na rząd. Maksymalny nacisk na powierzchni elementów tocznych wynosi 3951 MPa, a maksymalny nacisk w punkcie centralnym bieżni pierścienia wewnętrznego wynosi 2547 MPa (rysunek 21).



Rys. 21 Strefa obciążenia i maksymalny nacisk w punkcie styku elementów tocznych z bieżnią w przypadku maksymalnego obciążenia walca

- Doboru łożyska dokonał użytkownik bez pomocy firmy Timken.

Opis problemu

Użytkownik zgłaszał przedwczesne uszkodzenia walców pionowych, zwykle z powodu blokowania się walca lub pęknięcia warstwy zewnętrznej (rysunek 22).

Użytkownik zwrócił się do firmy Timken o wsparcie inżynieryjne. Nie zaobserwowano innych problemów z pracą łożysk.



Rys. 22 Uszkodzenie walca pionowego

6. STUDIUM PRZYPADKU – ROZWIĄZANIE FIRMY TIMKEN Z ZAKRESU MODERNIZACJI WALCÓW PIONOWYCH

Analiza zastosowania

Analiza zabudowy łożyska wykazała, iż pierścień zewnętrzny jest zabezpieczony za pomocą sprężynującego pierścienia osadczego, co jest niedopuszczalne, a średnica podparcia pierścienia zewnętrznego łożyska była nieprawidłowa po obydwu stronach (patrz czerwone znaczniki na rysunku 18). Czynniki te mogły prowadzić do zkosowania łożyska i przeciążenia powierzchni na krawędziach walca. W celu wyeliminowania problemów z podparciem zastosowano nową konstrukcję łożyska TDOH w oparciu

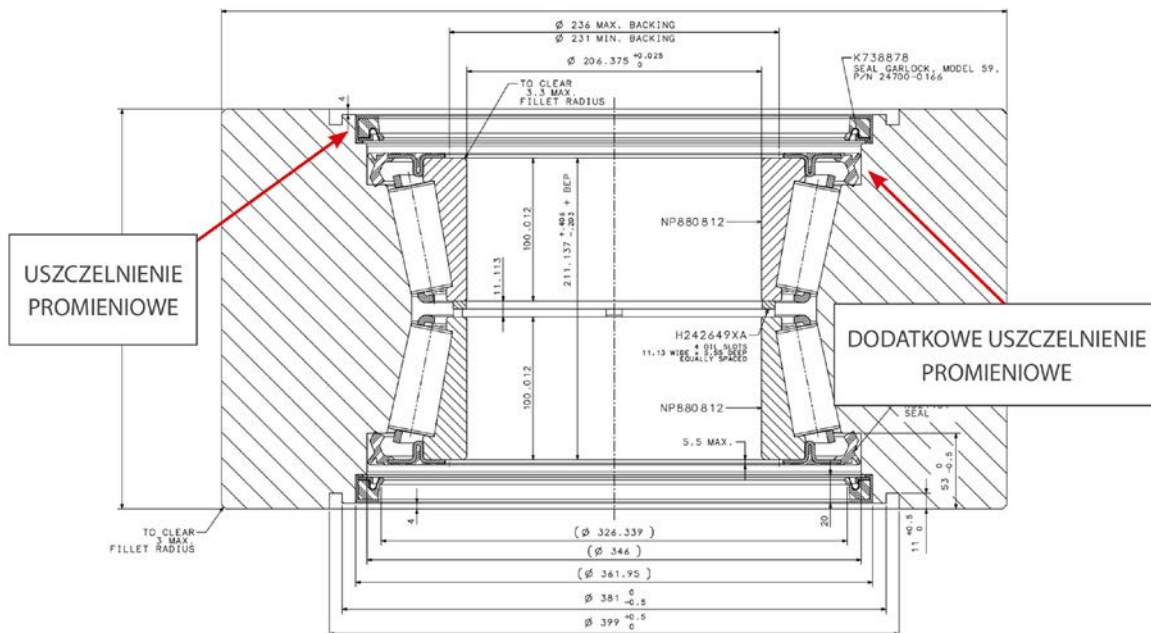
o innowacyjne rozwiązanie firmy Timken (walec zintegrowany z pierścieniem zewnętrznym łożyska, zgodnie z opisem w części 4).

Uszczelnienie

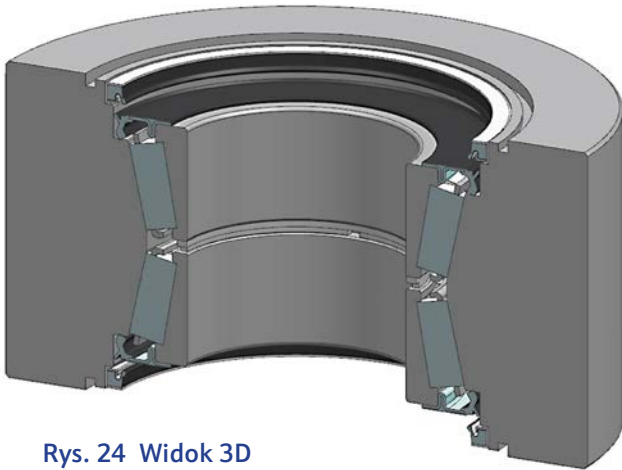
Istniejące uszczelnienie promieniowe zastąpiono ulepszonym rozwiązaniem. Dodatkowe uszczelnienie promieniowe zostało dodane do nowego łożyska.

Nowa konstrukcja łożyska TDOH

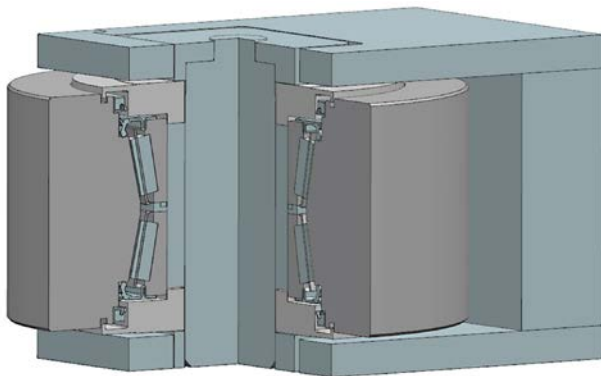
Rysunek poglądowy nowego zintegrowanego łożyska TDOH NP880812-NP862889 przedstawiono na rysunku 23. Nośność wg klasyfikacji Timken: C90(2) = 662 kN, C1(2) = 2560 kN.



Rys. 23 Rysunek łożyska TDOCD NP880812-NP862889



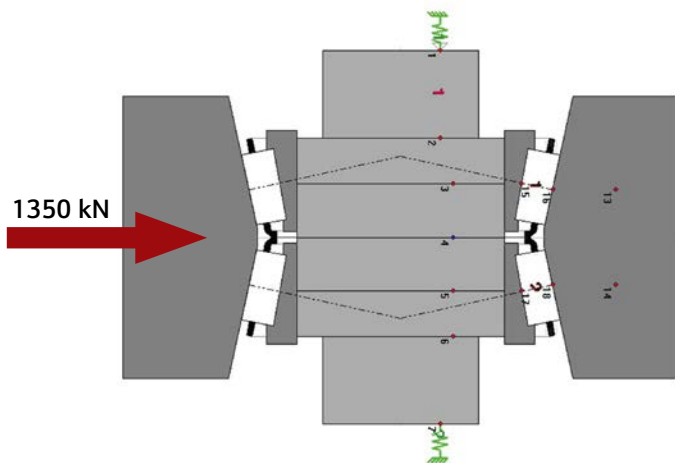
Rys. 24 Widok 3D
łożyska TDOH NP880812-NP862889



Rys. 25 Walec pionowy z nowym łożyskiem TDOH
NP880812-NP862889

Uwaga

Możliwe jest dalsze udoskonalenie rozwiązania, w którym ulegnie zwiększeniu średnica podziałowa łożyska w celu uzyskania maksymalnej nośności (zgodnie z opisem zalet konstrukcji TDOH na w części 4, punkt 3).



Rys. 26 Komputerowy model ułożyskowania

Rysunek 24 przedstawia widok 3D łożyska zintegrowanego TDOH NP880812-NP862889.

Na rysunku 25 pokazano walec pionowy z łożyskiem TDOH NP880812-NP862889.

Model komputerowy

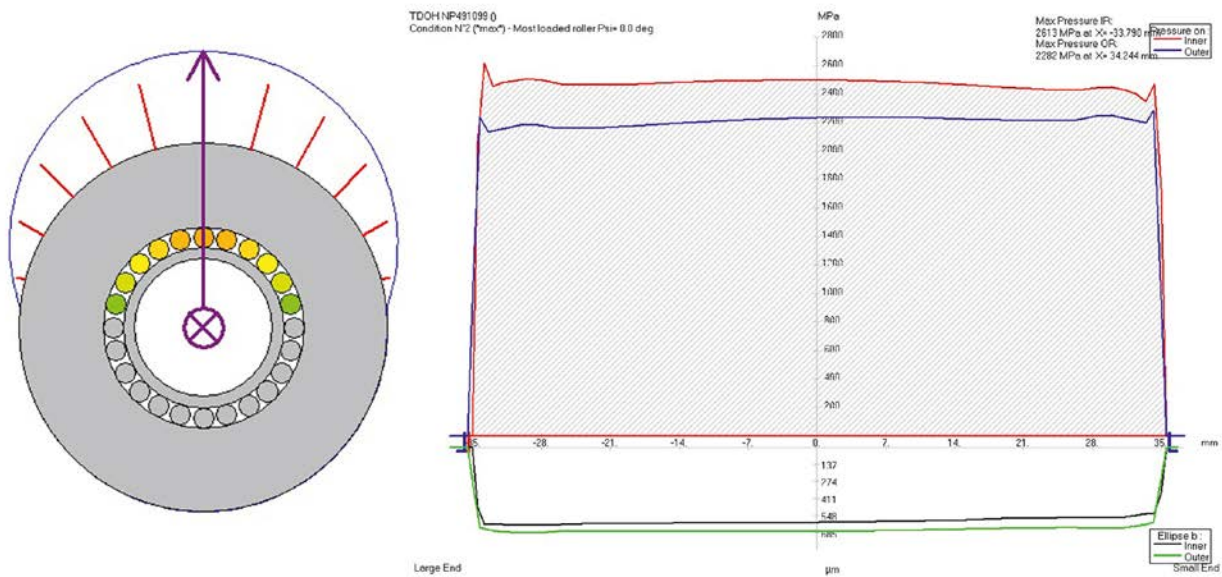
Rysunek 26 przedstawia komputerowy model ułożyskowania.

Efekty modernizacji walców pionowych

Poprawiona trwałość zmęczeniowa łożyska L10a wynosi 1900 godzin (dla 1 rzędu), co stanowi wartość większą o 63%. Maksymalny nacisk powierzchniowy uległ obniżeniu z 3951 MPa do 2613 MPa, a maksymalny nacisk w punkcie centralnym z 2547 do 2501 MPa (rysunek 27).

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Produkcja dwuteowników obejmuje szereg procesów technologicznych, w tym podgrzewanie kęsiska, walcowanie materiału do uzyskania odpowiedniego kształtu i wymiarów, cięcie w stanie plastycznym na odcinki umożliwiające dalszą obróbkę, schładzanie do temperatury otoczenia, prostowanie, cięcie na odpowiednie odcinki, inspekcję i wysyłkę.
2. Operacja walcowania z reguły odbywa się na kilku kłatkach walcowniczych. Wstępny kształt dwuteownika otrzymywany jest na klatce wstępnej (zgniataczu). Kształt końcowy uzyskiwany jest w grupie kłatek REF (wstępnej, pośredniej i wykańczającej). Każda grupa kłatek REF zawiera walce poziome i pionowe.
3. Do tej pory w walcach pionowych stosowano szereg rodzajów łożysk, od TQO, przez TDO, aż po 2TS-IM. Aktualnie najczęściej stosowane są łożyska typu 2TS-IM.



Rys. 27 Strefa obciążenia i maksymalny nacisk w punkcie styku elementów tocnych z bieżnią w przypadku maksymalnego obciążenia walca

- Innowacyjna propozycja firmy Timken dotycząca zastosowania w walcach pionowych stanowi naturalną kontynuację rozwoju myśli technicznej, zastosowano w niej łożysko TDOH (dwurzędowe łożysko stożkowe z masywnym pierścieniem zewnętrznym) z pierścieniem zintegrowanym z walcem.
- Łożysko TDOH ma kilka ważnych zalet. Umożliwia zwiększenie średnicy podziałowej łożyska w celu uzyskania wyższych wartości znamionowych i większej trwałości. Eliminuje konieczność montażu oddzielnych pierścieni zewnętrznych w gnieździe walca i ryzyko powstania korozji ciennej na średnicy pierścienia zewnętrznego. Luz osiowy zespołu łożyska jest nastawiany fabrycznie na konkretną wartość dostosowaną do danego zastosowania. Łożysko jest dostarczane w stanie wstępnie zmontowanym, co pozwala skrócić czas i zmniejszyć koszty montażu (nie ma potrzeby montowania łożyska w walcu).
- W celu zwiększenia odporności na zanieczyszczenia łożyska TDOH można wyposażyć w dodatkowe uszczelnienia, co nie jest możliwe w tradycyjnych konstrukcjach.
- Dostępne są również nietypowe rozwiązania w celu zaspokojenia konkretnych potrzeb – na przykład dostawa pozostałych elementów walca pionowego (czop, kołnierze, uszczelnienia itp.).

Sorin Tudor

Główny Inżynier ds. Zastosowań
Dział Obsługi Inżynierskiej Timken Europe

Wybrane aspekty produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC cz. 5

W programie obróbki, wykonywanym na wieloosiowej obrabiarce CNC, wyposażonej w układ sterowania Heidenhain (np. iTNC 530 lub nowszy), nachylenie płaszczyzny obróbki (czyli zdefiniowanie układu współrzędnych płaszczyzny obróbki WPL-CS) można uzyskać za pomocą omówionych w poprzednich artykułach funkcji PLANE SPATIAL, PLANE RELATIV i PLANE PROJECTED, ale i również za pomocą innych PLANE-funkcji: PLANE EULER, PLANE VECTOR, PLANE POINTS i PLANE AXIAL, jak i także poprzez zastosowanie cyklu 19 PŁASZCZYZNA ROBOCZA [1-3].

Kazimierz Czechowski

Kątami Eulera, zdefiniowanymi w XVIII wieku przez szwajcarskiego matematyka Leonharda Eulera, nazywany jest układ trzech kątów, który jednoznacznie określa wzajemną orientację dwóch kartezjańskich (prostokątnych) układów współrzędnych o jednakowej skrętności i tym samym początku (punkcie zerowym). Wychodząc od wyjściowego układu współrzędnych prostokątnych (o osiach X, Y, Z), przez złożenie trzech obrotów w kolejności wokół osi Z, X, Z – o kąty Eulera: precesji Ψ (psi), nutacji Θ (theta) i rotacji Φ (phi) – można zdefiniować inny układ współrzędnych prostokątnych dowolnie nachylony względem wyjściowego układu współrzędnych (przy czym drugi i trzeci obrót jest wykonywany wokół osi X i Z już nachylonych po wcześniejszych obrotach). Ma to przykładowo zastosowanie do opisanego orientacji ciała sztywnego



(obiektu, bryły) związanego z obracającym układem współrzędnych, względem ustalonego stałego układu współrzędnych (np. w mechanice, lotnictwie, astronomii), do opisanego orientacji kryształów (kryształitów) w materiałoznawstwie, czy też do nachylania płaszczyzny obróbki podczas sterowania procesem na obrabiarce CNC. Ponieważ można spotkać się z ogólnym nazewnictwem kątami Eulera zestawu trzech kątów, które opisują orientację ciała sztywnego w przestrzeni trójwymiarowej, to trzeba uściślić, że Euler dla opisu zmiany orientacji w przestrzeni wykorzystał dwukrotnie obrót wokół tej samej osi. Kąty Eulera uzyskiwane poprzez składanie trzech obrotów kolejno wokół osi Z-X-Z lub Z-Y-Z (a możliwe są także warianty o obrotach kolejno wokół osi: X-Y-X, X-Z-X, Y-X-Y lub Y-Z-Y) – nazywane są właściwymi lub klasycznymi kątami Eulera. Jako przynależące do grupy kątów Eulera nazywane są nierzadko również kąty Taita-Bryana wynikające ze zmiany orientacji (której opis podali Peter G. Tait i George H. Bryan) polegającej na wykorzystaniu jednorazowych obrotów wokół wszystkich osi układu współrzędnych (np. obrotów kolejno wokół osi: X-Y-Z, X-Z-Y, Y-Z-X, Y-X-Z, Z-X-Y lub Z-Y-X). Kąty Taita-Bryana nazywane są także kątami Cardana, kątami morskimi lub kątami „*Yaw, Pitch and Roll*” (czyli w tłumaczeniu niedosłownym, np. „Odchylenie, Pochylenie, Przechylenie”) [4-7].

Złożenie trzech obrotów wokół osi układu współrzędnych prostokątnych pozwala zdefiniować docelowy układ współrzędnych prostokątnych dowolnie nachylony względem wyjściowego układu współrzędnych, przy czym trzy obroty mogą być zewnętrzne tzn. wokół nieruchomych osi wyjściowego układu współrzędnych, albo wewnętrzne, tzn. wokół osi obracanego układu współrzędnych, zmieniającego po każdym elementarnym obrocie orientację względem wyjściowego układu współrzędnych. Definiując kąty Eulera za pomocą obrotów wewnętrznych, wychodząc od początkowej orientacji obracanego układu współrzędnych (np. związanego z obracającym ciałem sztywnym),

zgodnej z orientacją wyjściowego nieruchomego układu współrzędnych XYZ, otrzymujemy po kolejnych obrotach kolejne obrócone układy współrzędnych: po pierwszym obrocie $X_1Y_1Z_1$ (Rys. 1), po drugim obrocie $X_2Y_2Z_2$ (Rys. 2) i jako ostateczny układ współrzędnych po złożeniu trzech obrotów $X_3Y_3Z_3$ (Rys. 3) [4-7].

W literaturze dotyczącej różnych nauk ścisłych i technicznych, zwłaszcza przy opisach zagadnień dotyczących zmiany orientacji ciała sztywnego związanego z obracającym układem współrzędnych prostokątnych, w tym przy wykorzystaniu do tego celu kątów Eulera, można spotkać się z różnymi oznaczeniami osi układów współrzędnych prostokątnych, np. XYZ, xyz, ξηζ, a dla kolejnych orientacji układu współrzędnych nierzadko dodawane są indeksy górne w postaci znaków prim, bis (podwójny prim) i ter (potrójny prim), albo indeksy dolne w postaci liter lub cyfr. Ponieważ zgodnie z normą ISO 841:2001(E), opisującą nomenklaturę osi i ruchu dla maszyn sterowanych numerycznie, osie współrzędnych związane z ruchem narzędzia oznacza się literami (X, Y, Z itd.), a osie współrzędnych związane z ruchem przedmiotu obrabianego oznacza się również ww. literami, ale dodając indeks „prim”, to ze względu na powyższe w artykule przy omawianiu ogólnych zagadnień dotyczących obracania układów współrzędnych z wykorzystaniem kątów Eulera przyjęto notację z indeksami dolnymi w postaci cyfr dla kolejnych orientacji układu po jego obróceniu. W literaturze również można spotkać się z różnymi oznaczeniami kątów Eulera, np. α, β, γ albo ψ, θ, φ (też dużymi literami Ψ, Θ, Φ), a także w kolejności φ, θ, ψ (Φ, Θ, Ψ) lub jako φ₁, Φ, φ₂ (przy orientacji sieci kryształitu). Zapis kolejności obrotów wokół osi, np. Z-X-Z (lub 3-1-3), czasem podawany jest też z uwzględnieniem oznaczenia osi X i Z po wcześniejszych obrotach, czyli jako zapis np. Z-X'-Z''.

Przyjmując jako wyjściowy układ współrzędnych prostokątnych XYZ oraz sekwencję wewnętrznych obrotów kolejno wokół osi Z-X-Z (obroty 2-gi i 3-ci wokół osi X i Z już nachylonych po wcześniejszych obrotach układu), można za pomocą kątów Eulera

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

Wzrost liczby użytkowników i ich wykształcenie prowadzi do konieczności stosowania rozwiązań, które wykraczają poza tradycyjne metody (18).

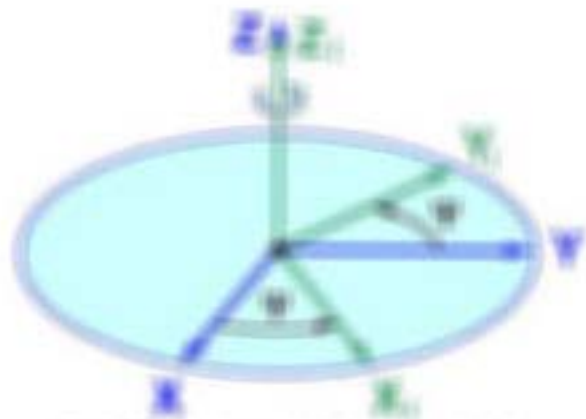


Fig. 1. Transformacja układu współrzędnych w przestrzeni 3D. Układ (X, Y, Z) jest układem początkowym, a (X_1, Y_1, Z_1) jest układem końcowym.



Fig. 2. Transformacja układu współrzędnych w przestrzeni 3D. Układ (X, Y, Z) jest układem początkowym, a (X_1, Y_1, Z_1) jest układem końcowym.

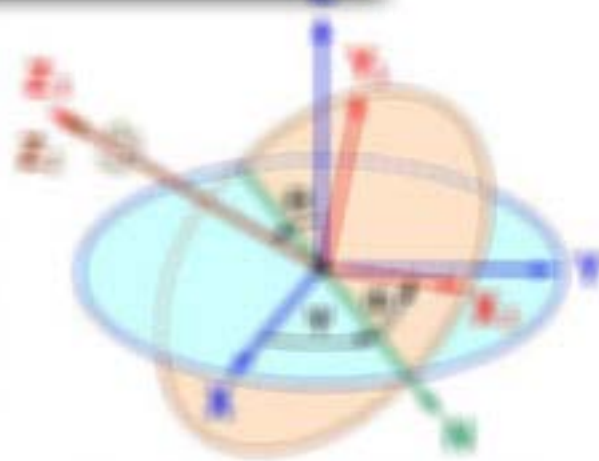


Fig. 3. Transformacja układu współrzędnych w przestrzeni 3D. Układ (X, Y, Z) jest układem początkowym, a (X_1, Y_1, Z_1) jest układem końcowym.

**Artykuł dostępny
w wydaniu płaconym**

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Nowe horyzonty w analizach dynamicznych FEA

Analiza dynamiczna w inżynierii strukturalnej odgrywa kluczową rolę w zrozumieniu zachowania się konstrukcji podczas wibracji. Zarówno historycznie, ale również aktualnie prym wiodą metody opierające się na obliczeniach w dziedzinie częstotliwości. Jest to bardzo wydajna i sprawdzona metoda, niemniej jednak, w miarę jak wymagania rynkowe i technologiczne ewoluują, coraz częściej stajemy w obliczu ograniczeń tych tradycyjnych metod, które nie zawsze odpowiadają dynamicznie zmieniającym się potrzebom przemysłu. W niniejszym artykule przyjrzymy się zarówno tradycyjnym, jak również nowym, innowacyjnym podejściom do analiz dynamicznych w metodzie elementów skończonych (MES). Skoncentrujemy się szczególnie na analizie wad oraz zalet poszczególnych rozwiązań w warunkach obliczeń dużych przemysłowych modeli.

Maciej Majerczak

Analizy częstotliwości były i pewnie przez jakiś czas jeszcze pozostaną podstawową metodą obliczeń w dynamice konstrukcji, jednak ich ograniczenia stają się coraz bardziej widoczne w obliczu rosnących wymagań przemysłu. W związku z tym coraz częściej sięgamy po nowe narzędzia, takie jak metoda harmonic balance czy analizy bezpośrednio w dziedzinie czasu. Pomimo że tego typu analizy są obciążone znaczną złożonością obliczeniową i wymagają ogromnych zasobów, to właśnie ta ścieżka rozwoju wydaje się być kluczem do dokładniejszego wirtualnego odwzorowania zachowań dynamicznych konstrukcji. Innym podejściem jest sprawdzenie możliwości wykorzystania metod takich jak substruktury

z implementacją lokalnych nieliniowości. Ta złożona, lecz obiecująca droga otwiera nowe perspektywy na przyszłość MES.

W artykule chcielibyśmy omówić wyzwania, z jakimi przemysł ma do czynienia w zakresie wibracji, oraz przedstawić aktualny stan wiedzy na temat sposobów radzenia sobie z niektórymi z tych problemów.

TESTY WIBRACYJNE

Testy wibracyjne są niezwykle istotne dla przemysłu, ponieważ pozwalają na realistyczne symulowanie warunków działania konstrukcji w środowisku podatnym na wibracje. Ich celem jest zapewnienie, że produkty są odporne na



Rys. 1 Test wibracyjny wagonu pociągu przy użyciu wzbudników hydraulicznych

tego typu wymuszenia, które mogą występować w rzeczywistych warunkach użytkowania, a także aby sprawdzić, czy spełniają określone normy bezpieczeństwa i wytrzymałości. Testy wibracyjne przeprowadzane mogą być na całych konstrukcjach lub na ich częściach, w zależności od potrzeb i celów testu. Komponenty są poddawane różnym rodzajom wibracji, które mają odzwierciedlać warunki, w jakich będą one używane. Mogą to być między innymi wymuszenia:

- **Harmoniczne** – mające charakter sinusoidalny. Tego typu testy odzwierciedlają między innymi pracę urządzeń wirnikowych, takich jak kompresory, silniki spalinowe itp.
- **Losowe** – jak nazwa wskazuje reprezentują losowy charakter obciążenia. Może to być wiatr czy fale morskie działające na konstrukcję, ale również obciążenie wynikające z transportu czy poruszania się pojazdu po drodze lub torach.
- **Impulsowe** – cechujące się stosunkowo silnymi wymuszeniami w krótkim czasie. Do takich zdarzeń można zaliczyć między innymi sytuacje, kiedy koło samochodowe wpada w dziurę w drodze lub gdy z impetem wjeżdżamy na krawężnik.

Czas trwania testów wibracyjnych może być zróżnicowany i zależy od wielu czynników, takich jak zakres badanych częstotliwości, liczba

cykli oraz wymagania normatywne/specyfikacja. Niektóre testy mogą trwać kilka godzin, podczas gdy inne mogą być przeprowadzane przez wiele dni lub nawet tygodni. Należy również zaznaczyć, że przeprowadzanie tego typu testów nie ma na celu dokładnego odtworzenia warunków, jakie produkt spotka w trakcie całego życia – byłoby to bardzo czasochłonne. Zamiast tego, stosuje się metody tzw. przyspieszenia testów, wykorzystując teorię analizy sygnałów. W skrócie, amplituda wymuszeń jest zwiększana w taki sposób, aby zachowane były warunki zmęczenia materiałów, przy jednoczesnym zachowaniu ogólnego charakteru testu. Na przykład dla komponentów samochodowych, które z założenia muszą przejechać tysiące kilometrów i przynajmniej kilka lat, niemożliwe jest skrócenie testu do kilku minut. Dzieje się tak, ponieważ wysokie amplitudy, potrzebne do takiego przyspieszenia, mogłyby wprowadzić znaczne nieliniowości, co całkowicie zmieniałoby charakter testu.

Podczas przeprowadzania testów wibracyjnych należy również uwzględnić różne założenia dotyczące środowiska testowego, takie jak temperatura czy wilgotność. Wszystkie te czynniki mają wpływ na rezultaty testów i należy je dokładnie kontrolować, aby zapewnić wiarygodność i reprezentatywność uzyskanych wyników. Dlatego finalne koszty testów wibracyjnych mogą być zróżnicowane. Oprócz wspomnianych wcześniej czynników zależą one również od wielkości i złożoności testowanego obiektu, rodzaju używanych urządzeń do generowania wibracji oraz wymaganych parametrów testowych.

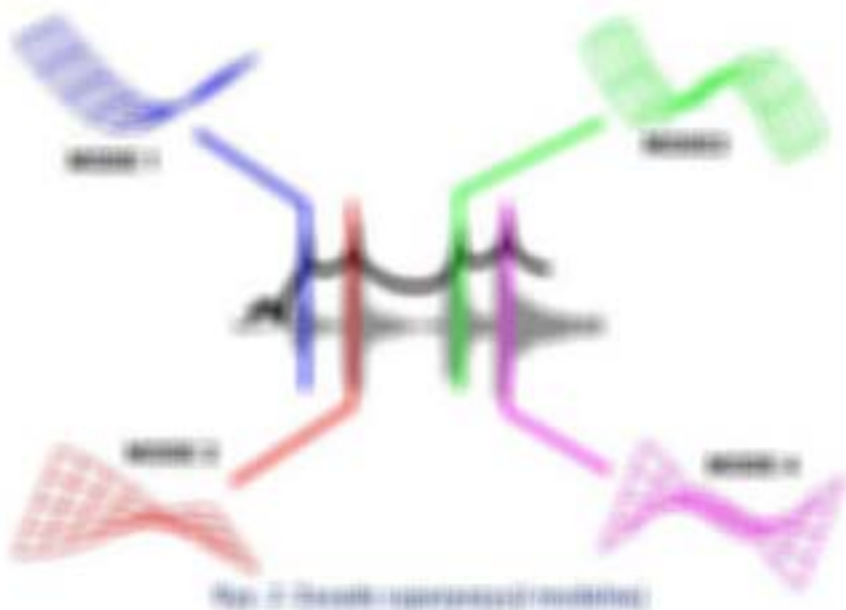
Badania wibracyjne mogą być bardzo kosztowne, przez co stanowią istotny obszar, w którym symulacje numeryczne odgrywają kluczową rolę w redukcji kosztów walidacji produktów. Coraz częściej producenci skupiają się na tym (a niejednokrotnie nawet wymagają), aby możliwie jak największa część walidacji odbywała się wyłącznie wirtualnie, zastępując tradycyjne testy laboratoryjne. W rezultacie, aby sprostać tym wymaganiom, niezbędne

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

 www.konstrukcjeinzynierskie.pl

 prenumerata@iter.com.pl



Biomimetyczne wybrzuszenia na krawędzi natarcia

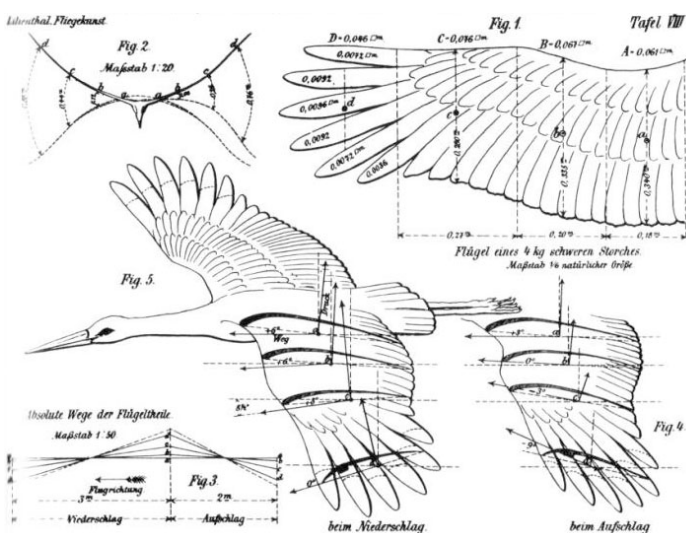
W technice biomimetyka wykorzystuje przyrodę jako źródło inspiracji, w celu zastosowania rozwiązań opartych na pewnych cechach organizmów żywych w konstrukcjach inżynierskich. Zakłada się, że wnioski wyciągnięte podczas obserwacji przyrody mogą przyczynić się do optymalizacji konstrukcyjnej istniejących rozwiązań lub też wskazać kierunek rozwoju zupełnie nowych koncepcji o atrakcyjnych właściwościach.

Jacek Zbierski

Obserwacja przyrody przyczyniła się w sposób szczególny do powstania i rozwoju takich osiągnięć techniki jak samoloty i łodzie podwodne. Od niepamiętnych czasów z obserwacji lecących ptaków rodziły się marzenia o lataniu. Dla prekursorów lotnictwa, od mitycznego Dedala, przez Leonarda da Vinci, po pionierów budowy funkcjonalnych aparatów latających – naszego rodzimego wynalazcę Jana Wnęka i znanego powszechnie Otto Lilienthala,

ptasie skrzydła stanowiły nie tylko czystą inspirację, lecz także dostarczały przesłanek technicznych, których pełniejsze zrozumienie stało się możliwe po wielu latach, wraz z rozwojem aerodynamiki. Z kolei Giovanni Alfonso Borelli, uznawany za jednego z prekursorów biomimetyki, na podstawie analizy pęcherzy pławnych u ryb sformułował koncepcję budowy łodzi podwodnej. W budowie zarówno statków powietrznych, jak i jednostek pływających, wielką rolę odgrywa dynamika płynów. Środowisko naturalne wciąż dostarcza inspiracji dla nowych rozwiązań w budowie skrzydeł i hydroplanów.

Fascynujące z punktu widzenia dynamiki płynów okazały się badania nad płetwami piersiowymi wieloryba z rodziny płetfaloowatych – długopłetwowca oceanicznego, inaczej humbaka (*megaptera novaeangliae*). Pierwszy człon nazwy łacińskiej systematycznej złożony jest z greckiego słowa *περά*, oznaczającego skrzydła, z przedrostkiem *mega*, wskazującym na ogromne rozmiary. Można powiedzieć, że intuicja nie zawiodła przyrodników, którzy nadali taką nazwę. Humbak nie jest największym z wielorybów, ale jego płetwy piersiowe są największe – ich długość



Grafika z analizą właściwości lotnych bociana z książki Lilienthala *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst* z 1889 roku

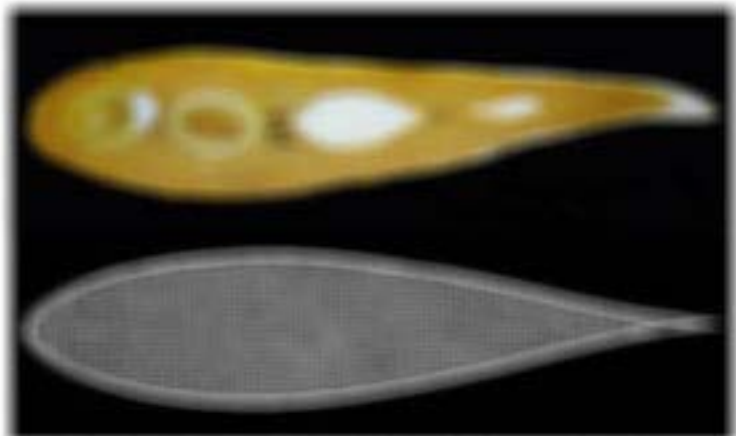


Artykuł dostępny w wydaniu płaćnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

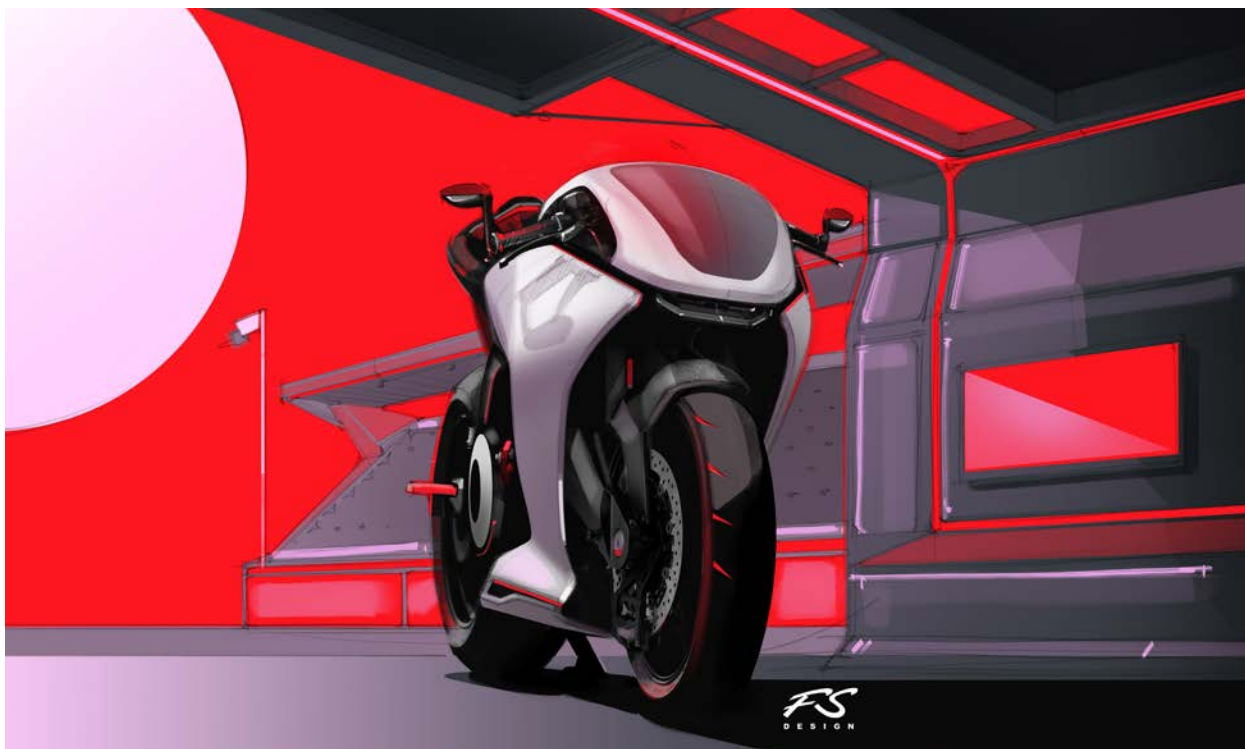
 www.konstrukcjeinzynierskie.pl

 prenumerata@iter.com.pl



Modely płaćny i płaćny, konstrukcja i płaćny
konstrukcja i płaćny

FSD 59 – motocykl Franka Stephensona



Ryszard Romanowski

Frank Stephenson to niewątpliwie jeden z najważniejszych projektantów bieżącego stulecia. Był szefem biur projektów Ferrari i McLarena. Zaprojektował wiele samochodów różnych marek, w tym słynne Maserati MC 12 i McLaren P1. Zrealizował również najtrudniejsze projekty małych samochodów, które większość stylistów uważa za największe wyzwanie. Jego dziełem jest nowe Mini i nowy Fiat 500. Pierwsze z tych aut debiutowało w 2000 roku, drugie w 2007. Jedno i drugie nie chce się zestarzeć.

O ile Mini przeszło wiele restylingów to Fiat dostąpił zaledwie kosmetycznych zmian. Pięćsetka zadziwiła wielu znawców marketingu. Po kilkunastu latach produkcji jej sprzedaż zamiast gwałtownie spadać, rosła,

podczas gdy wielu jej rówieśników już dawno zostało zastąpionych nowymi konstrukcjami, różnie przyjmowanymi przez rynek.

Stephenson jest nie tylko twórcą pięknych nadwozi. Ma ogromną intuicję techniczną. Warto

przebiegiem procesu... (faded text)

... (faded text)

**Artykuł dostępny
w wydaniu płatnym**

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

 www.konstrukcjeinzynierskie.pl

 prenumerata@iter.com.pl

... (faded text)



FS Lublin i inni – *ciekawe przypadki w produkcji polskich samochodów ciężarowych*

Dzieje przemysłu motoryzacyjnego w Polsce toczyły się często dziwnymi koleinami, obfitującymi niekiedy w różne przypadki. Mało kto wie o tym, że w Nysie, gdzie była filia FSO, oprócz Polonezów w wersji pickup (które do dzisiaj można spotkać na drogach we Włoszech), produkowany był Citroën Berlingo. Podobnie jak o tym, że w FSC w Lublinie produkowano samochód Peugeot 405, ze specjalnym zawieszeniem na polskie drogi i że francuscy technolodzy kazali wyciąć w fabryce FS starą aleję lipową, bo pylenie lip powodowało trudności w dokładnym lakierowaniu nadwozi tego samochodu, a jeszcze przedtem z przewodów wentylacyjnych wywożono taczkami ten lipowy pył. Niektóre ciekawe aspekty dotyczące produkcji samochodów ciężarowych w Polsce przedstawimy w tym artykule.

Zbigniew Mazur, Aleksander Łukomski

WNysie montaż berlingo odbywał się w hali, która kiedyś była stajnią dla austriackiej kawalerii. Podczas projektowania linii montażowej okazało się, że hala jest o 500 mm za niska i nie mieszczą się w niej zawieszki do transportu nadwozi. Podjęto więc decyzję o podwyższeniu dachu hali, co było trudnym zadaniem, gdyż dach był walcowy, ze specjalnymi ściągaczami u podstawy półwalca dachu. Projektanci poradzili sobie z tym problemem i przekładanie dachu odbyło się segmentami, a w efekcie zawieszka się zmieściła i samochody Berlingo jakiś czas produkowano. Dlaczego budowano w Nysie samochód

Berlingo? Prawdopodobnie toczyły się wówczas rozmowy na temat uruchomienia innej produkcji Citroëna w Warszawie i Berlingo miało być taką jakby forpocztą dalszych działań Citroëna w Polsce. Jednak w końcu innej produkcji Citroëna nie uruchomiono. W tzw. międzyczasie FSO zostało przejęte przez koreańskie Daewoo (które wcześniej kupiło FS Lublin) i to Koreańscy uruchamiali, a później produkowali Berlingo w zakładach w Nysie, które były filią FSO. Czy to był przypadek?

Gdy mowa o budowie linii montażowej dla Berlingo w Nysie, warto wspomnieć, że produkowane tu samochody, pod nazwą Nysa, były



Różne samochody (ale nie wszystkie) produkowane w Lublinie podczas działania fabryki przez kilkadziesiąt lat

prawdopodobnie pierwszymi samochodami tej wielkości w wersji pasażerskiej na świecie. Były eksportowane do wielu krajów świata, m.in. do Belgii i Niemiec, gdzie bardzo się spodobaly, chociaż fabryka w Nysie musiała wprowadzić pewne zmiany w tym samochodzie dla wersji eksportowej niemieckiej. Specjalnie na rynek RFN opracowano w Nysie konstrukcję samochodu skrzyniowego z krótką dwuosobową kabiną i nieco wydłużoną tylną częścią ramy, jako jedną z wersji.

Słynny i do dzisiaj produkowany samochód VW Transporter powstał nieco później niż Nysa. Prawdopodobnie na skutek sukcesu samochodu Nysa w Niemczech, którego kilkaset sztuk eksportowano do Niemiec. Okazuje się, że trafiono w Polsce w zapotrzebowanie rynku na tego typu pojazd.

Nie związany z FS ani z Nysą przypadek miał miejsce w Starachowicach, gdzie ignorancja naszych polityków doprowadziła fabrykę do upadku, choć koniunktura wydawała się wówczas znakomita. Do Sudanu trafiło z Jemenu trzysta polskich Starów 266. Ciężarówki te były idealne do zastosowań wojskowych i w Sudanie bardzo się sprawdziły. Nie zakopywały się w piasku pustyni i były stosunkowo proste w naprawie, co przy ówczesnym poziomie techniki w tym kraju miało duże znaczenie.

Wykonano w Polsce (w firmie Taskoprojekt) projekt zakładu w Chartumie na montaż 5 tys. samochodów star 266 rocznie. Dla porównania, w tamtym czasie w Starachowicach produkowano tylko 800 szt. ciężarówek rocznie. Wybrano polską centralę handlu zagranicznego, która obsługiwała tamten region świata i miała realizować projekt. Miała swoją wielką bazę w Egipcie, sprzęt, maszyny budowlane, także helikoptery itd. Wytypowano kampus pod Chartumem dla polskich pracowników na czas budowy fabryki. Rozmowy były mocno zaawansowane. Sprawa jednak upadła, bo ówczesny polski minister obrony narodowej zażyczył sobie oświadczenia od Sudańczyków, że tymi ciężarówkami nie będzie przewożone ani wojsko, ani broń. Od tego uzależnił zgodę na realizację całego projektu... Tydzień po tym żądaniu przedstawiciel ministerstwa obrony Sudanu poinformował polską stronę, że fabrykę zbuduje firma Renault. Francuzi oświadczenia nie chcieli. Tym sposobem Star popadł w kłopoty i w końcu fabryka upadła. W tzw. wolnej Polsce upadła, a wcześniej przetrwała nawet II wojnę światową, podczas której pracownicy fabryki schowali i przechowali przed niemieckim okupantem prototyp samochodu ciężarowego Star 20, którego produkcję potem uruchomiono w Starachowicach, zaraz po wojnie.

Uruchomienie produkcji samochodów Lublin wiąże się z całym szeregiem zbiegów okoliczności. Były to trudne dla polskiego przemysłu czasy. Przełom lat 80- i 90-tych ubiegłego wieku to czasy chaosu, upadku wielu fabryk, niepewności pracowników co do ich dalszej egzystencji. Podobnie sprawa wyglądała w biurze projektów Taskoprojekt w Poznaniu. Nagle zniknęli klienci na dokumentację projektową, którą wykonywały biura projektów. Nikt już nie potrzebował papierowej dokumentacji na nowe fabryki, czy choćby dotyczących jakiejś przebudowy lub dokumentacji maszyn. Jednak w tym biurze sytuacja nie była beznadziejna, gdyż po wykonaniu bardzo dużego zadania dla wschodnioniemieckiej fabryki taboru szynowego biuro otrzymało zapłatę w zachodnioniemieckich markach, mimo że kontrakt był w markach wschodnich. Z automatu wprowadzono wówczas w całych połączonych Niemczech marki zachodnioniemieckie. Z uwagi na to, ta zapłata okazała się nadspodziewanie wysoka. Była więc taka sytuacja, że zleceń nie ma, ale jest dużo pieniędzy na koncie. Kontrakt z niemiecką firmą miał jeszcze inny aspekt. Zaprojektowano w Taskoprojekcie mnóstwo przyrządów spawalniczych dla wielkoseryjnej produkcji, pod konkretną nową technologię, zaprojektowaną w Niemczech, specjalnie pod tę produkcję. Produkowane miały być wagony osobowe I i II klasy w ilości 1000 wagonów na rok. W przyrządach dla realizacji tej technologii zastosowano wysoki stopień mechanizacji i automatyzacji, nigdy dotąd nie stosowany w Polsce, ale też w świecie, w takiej produkcji. Pięćdziesięciu konstruktorów mechaników, pracowników tego biura stworzyło i posiadało nową, nie stosowaną dotąd wiedzę techniczno-konstrukcyjną, która była tworzona wspólnie z niemieckimi technologami (już wcześniej to biuro projektów było pewnym ewenementem wśród polskich firm inżynierskich, mając tak duży zespół projektantów mechaników z dużym doświadczeniem w konstrukcji różnych przyrządów, maszyn i urządzeń technologicznych).

Potem (w pewnym uproszczeniu, z pominięciem niektórych mniej istotnych faktów) nastąpił rozwój wydarzeń, który doprowadził do uruchomienia produkcji samochodu FS Lublin. Z Motoprojektu, które to biuro obsługujące przemysł motoryzacyjny było już w upadłości, uzyskano informację, że w Lublinie mają gotowy prototyp samochodu dostawczego – następcy Żuka. Dwaj pracownicy Taskoprojektu pojechali do Lublina i zapoznali się z tą nową konstrukcją samochodu, który stał na płycie montażowej na kołach, z silnikiem wysokoprężnym polskiej konstrukcji i produkcji firmy Andoria z Andrychowa. Był rok 1991, a konstrukcja tego samochodu wykonana przez Andrzeja Wiejaka była z 1978 r., czyli już mocno przestarzała. Jednak jeździły po polskich drogach furgony mercedesa np. typ 208, które miały wtedy podobne rozwiązania konstrukcyjne. Konstruktorem nadwozia był Józef Grzybowski, który narysował nadwozie ręcznie, na kalce, tylko przy pomocy krzywików. Nie było wtedy jeszcze komputerów w powszechnym użyciu, a komputeryzacja polskich firm następowała bardzo wolno. Konstruktorzy przyrządów tłocznych kopiowali na kalce z rysunków Józefa Grzybowskiego zarys elementów nadwozia. Bez komputerów i programów powstawały też odpowiedzialne elementy zawieszenia, gdzie przewidywano newralgiczne dla wytrzymałości punkty i w tych miejscach naklejało tensometry, a po obciążeniu elementu sprawdzano naprężenia. Inni producenci z naszego obszaru Europy nie projektowali odpowiedzialnych elementów w taki sposób, na tamte czasy nowoczesny.

W wyniku tej wizyty w Lublinie, przygotowano i złożono ofertę na zbudowanie przyrządów spawalniczych do seryjnej produkcji tego samochodu z odpowiednim stopniem mechanizacji i automatyzacji, na bazie wcześniejszych doświadczeń projektantów Taskoprojektu i dotychczasowej wiedzy pracowników FS Lublin. Jednak okazało się, że problemem jest finansowanie przez fabrykę samochodów zakupu tego oprzyrządowania. Nie



powyżej: Fragment przyrządu głównego samochodu Lublin w stanie zamkniętym

obok: Fragment przyrządu głównego (konduktora) dla samochodu FS Lublin



znacznie większe niż wynikałoby to z formatu A0. Trzeba było nauczyć się nazw słupków i krzywokreślnych nadwozia oraz umieć je wrysować na rysunku przyrządu z uwzględnieniem dojścia do zgrzewanych elementów zgrzewadłami. Kształt zgrzewadeł ustalano wykonując modele z miękkiego drutu zbrojowego, a następnie na ich podstawie wykonywano dokumentację zgrzewadła dla fabryki dostarczającej zgrzewarki.

Przyrządy były jak na owe czasy bardzo nowoczesne. Napędy zespołów odchylanych – pneumatyczne. Tak samo dociski w poszczególnych przyrządach też pneumatyczne. Sterowanie pneumatyczno-elektryczne. Wszystkie elementy były produkcji polskiej, za wyjątkiem niektórych katalogowych docisków w przyrządach, które dostarczyła amerykańska firma DESTACO.

mieli pieniędzy. Pieniądze były jednak w Tasko-projekcie, który sfinansował najpierw dokumentację przyrządów, a później ich wykonanie. Było ich dużo, bo trzy wielostanowiskowe linie technologiczne: wersja skrzyniowa, mały furgon (2,9 tony) i duży furgon (3,5 tony). Konstruktorzy przyrządów musieli opanować dodatkową wiedzę na temat wykonywania dokumentacji w przemyśle motoryzacyjnym. Tworzyło się ją w siatce 100 mm, wyrysowanej wtedy jeszcze bez udziału komputerów, na każdym rysunku. Oś zero wa układu współrzędnych zawsze przebiega przez oś przedniego koła samochodu. Rysunki często były

no projektowej poszczególnych wydziałów, a więc spawalni i montażu głównego samochodu, wykonywali pracownicy fabryki. Technologię operacyjną



Przyrząd do zgrzewania części ściany bocznej FS Lublin

wykonali technolodzy w Lublinie, w ramach obowiązków pracowniczych. Lakiernia akurat była w dobrym stanie i miała elektroforezę, a więc była w obowiązującym standardzie światowym

lakierowania. Wydział lakierni też był wyposażony przez polskie firmy. Przyrządy do obróbki plastycznej blach karoseryjnych wykonano wg polskiej technologii w Kielcach, w Fabryce Wyrobów Metalowych SHL.

Fabryka w Lublinie produkowała do tego samochodu mnóstwo zespołów i części, jak np. elementy karoserii, zawieszenie, hamulce, koła, osprzęt elektryczny i wiele innych. Niektóre zespoły były produkowane przez inne polskie zakłady, jak chłodnice, lampy, siedzenia czy zespół wydechowy. To było też ogromne przedsięwzięcie, wymagające zaangażowania wielu pracowników i zakładowej narzędziowni. Na osobne wyróżnienie zasługuje dostawa 500 szt. zgrzewarek punktowych obsługiwanych ręcznie przez spawaczy, potrzebnych do zgrzewania nadwozi, zaprojektowanych i wykonanych przez polską fabrykę ASPA we Wrocławiu, nie gorszych niż zgrzewarki zachodnie. Zaprojektowany technologicznie rytm fabryki i zastosowany stopień mechanizacji i automatyzacji umożliwił wykonanie 60 tys. szt. samochodów rocznie, czego nie udało się osiągnąć przy produkcji Żuka, którego największa produkcja roczna nie przekroczyła 32 tys. szt.

Gdy ruszył projekt uruchomienia tej produkcji, ujawniło się kilka wiodących postaci, zarówno z fabryki w Lublinie, jak i w firmach



FS Lublin – linia montażu, wersja skrzyniowa



FS Lublin – linia montażu, wersja furgon



Linia montażowa Berlingo w Nysie na zawieszkach



Linia montażowa Berlingo w Nysie z przenośnikiem płytowym

współpracujących – pasjonatów i wizjonerów, bez których realizacji tego projektu albo by się nie podjęto, albo by ugrzązł w trakcie i nigdy by go nie ukończono. Wielu pracowników Taskoprojektu spędziło, z przerwami, nawet dwa lata w Lublinie na dopracowywaniu technologii spawania i optymalizacji procesu.

Ciekawostką jest fakt, że za przyrządy spawalnicze fabryka zapłaciła Taskoprojektowi częściowo produkowanymi już samochodami, kilkudziesięcioma, które w pewnym momencie stały w większej ilości na trawniku przed biurowcem firmy. Wszystkie bez problemu zostały potem sprzedane. Lubliny kosztowały wtedy ok. 40 tys. zł, a podobnej budowy mercedesy kosztowały od 80 tys. wzwyż. Konstruktorzy i inni pracownicy Taskoprojektu jeździli do Lublina pociągiem, a z Lublina wracali do poznańskiej firmy samochodami przeznaczonymi do sprzedaży. Przeważnie po kilka sztuk za jedną eskapadą.

Oceniając to wydarzenie, trzeba uwzględnić sytuację, jaka wtedy panowała w krajowym przemyśle – znacznego chaosu, spowodowanego zmianami systemu polityczno-gospodarczego, a także pewne zbiegi okoliczności i determinację kilku, czy kilkunastu osób. Ważnym aspektem było to, że w Polsce wcześniej produkowano wiele zespołów i maszyn o przynajmniej średniej jakości, które można było wykorzystać w tym projekcie. Było to wielkie przedsięwzięcie w historii polskiego

przemysłu, a zwłaszcza motoryzacyjnego: samochód polskiej konstrukcji z silnikiem wysokoprężnym również polskiej konstrukcji, produkowany wg oryginalnej polskiej technologii, na polskich przyrządach tłocznych i spawalniczych, malowany w lakierni polskiej produkcji, w oryginalnej polskiej technologii. Żadnych licencji, żadnej pomocy zagranicznych firm. I co ważne sfinansowany przez polski kapitał. Sukces ten odnotowano też w niektórych krajach europejskich i na świecie, np. w Korei, skąd dzięki temu wprowadzono do Polski Deawoo.

Powstało w Polsce wiele prototypów furgonu i małej ciężarówki. Były próby budowy takich samochodów już przed II wojną, a także wiele prób po wojnie. Związane to było z zapotrzebowaniem na taki samochód, wynikające z tamtego systemu handlu i produkcji. Z tej dużej liczby prototypów pojawiło się kilka, które przez jakiś czas z powodzeniem były produkowane.

Mikrobusem Lublin pojechało do Francji, do firmy Peugeot kilku pracowników FS i konstruktorzy z Taskoprojekt, gdyż firma Peugeot planowała uruchomić produkcję modelu 405 w Lublinie, uznając że fabryka po uruchomieniu produkcji Lublina, poradzi sobie z nową produkcją modelu 405. Ekipa ta miała zapoznać się z modelem samochodu 405 i standardem produkcji. Mikrobus z Lublina wzbudził dużą sensację na parkingu fabryki Peugeot. Delegacja francuska zapoznała



Przyrząd do zgrzewania podłogi samochodu Peugeot 309 w trakcie budowy



Przyrząd główny montażu spawalniczego nadwozia Peugeot 309 dla fabryki w Indiach, z napędem i sterowaniem pneumatycznym. Napęd zespołów ruchomych i sterowanie pneumatyczne na układach aparatury pneumatycznej w układzie logicznym (bez sterowania elektrycznego)

się z produkcją Lublina i w efekcie zleciła wykonanie oprzyrządowania spawalniczego do produkcji modelu 405 do Taskoprojektu. Produkcja Peugeot 405 została uruchomiona w Lublinie, a z Taskoprojektem fabryka Peugeot realizowała kilka następnych dużych kontraktów, np. wyposażenie spawalni fabryki samochodów Peugeot (dla modelu 309) w Indiach w ogromną liczbę przyrządów spawalniczych, które leciały do Indii samolotami cargo, a największe przyrządy płynęły specjalnie przesyłanym statkiem.

Dodatkowo za sukces dla fabryki w Lublinie można uznać produkcję nowocześniejszego samochodu, z wykorzystaniem wyposażenia technologicznego na znacznie wyższym poziomie techniki, niż stosowany dotąd. Dla Taskoprojektu sukcesem było podjęcie produkcji oprzyrządowania dla przemysłu motoryzacyjnego, co przełożyło się na zmianę profilu produkcji. Z typowego biura projektów przemianowano je w nowoczesną firmę inżynierską, dostarczającą dla fabryk motoryzacyjnych na całym świecie skomplikowane zrobotyzowane stanowiska, gniazda technologiczne czy linie produkcyjne. Był to jeden z nielicznych w Polsce udanych eksperymentów transformacji gospodarczej, na tle innych biur projektów, które w zdecydowanej większości w tamtym czasie upadły.

Szkoda tylko, że te wielkie doświadczenia i sukcesy w polskim przemyśle motoryzacyjnym zostały zaprzepaszczone. I choć w Polsce jest obecnie dużo fabryk światowych producentów części i zespołów dla motoryzacji i produkuje się dużo elementów samochodów, nie ma już produkcji kompletnego samochodu polskiego, ani osobowego, ani ciężarowego pod polską marką.

Autorzy tego tekstu byli nie tylko uczestnikami opisanych wydarzeń, ale także znaczącymi kreatorami tamtych sytuacji, stąd ich osobista duża wiedza o tych wydarzeniach.

Zbigniew Mazur
Aleksander Łukomski

Troszczymy się bardzo

Znając tzw. kondycję duchową, społeczną i psychiczną współczesnego człowieka, każdy, nawet nie specjalnie uważny obserwator dostrzeże to, że ludzie są strasznymi egoistami. I że z każdą dekadą ten stan się pogłębia. Coraz więcej w społeczeństwie samolubów, coraz bardziej samolubnych, interesowność wszędzie, korzyść najważniejszą wartością...

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 urzędzeń)

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

Prenumeratę można rozpocząć od dowolnego miesiąca w roku.

Prenumerata obejmuje 6 kolejnych wydań w wersji elektronicznej.

POJEDYNCZE WYDANIE

Koszt pojedynczego e-wydania (od 2023 r.): 20,25 zł

WYDANIA ARCHIWALNE

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

Pojedyncze wydania archiwalne z lat 2009-2020 dostępne są w cenie:

17,50 zł – wersja papierowa

12,50 zł – wersja elektroniczna

Pojedyncze e-wydania archiwalne z lat 2020-2022 dostępne są w cenie: 17,50 zł

Przy zamówieniach większej liczby egzemplarzy oferujemy korzystne upusty cenowe.

DANE DO ZAMÓWIENIA

Wpłaty prosimy dokonywać na konto wydawcy:

ITER, Rondo Daszyńskiego 1 | 00-843 Warszawa

mBank SA, nr konta: 10 1140 2017 0000 4102 0885 4194

W tytule przelewu prosimy podać szczegóły zamówienia (np. rodzaj prenumeraty, numer i rok zamawianego wydania).

Prosimy także o podanie dokładnych danych adresowych i adresu email.

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).