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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

9/10 (192/193) wrzesień/październik 2023

- Probabilistyczne i stochastyczne metody analizy niezawodności
- Samoloty w układzie latającego skrzydła
- Produktywne skrawanie na wieloosiowych obrabiarkach CNC

MASZYNY DLA PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO

wymagania
projektowanie
przepisy

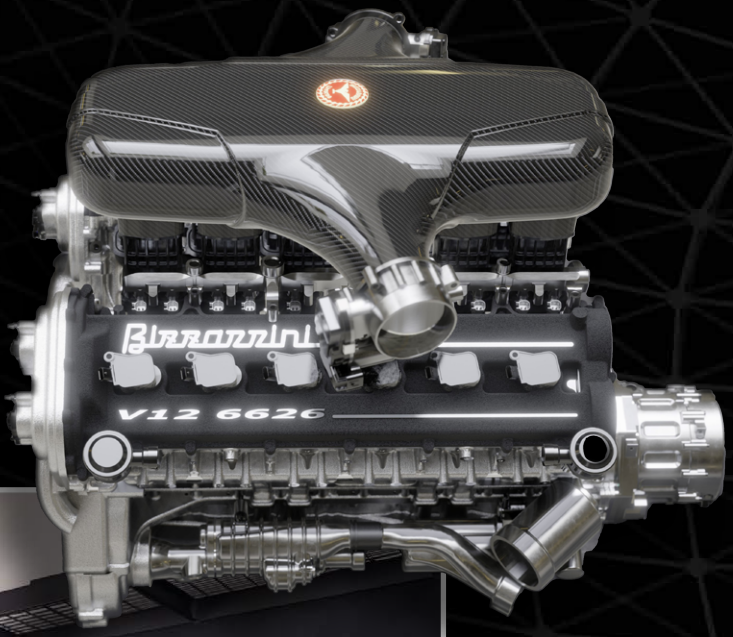
COBOTY w druku 3D

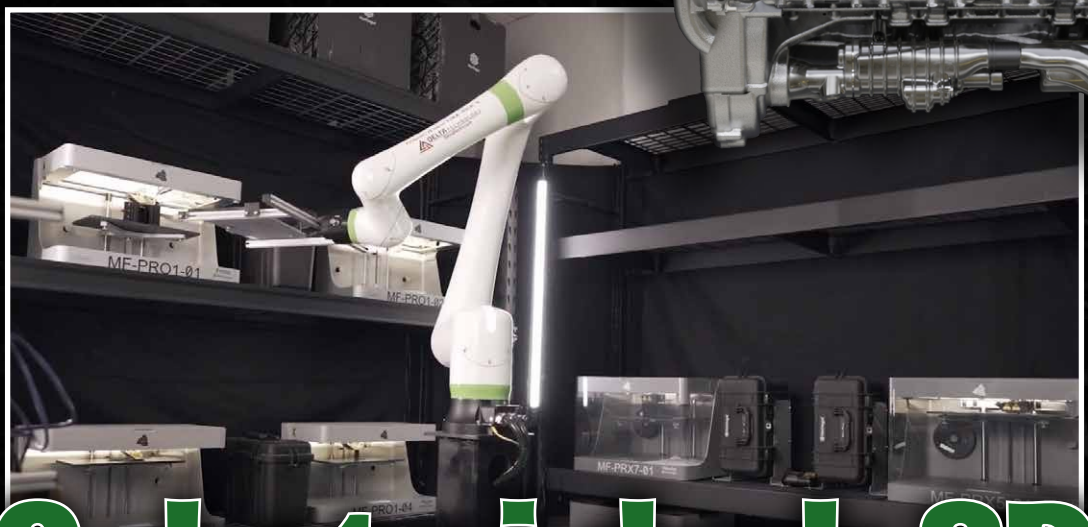
Sprzęgła do obrabiarek

W tym wydaniu:

Bizzarini Giotto

Silnik V12 modelu Giotto powstaje we współpracy z firmą Cosworth. Pojemność silnika 6626 cm^3 to data urodzin Bizzarriniego: 6 czerwca 1926 r.

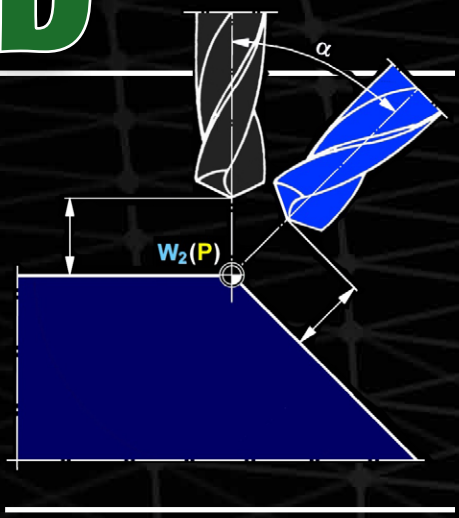




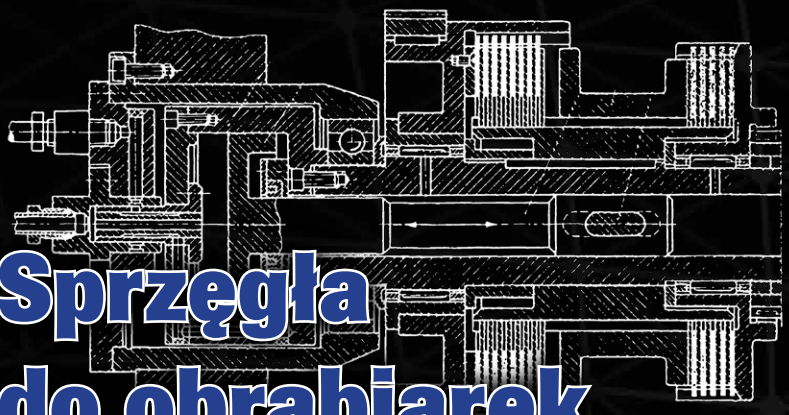
Coboty i druk 3D

Roboty współpracujące przyczyniają się do wytyczenia ścieżki zintegrowanego rozwoju nowego typu wytwórczości w oparciu o technologie przyrostowe i daleko idącą automatyzację.

Wybrane aspekty produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC



W każdym z wariantów przyjmowania różnych wartości DIST przy stosowaniu automatycznego wykonania PLANE-funkcji z opcją MOVE, jak również przy stosowaniu pozostałych opcji: TURN i STAY, niezbędne jest zwrócenie szczególnej uwagi na możliwość wystąpienia kolizji narzędzia z przedmiotem obrabianym i elementami oprzyrządowania obróbkowego.



Sprzęgła do obrabiarek

W zależności od konstrukcji sprzęgła podatnego może mieć ono różną charakterystykę, np. o stałym współczynniku sprężystości lub progresywną, o rosnącym współczynniku sprężystości. Dobór odpowiedniej charakterystyki sprzęgieł do projektowanego napędu obrabiarki jest ważny, gdyż łagodzą one nagłe obciążenie kół zębatych skrzynki przekładniowej podczas rozruchu.

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 9/10 (192/193)
wrzesień/październik 2023

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

adres do korespondencji
ul. Marszałkowska 111
00-102 Warszawa

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

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

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

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

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

ITER © 2023

Drodzy Czytelnicy,

Jak powiedział niedawno dyrektor powołanego przez rząd badawczego Instytutu Pokolenia – *Nigdy w historii badań nie było tak, żeby młodzi ludzie czuli się bardziej samotni niż ich rodzice czy dziadkowie*. Jak pokazują różne badania dzisiaj tak jest. Nie tylko w Polsce. Coś, co dokuczało zwykle ludziom w podeszłym wieku, teraz rozciąga się na całe społeczeństwa w tzw. nowoczesnym świecie: w Wielkiej Brytanii powołano departament do spraw walki z samotnością, Japonia powołała Ministerstwo Samotności, w Niemczech, według oficjalnych czynników, panuje pandemia samotności...

A przecież w żadnych czasach nie robiono tyle ile dziś dla integrowania ludzi, socjalizowania, organizowania i bratania wszystkich ze wszystkimi, dogadzania na przeróżne sposoby i zaspokajania ich najwymyślniejszych zachcianek: nieograniczone wręcz możliwości komunikowania się, niezliczona ilość miejsc, w których można się spotykać z innymi, centra rozrywki na każdym większym osiedlu, zaopatrzenie wszędzie i we wszystko, łatwe podróżowanie do wszystkich zakątków świata, każdy ma telefon, komputer, kino i komunikator internetowy przy sobie...

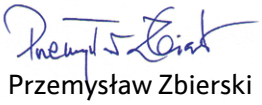
Jeszcze kilka lat temu wmawiano nam, że to nieznajomość najnowszych technologii jest powodem wyobcowania starszych ludzi, a teraz najbardziej wyobcowani – jak się okazuje – są ci, którzy najbieglej i najczęściej korzystają z tych cudów techniki.

Więc ta pandemia samotności to nie żaden niepodziewany kryzys nowoczesnych liberalnych społeczeństw, ale rezultat świadomie podejmowanych przez rozmaite ośrodki decyzyjne działań, promujących coraz bardziej nieludzką nowoczesność, zwalczających normalność, tradycyjne obyczaje i wypływającą z wiary miłość bliźniego.

Wystarczy rzut oka na najpopularniejsze serwisy internetowe, aby zobaczyć jakie „wartości" są w cenie u kreatorów dzisiejszych postaw: próżność, bezwstyd, chciwość, egoizm itp. Do tego dochodzi planowe atomizowanie społeczności, szczucie na innych, tworzenie konfliktów, np. międzypokoleniowych, i podobne zabiegi. Nic dziwnego, że wielu w takim świecie czuje się wyobcowanych.

Przy czym różne grupy, społeczne i zawodowe, próbują przy tej okazji coś ugrać dla siebie. Terapeuci – a to od leczenia uzależnień behawioralnych, a to od farmakoterapii, którzy chcą teraz samotność leczyć tabletkami, specjaliści od rozwoju osobistego, czy technik motywacyjnych, czy też inni, zawodowo troszczący się o dobrostan wszystkich i wszystkiego.

A wystarczy tylko zwrócić się ku normalności, moralności, ku zasadom, które od wieków kształtowały społeczeństwa. Bezwzględnie wszyscy tego potrzebujemy.



Przemysław Zbierski

Spis treści

Nr 9/10 (192/193)
WRZESIEŃ/PAŹDZIERNIK 2023

Tanie otrzymywanie litu 6

Albacopter 6

Druk nanometrycznych struktur metalowych 7

Autonomiczny dron zwycięzcą wyścigu 8

Skaczące mikroroboty z napędem spalinowym 10

Darmowy wodór z plastikowych odpadów 11

Tanie odzyskiwanie metali z akumulatorów 12

Robot Tetraflex 12

Bizzarrini Giotto 14
Ryszard Romanowski

Wybrane aspekty produktywnego skrawania
na wieloosiowych obrabiarkach CNC; cz. 4 20
Kazimierz Czechowski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Maszyny dla przetwórstwa spożywczego:
projektowanie, wymagania, przepisy 24
Aleksander Łukomski

Łożyska z wypełnieniem Solid Lube zwiększają bezpieczeństwo, wydłużają czas pracy
i zmniejszają koszty eksploatacji w zakładach przetwórstwa spożywczego 30
Sébastien Lukat, Steve Boyd

Sprężyny faliste vs. sprężyny śrubowe 35

Coboty i druk 3D 38
Jacek Zbierski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Automatyzacja procesów pomiarowych z ENKi System 40

NGAA Catalina II, czyli legenda powraca 44
Ryszard Romanowski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Probabilistyczne i stochastyczne metody analizy niezawodności 46
ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Sprzęgła do obrabiarek 48
Aleksander Łukomski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Latające skrzydła oraz konstrukcje do nich zbliżone
– rozwiązania techniczne i wybrane patenty; cz. 1 52
Jakub Marszałkiewicz

Festiwale, festiwale 62
Tomasz Gerard ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Płaskowniki i pręty firmy Meusburger

Różnorodność w parze z dostępnością

Państwa korzyści:

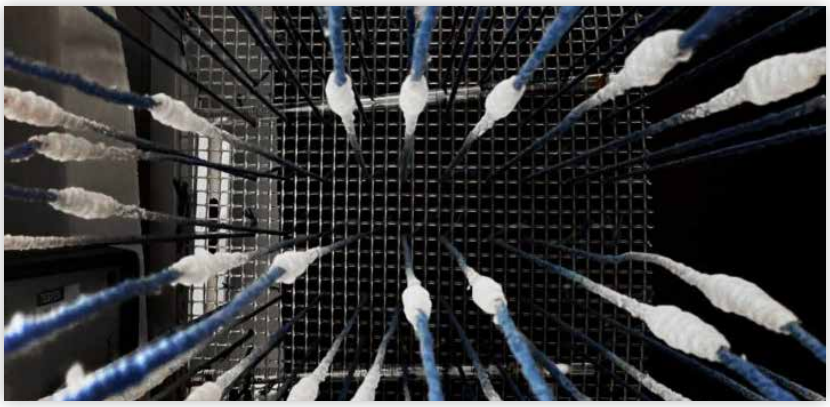
- Szeroki wybór różnych wymiarów i rodzajów materiałów
- Odprężona cieplnie stal najwyższej jakości
- Najkrótszy czas dostawy dzięki największym zapasom magazynowym

Asortyment znaleźć można na stronie:
www.meusburger.com/meusburger-plaskowniki

meusburger

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

Tanie otrzymywanie litu



Globalne zapotrzebowanie na lit ciągle rośnie. Pierwiastek występuje dosyć powszechnie, jednak miejsc, w których jego wydobycie jest opłacalne ekonomicznie jest stosunkowo niewiele. Naukowcy z uniwersytetu Princeton opracowali niezwykle prostą i tanią metodę pozyskiwania litu z solanki.

– Wykorzystaliśmy proste procesy parowania oraz zjawiska kapilarne bez stosowania jakichkolwiek środków chemicznych – wyjaśnił prof. Zhyiong Jason Ren.

Sposób polega na sporządzeniu porowatych splotów włókien z celulozy, uplecionych tak, aby ich rdzeń był hydrofilowy, zaś zewnętrzna część hydrofobowa. Zanurzenie ich w solance rozpoczyna procesy kapilarne. Podobnie jak w korzeniach drzewa woda przemieszcza się ku górze. Na zewnątrz odparowuje sód i lit. Co ciekawe, samoistnie się separują, ze względu na zróżnicowaną rozpuszczalność. Sód osiada w dolnej części uplecionego sznura, a lit w górnej. Pod wpływem czasu w dolnej części powstają kryształy soli, a w górnej litu. Metoda jest prosta i tania.

Dotychczas lit z solanki pozyskiwano również poprzez odparowanie. Jedyna w USA tego typu instalacja w Nevadzie zajmuje powierzchnię ponad siedmiu mil kwadratowych. Tymczasem stosując sznurki można pozyskiwać lit tanio i na miejscu, bez konieczności budowy ogromnych basenów – ostojników i dużego zużycia energii.

princeton.edu

Albacopter

Podczas wrześniowych targów mobilności IAA w Monachium Instytut Fraunhofera przedstawił swoją koncepcję poruszającego się autonomicznie bezzałogowca.

Przeanalizowano wady budowanych obecnie wielowirnikowców.

Głównym mankamentem jest ograniczony zasięg, związany z niską gęstością energii i wydajnością stosowanych w nich akumulatorów. Postanowiono zapewnić konstrukcji zdolność do szybowania, jednocześnie biorąc pod uwagę trudności, jakie sprawia start i lądowanie w gęsto zabudowanych i zadrzewionych obszarach miejskich.

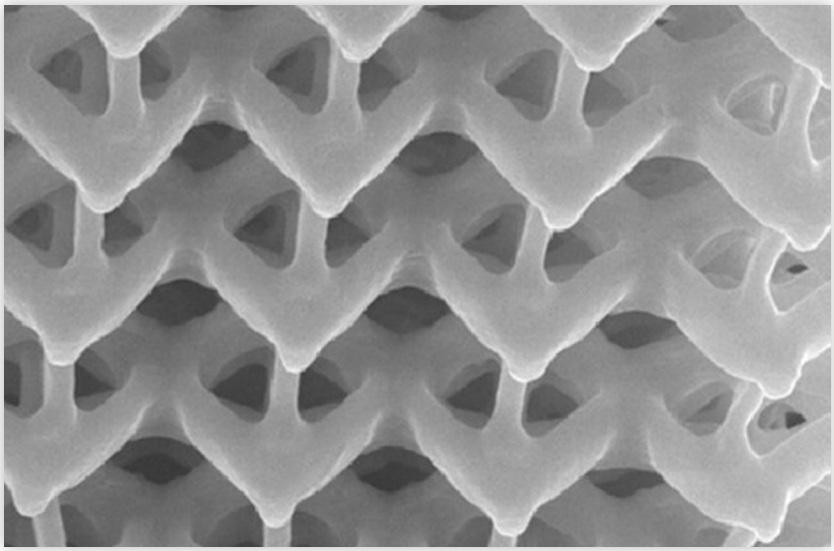
Zaprezentowany Albacopter ma skrzydła o rozpiętości 7 m i ładowność 25 kg. W przeciwieństwie do powszechnie stosowanych w wielowirnikowcach silników, bezpośrednio napędzających śmigła, Fraunhofer zastosował wysokoobrotowe silniki synchroniczne, przenoszące napęd poprzez wielostopniowe przekładnie. Zasilające je baterie odporne są na zużycie podczas dużej ilości cykli ładowań.

Zasadniczą częścią kadłuba jest rama przestrzenna wykonana z tworzywa termoplastycznego wzmocnionego włóknami. Nad stabilnością lotu czuwa system wieloczujnikowy i ciągły monitoring. Lot jest stabilny nawet w chwili gwałtownego przejścia z szybowania na napęd.

fraunhofer.de

Druk nanometrycznych struktur metalowych

W laboratorium prof. Julii R. Greer na uniwersytecie Caltech (California Institute of Technology) pod koniec ubiegłego roku rozpoczęto prace nad sposobem druku metalowych elementów o grubości 3 do 4 kartek papieru. Szybko osiągnięto zamierzony cel i rozpoczęto prace nad drukiem elementów tysiąc razy mniejszych (ok. 150 nanometrów), porównywalnych wielkością do wirusa grypy. W uzyskanych obiektach wykonanych z metalu wystąpił nieuporządkowany układ atomów. Wszystko wskazywało na to, że obiekty będą bardzo złej jakości. Tymczasem okazało się, że w przypadku nanometrycznych struktur metalowych defekty i pory wzmacniają wydruk.



Naukowcy w pierwszej fazie eksperymentu sporządzili światłoczułą mieszaninę wodną z hydrożelem. Następnie utwardzili ją laserem. W efekcie powstało trójwymiarowe rusztowanie o strukturze oczekiwanych detali. Kolejnym etapem procesu była infuzja jonami niklu, a następnie wypalanie hydrożelu, połączone ze znacznym skurczeniem rozmiarów detali. Na koniec z tak otrzymanych tlenków metalu chemicznie usunięto atomy tlenu, uzyskując czystą strukturę metaliczną. Jej nieregularność zapobiega propagacji defektów wzdłuż granicy ziaren struktury krystalicznej i powoduje bardziej równomierny rozkład deformacji na ograniczonej przestrzeni.

Tego typu nanometryczne struktury metaliczne mogą znaleźć zastosowanie w produkcji np. katalizatorów do otrzymywania wodoru, elektrod do nowych systemów magazynowania energii, czujników czy wymienników ciepła.

caltech.edu

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

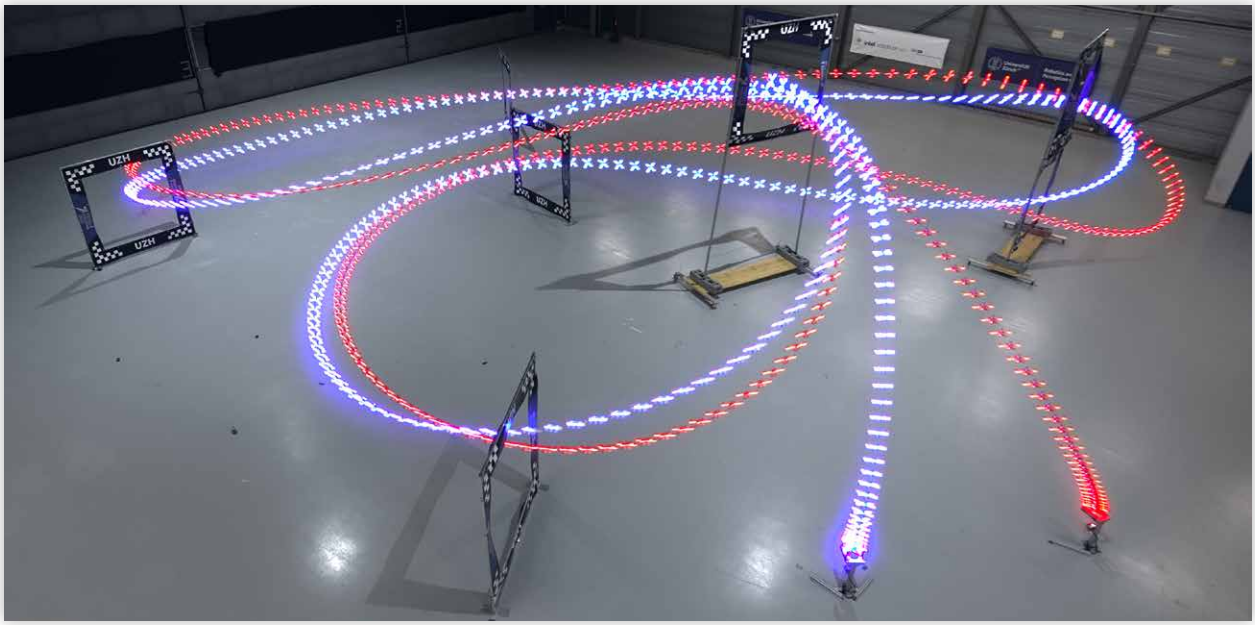
O 50% mniejsza wysokość sprężyn w porównaniu ze zwykłymi sprężynami spiralnymi przy zachowaniu takiej samej siły i ugięcia. Dostępne części standardowe ze stali nierdzewnej i stali węglowej. Potrzebujesz niestandardowego rozwiązania? Żaden problem. Dostarczymy odpowiednią sprężynę wykonaną z materiału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

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

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

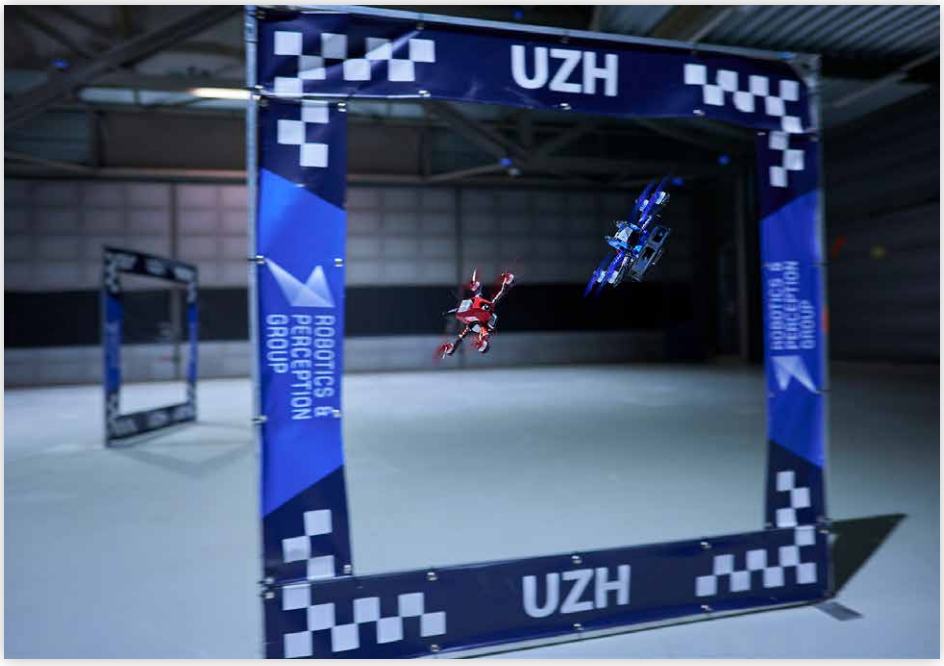
▪ REKLAMA

Autonomiczny dron zwycięzcą wyścigu



Wyścigi czterowirnikowych dronów stają się jednym z bardziej emocjonujących sportów. Zawody mistrzowskie od lat transmitowane są przez renomowane stacje telewizyjne. Widok maszyn pędzących pomiędzy przeszkodami z prędkościami ponad 100 km/h, i skupionych na sterowaniu operatorów, sprawia ciekawe wrażenie.

Davide Scaramuzza, robotyk z Uniwersytetu w Zurychu, postanowił sprawdzić czy uda się opracować program, dzięki któremu autonomiczny dron pokona mistrzów. Bywało już tak w szachach i innych grach planszowych – być może uda się także w zawodach rozgrywanych w przestrzeni. Opracowano program Swift wykorzystujący sztuczną inteligencję. Program w czasie rzeczywistym analizuje dane z kamery, przesyłając je do inercyjnej jednostki pokładowej, mierzącej przyśpieszenia i prędkość. Sztuczna sieć neuronowa analizuje obraz, wykrywając bramki i położenie w przestrzeni, a dane trafiają do jednostki sterującej. Zastosowano tzw. uczenie maszynowe przez wzmacnianie, niezbędne w interakcjach ze światem fizycznym. Po wielu próbach w symulowanym środowisku dron ruszył do walki. Początkowo pokonywał tor dwa razy dłużej niż zawodnicy. Później jednak wygrywał z mistrzami z przewagą sięgającą średnio pół sekundy.



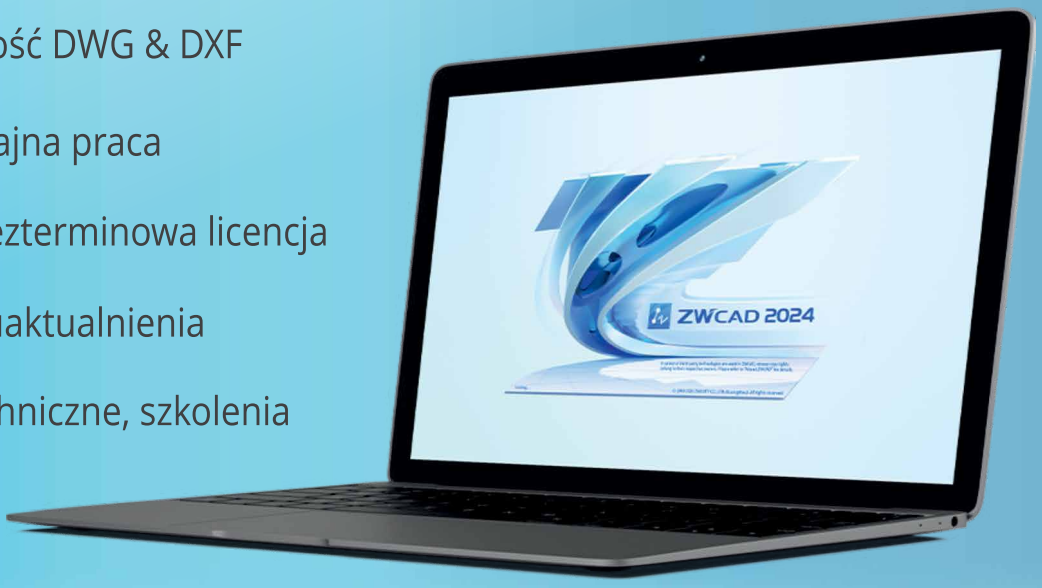
Jednak ukazały się również słabości systemu, który znacznie gorzej dostosowuje się do zmiennych warunków, np. oświetlenia niż zawodnicy. Stąd też program jest ciągle udoskonalany pod kątem nowych wyzwań.

uzh.ch

ZWCAD 2024

aktualizacja ZWCAD 2024 service pack 1 już jest!

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



Czy znasz już nasze nakładki branżowe?

ZWTraffic
branża drogowa

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

ZWGeo
branża geodezyjna

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

ZWCAD.pl

Testuj, pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

SZANSA

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

ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Skaczące mikroroboty z napędem spalinowym

Naukowcy z Cornell University połączyli miękkie mikroaktuatory z paliwem chemicznym o wysokiej gęstości energetycznej, aby zbudować czworonożnego robota wielkości dużego owada, który jest zasilany poprzez spalanie. Robot przewyższa swoich konkurentów z napędem elektrycznym pod względem prędkości poruszania, udźwigu, zręczności i wysokości skoku.

Jak do tej pory, budowane przez badaczy mikroroboty były wielokrotnie słabsze od swoich odpowiedników o porównywalnych rozmiarach, występujących w przyrodzie ożywionej. Konstruowane przez inżynierów siłowniki po prostu nie dają się wystarczająco pomniejszyć nie tracąc przy tym efektywności.

Czworonożny robot nowej konstrukcji ma mniej niż trzy centymetry długości i waży nie więcej niż dwa spinacze do papieru. Jego korpus wydrukowano w 3D z ogniotrwałej żywicy. W jego obrębie znajdują się dwie komory spalania, rozgałęziające się na cztery odnóża, z których każde zawiera cylinder zaślepiony silikonową membraną. Sterowany elektronicznie zapłon powoduje detonację mieszanki metanu z tlenem w wybranej komorze spalania, co powoduje odkształcenie membrany i wybicie robota w powietrze.

Siła wytwarzana przez taki układ napędowy dochodzi do 10 N. Robot skacze na wysokość do 60 cm i z każdym skokiem przemieszcza się o 140% długości własnej. Jest także w stanie unieść dwudziestokrotność masy własnej. Napęd może działać z częstotliwością ponad 100 Hz.

Robot sterowany jest przewodowo poprzez kontrolę parametrów spalania – częstotliwości i szybkości zapłonu, a także dopływu paliwa. Przy dużej częstotliwości zapłonu i ograniczonym dopływie mieszanki, robot wibracyjnie przesuwa się po powierzchni. Z kolei przy niskiej częstotliwości zapłonu i maksymalnym dopływie paliwa – skacze wysoko nad ziemią. Jest to o tyle wyjątkowe, że roboty tej wielkości zwykle albo skaczą, albo się przesuwają – ten zaś doskonale radzi sobie z obydwoma rodzajami lokomocji.

W przyszłości planowane jest opracowanie wersji rozwojowej robota, wyposażonego w więcej efektorów zapewniających większą manewrowość, napędzanego ciekłym paliwem ze zbiornika zintegrowanego w konstrukcji korpusu, a co najważniejsze – sterowanego elektronicznie w sposób zdalny.

cornell.edu

Darmowy wodór z plastikowych odpadów

Rice University prowadzi wiele badań dotyczących tanich i efektywnych metod pozyskiwania surowców, które z roku na rok stają się potrzebne w coraz większych ilościach. Badania te finansowane są przez Departament Energii USA, a często również przez fundusze wojskowe.

Wiele wskazuje na to, że paliwem przyszłości okaże się wodór. O ile technologie dotyczące napędu zarówno pojazdów lądowych, jak i samolotów tym gazem są już mocno rozwinięte, to sposoby i jego pozyskiwania i ich koszty – jak na ironię – wciąż pozostawiają wiele do życzenia. Kevin Wyss z Rice University przedstawił zupełnie nową metodę pozyskiwania wysokiej jakości wodoru z plastikowych śmieci.

Wymieszanych odpadów różnych plastików nie trzeba myć ani sortować. Stosuje się błyskawiczne ogrzewanie elektrotermiczne (*flash Joule heating*) przez zaledwie 4 sekundy, w temperaturze 3100 °K. W efekcie następuje odparowanie 98-procentowego wodoru, a pozostaje grafen. Oczywiście wydostają się również inne gazy, które jednak łatwo można odseparować.

Koszty uzyskania wodoru przedstawiono na konferencji

Arkusze grafenu otrzymane z odpadów. Widok pod mikroskopem skaningowym

prasowej. – Obecnie kilogram wodoru kosztuje 5 dolarów. Gdybyśmy sprzedali uzyskany grafen za zaledwie 5% ceny rynkowej, wodór byłby za darmo – mówił Wyss.

rice.edu

▪ REKLAMA

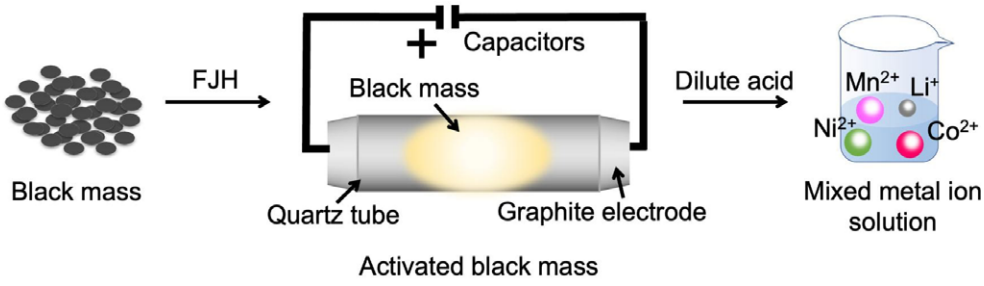
Tanie odzyskiwanie metali z akumulatorów

Recykling akumulatorów ciągle stwarza problemy. Wiele mówi się o szukaniu kolejnych złóż metali rzadkich, a bardzo niewiele o doskonaleniu metod ich pozyskiwania z zużytych akumulatorów, których ilość jest ogromna. Poczynając od starych telefonów na samochodach kończąc. Przy czym procentowa zawartość niklu czy kobaltu w starych akumulatorach jest większa niż w złożach naturalnych.

Recykling metali w taki sposób jak dotychczas jest mało efektywny, a przy tym energochłonny i nieprzyjazny środowisku. W przypadku akumulatorów z samochodów elektrycznych i hybrydowych niebawem może być to bardzo poważnym problemem. Żywotność baterii obliczono na 10 lat, a tysiące aut dochodzi właśnie do tego wieku. Ilość tego typu odpadów wzrasta co roku o 9%. Ze względu na ograniczenia dotychczasowych metod jedynie 5% spośród nich podlega recyklingowi.

W Rice University opracowano metodę tanią, szybką i niezwykle efektywną. Polega ona na częściowym usunięciu warstwy utlenienia z metalowych elektrod w tzw. czarnej masie. Następnie wszystko rozpuszcza się w kwasie o niskim stężeniu. Dzięki zastosowaniu błyskawicznego ogrzewania elektrotermicznego (*flash Joule heating*) w ciągu kilku sekund osiągana jest temperatura 2100 °K. Wydajność odzysku wynosi 98%. Cykl recyklingu jest sto razy krótszy od dotychczas stosowanego, w którym samo rozpuszczenie elektrod w kwasie trwa co najmniej 24 godziny. W zaprezentowanej metodzie to zaledwie 20 minut.

rice.edu



Robot Tetraflex

Zespół naukowców z Uniwersytetu w Bristolu wraz z miejscowym Laboratorium Robotyki opracował robota, który może zmieniać kształt, aby realizować różne scenariusze działań. Jest to czworościan zbudowany z elastycznych rurek, który może poruszać się po trudnym terenie, przechodzić przez małe szczeliny, obejmować i transportować delikatne przedmioty, takie jak np. jajko.

Robot nazwany Tetraflex składa się z miękkich rozpórek połączonych sztywnymi węzłami. Każda z rozpórek ma wewnątrz hermetyczny miech, dzięki któremu może się skracać lub wydłużać. W efekcie Tetraflex zmienia kształt i przemieszcza się.

Jego głównym zastosowaniem będzie przemieszczanie się w trudnych warunkach podczas akcji ratowniczych, np. nawigacja w gruzach, w celu dotarcia do uwięzionych pod nimi osób. Nadaje się również do inspekcji niedostępnych terenów. Możliwość przenoszenia drobnych przedmiotów czyni go

potencjalnie przydatnym podczas likwidacji obiektów jądrowych.

Obecnie naukowcy pracują nad algorytmami uczenia maszynowego dla robota. Pozwoli to na precyzyjne zbadanie wzorców ruchu i ich optymalizację.

bristol.ac.uk

NOWE PŁYTKI Z SERII MC6100 O POZYTYWNEJ GEOMETRII

W dzisiejszych czasach technolodzy narzędziowi oraz programiści obrabiarek CNC mają do dyspozycji niezwykle bogatą gamę gatunków płytek do toczenia i łamaczy wióra. Firma Mitsubishi Materials zaprojektowała i opracowała dwa gatunki najwyższej klasy - MC6115 i MC6125. Asortyment płytek w tych 2 gatunkach został powiększony i obejmuje także płytki 5°, 7° i 11°.

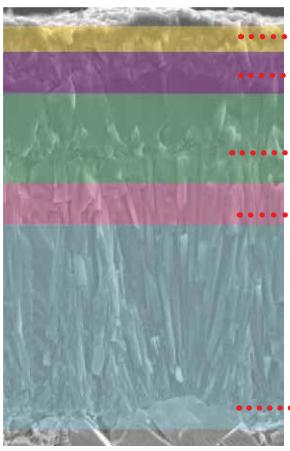
MC6115 to gatunek z powłoką CVD do toczenia stali, który umożliwia obróbkę z dużymi prędkościami skrawania, a jednocześnie zapewnia doskonałą stabilność krawędzi skrawającej.

Gatunek MC6125 jest bardzo wszechstronny i charakteryzuje się doskonałymi parametrami eksploatacyjnymi w wielu różnych aplikacjach obróbkowych. Jest to gatunek pierwszego wyboru do toczenia stali, co umożliwia ograniczenie wielkości zapasów płytek.

Oba gatunki są przeznaczone do obróbki różnych gatunków stali i posiadają innowacyjną powłokę CVD, która zapewnia doskonałą stabilność krawędzi skrawającej oraz długą trwałość narzędzia.

MC6115 to połączenie podłoża o wysokiej twardości z nową, grubą powłoką zewnętrzną Al_2O_3 o zwiększonej odporności na ścieranie i odpryskiwanie w wysokich temperaturach, natomiast MC6125 to połączenie podłoża o wysokiej twardości z nową, wielowarstwową powłoką Al_2O_3 o zwiększonej odporności na ścieranie w wysokich temperaturach. Dzięki technologii super TOUGH-GRIP, seria ma także większą odporność na odpryskiwanie i wyższą stabilność krawędzi skrawającej. Technologia ta wyraźnie zwiększa przyczepność warstw powłok Al_2O_3 do powłoki TiCN .

Struktura wielowarstwowej powłoki gatunku MC6125



Warstwa zewnętrzna w kolorze złotym do identyfikacji zużytych naroży.

Kilka warstw kompozytu Ti i warstwa Al_2O_3 o doskonałej odporności na ścieranie.

Warstwa Al_2O_3 w technologii Super Nano Texture odporna na wysokie temperatury.

Technologia Super Tough-Grip zapewnia wzajemną przyczepność warstw powłoki.

Drobnoziarnista warstwa TiCN o wysokiej odporności na ścieranie.

Technologia Super Nano Texture
Dzięki udoskonaleniu konwencjonalnej technologii produkcji powłok nanostrukturalnych, uzyskano wyjątkowo jednolitą orientację kryształów Al_2O_3. Pozwoliło to na zwiększenie odporności na ścieranie i ulepszenie trwałości narzędzi.

Wiele nowych geometrii
Kombinacja podłoża o wysokiej twardości i powłok odpornych na ścieranie jest niezwykle przydatna w przypadku nowego asortymentu płytek pozytywnych 5°, 7° i 11°. Wprowadzenie płytek pozytywnych pozwala na jeszcze szerszy zakres stosowania do toczenia stali, w tym wytaczania i toczenia profili o dużym pochyleniu.

Płytki posiadają wykończenie na złoty kolor dla łatwej identyfikacji zużytych krawędzi, są dostępne w szerokiej gamie pozytywnych geometrii oraz z 10 różnymi łamaczami wióra.
5° VBMT i WBMT.
7° CCMT, DCMT, RCMT, RCMX, SCMT, TCMT, VCMT, WCMT i XCMT.
11° CPMH, TPMH i WPMT.
11° bez otworu SPMR, SPMN TPMR i TPMN.

Bizzarrini Giotto

Genialny konstruktor, któremu nieobca była stylistyka samochodowa i o którym pisaliśmy na naszych łamach, zmarł 13 maja 2023 roku. Giotto Bizzarrini stał się legendą – nie tylko wśród konstruktorów samochodów sportowych.

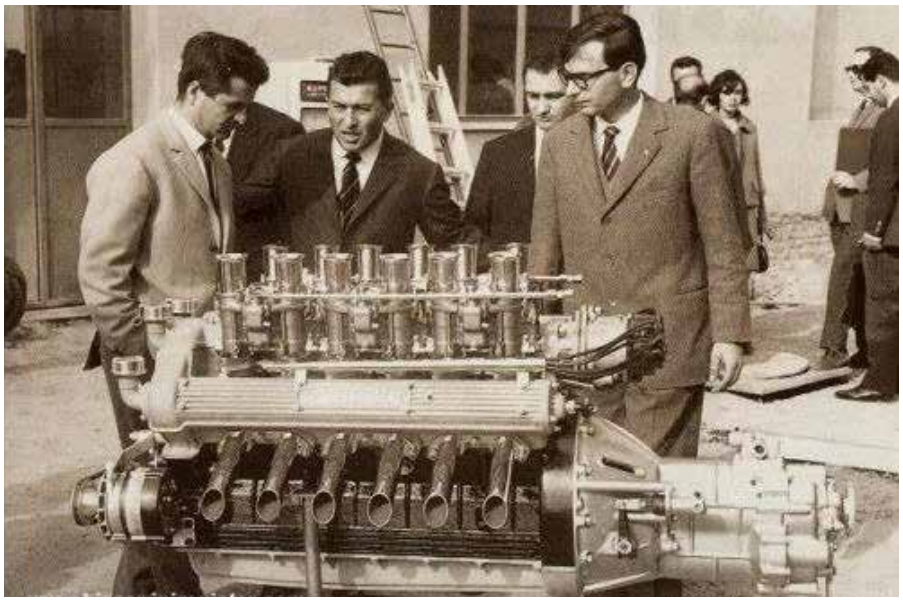
Właśnie zaprezentowano zupełnie nowy hipercar pod jego marką.

Ryszard Romanowski

Iso Grifo A3/C startująca w wyścigu 1000 km of Monza w 1965 roku. Przy samochodzie jego konstruktor – Giotto Bizzarrini

Bizzarrini, począwszy od swojej pracy dyplomowej z 1953 roku, która polegała na całkowitej przebudowie Fiata 500, zaprojektował wiele samochodów, które na stałe trafiły do historii motoryzacji. Wystarczy wymienić chociażby Ferrari 250, ATS, Serenissimę i produkowany pod własną marką 5300 GT. Jego dziełem jest słynny 12-cylindrowy silnik Lamborghini.

Co ciekawe, od razu po studiach trafił do Alfy Romeo jako kierowca testowy. – Byłem kierowcą testowym, który przez przypadek był także inżynierem znającym zasady matematyki. Zawsze musiałem wiedzieć, dlaczego coś się nie udaje, a następnie znaleźć rozwiązanie – wspominał. Zapewne dzięki temu, że dane mu było z pierwszej ręki poznać ekstremalne zachowania samochodu,



Rok 1963; Giotto Bizzarrini, Ferruccio Lamborghini i Giampaolo Dallara omawiają prototypowy egzemplarz silnika Lamborghini V12

stworzył wiele doskonałych podwozi aut wyczynowych. Mimo że często podkreślał, iż nie jest projektantem samochodów, a tylko pracownikiem – w 1964 r. założył firmę pod własnym nazwiskiem. Zaprzyjaźnił się też z pracującym wówczas u Bertone Giorgietto Giugiaro.

W Prototipi Bizzarrini zaczęły powstawać konstrukcje z powodzeniem rywalizujące z takimi potentatami jak Ferrari. Wśród kilku modeli największym zainteresowaniem cieszył się Bizzarrini 5300 GT Corsa. Ten bardzo szybki pojazd doskonale trzymał się drogi i zachwycał aerodynamicznym, eleganckim nadwoziem zaprojektowanym przez Giorgetto Giugiaro. Umieszczony centralnie z przodu silnik V8 rozwijał moc około 400 KM, przy rozkładzie mas między osią przednią a tylną wynoszącym 50:50%. W szosowym modelu 5300 GT Strada silnik pracował nieco spokojniej, rozwijając moc 365 KM. Wywodząca się z Chevroleta jednostka miała popychaczowy rozrząd OHV i stopień sprężania 10,5:1. Średnica cylindra wynosiła 101,6 mm, a skok tłoka 82,5 mm. Zmierzona prędkość maksymalna wersji seryjnej dochodziła do 260 km/h.

Bizzarrini 5300 GT Corsa Revival – wierna replika oryginału, produkowana od 2020 roku po reaktywacji marki

Bizzarrini 5300 GT Corsa Revival odtworzono w oparciu o oryginalną dokumentację konstrukcyjną, z dbałością o każdy szczegół

Firma zdawała sobie sprawę z ogromnych kosztów, jakie generuje udział w sportach motorowych z najwyższej półki. Mimo to 5300 GT Corsa znalazł się w 1965 roku na starcie 24-godzinnego wyścigu Le Mans. Francuscy kierowcy Régis Fraissinet i Jean de Mortemart wygrali swoją klasę. Niektórzy twierdzą, że reklamowe zyski nie pokryły wydatków. Być może. W każdym razie wprowadzona w 1968 roku Europa napędzana była czterocylindrowym silnikiem, a więc aspirowała do nieco niższej klasy samochodów, lecz ani ona, ani efektowny pojazd koncepcyjny Manta z nadwoziem projektu Giugiaro, nie uratowały firmy.

Firma dawno przestała istnieć, kiedy jej samochody zaczęły uzyskiwać na aukcjach niebotyczne ceny. Pojawienie się w 2005 roku Bizzarrini Ghepardo GTS uznano za kaprys miliardera. Giotto Bizzarrini w tym czasie był wykładowcą na uniwersytecie w Rzymie, bywał na wielu imprezach, gdzie nawet przypadkowym rozmówcom nie szczędził inżynierskiej wiedzy. W 2012 r. uniwersytet we Florencji, nie bacząc na wcześniejsze wypowiedzi mistrza, nadał mu tytuł doktora honoris causa w dziedzinie wzornictwa przemysłowego.

Historia jego aktywności zawodowej na tym mogłaby się skończyć. Potoczyła się jednak inaczej niż można było przypuszczać. Ghepardo GTS nie był jednorazowym kaprysem miliardera. Owszem, miliarder z Kuwejtu był, ale w otoczeniu ludzi, którzy przez lata brali udział w produkcji samochodów luksusowych i sportowych najznamienitszych marek. W 2020 roku pojawiła się gotowa do produkcji replika Bizzarrini 5300 GT Corsa Revival. Zgodnie z zapowiedzią producentów pierwsze egzemplarze zaczęły trafiać do klientów w 2022 roku. Jednocześnie zapowiedziano pojawienie się zupełnie nowego modelu samochodu pod nazwą Bizzarrini Giotto. Znowu nie brakowało wątpiących. Tymczasem – jak zapowiedziano, tak też się stało. W lutym 2023 pojawiły się pierwsze wizualizacje nadwozia, a 1 września zaprezentowano jego finalny wygląd wraz ze szczegółami silnika. Niestety założyciel firmy nie mógł już oglądać gotowego projektu. Zmarł w wieku 97 lat. Zapewne oglądał projekt, który przechodził długie analizy aerodynamiczne, dzięki którym pojawiły się niemal niewidoczne (może oprócz tylnego deflektora), drobne, lecz aerodynamicznie ważne, zmiany.

Bizzarrini Giotto z nadwoziem projektu Giugiaro

Silnik V12 modelu Giotto powstaje we współpracy z firmą Cosworth. Pojemność silnika 6626 cm^3 to data urodzin Bizzarriniego: 6 czerwca 1926 roku

Auto zaprojektowano zgodnie z zaleceniami mistrza. Od czasu powstania 5300 GT w technice samochodowej zmieniło się bardzo wiele, nie tylko pod względem inżynierii materiałowej i aerodynamiki. Giorgietto i Fabrizio Giugiaro w swojej nowej firmie GFG Style zaprojektowali niezwykle sztywny pojazd z kompozytu węglowego. Materiał ten uznano za godnego następcę konstrukcji aluminiowych. Jak mówił Giorgietto Giugiaro, inspiracją dla projektu nadwozia był jego stary projekt 5300 GT. Mistrz designu ubiegłego stulecia stwierdził, że przyjemnością była

praca dla kolegi nad następcą auta sprzed sześćdziesięciu lat. Mimo z pozoru zupełnie nowego wyglądu dawne charakterystyczne linie i rozwiązania stylistyczne zostały zachowane.

Aerodynamika wymusiła pewne zmiany, szczególnie w przypadku słupka B i tylnej szyby. Zastosowano oświetlenie w technologii LED (to też wymóg epoki). Zrezygnowano również z umieszczenia silnika centralnie, z przodu. Pozostał napęd na tylne koła.

Trochę czasu zajęły poszukiwania wytwórcy silnika. Wybór padł na firmę Cosworth. Powstały tam już pierwsze egzemplarze wolnossącego silnika V12 o pojemności 6626 cm^3. Napęd przenoszony jest poprzez dwusprzęgłową, ośmioprzełożeniową skrzynię biegów.

W przyszłym roku rozpoczną się testy drogowe, którymi pokieruje Chris Porrit. Jest to człowiek bardzo doświadczony w tej materii, po latach pracy dla Aston Martina, Tesli i Rimaca. Na razie szczegółowych danych technicznych producent nie ujawnia. Zapewne prototypowe silniki zostaną skonfigurowane pod obowiązujące normy emisji spalin, chociaż w przypadku klasy hipercars normy te nie są zbyt rygorystyczne. Nieznany jest rozkład mas samochodu. Można przypuszczać, że nie będzie to klasyczne 50:50%. Obecnie precyzyjnie wykorzystuje się dociski aerodynamiczne, podczas gdy wiele aut tej klasy ma także ruchome tylne skrzydła. Solidna konstrukcja skrzydła Giotto jest zmontowana na stałe. W ostatnich latach również doceniono znaczenie odpowiedniego umieszczenia foteli kierowcy i pasażera. Z jednej strony ich masa wpływa na wyważenie samochodu, a z drugiej – złe rozmieszczenie wydłużyć może czas reakcji. GFG Style wzięło to wszystko pod uwagę. Można podziwiać czyste linie nadwozia, co nie jest tak oczywiste u niektórych konkurentów.

Rynek motoryzacyjny coraz bardziej się polaryzuje. Z jednej strony – zelektryfikowana i pozbawiona większych szaleństw stylistycznych masowa produkcja seryjna, a z drugiej – coraz większa oferta super- i hipersamochodów, będących pokazem inżynierskiego kunsztu, adresowana do wąskiego grona bardzo zamożnych ludzi. I przez takich także finansowana. Tak też najnowszy Bizzarrini finansowany jest przez konsorcjum z Kuwejtu – Alroumi Group Holdings.

Niedawno Alfa Romeo zaprezentowała nową wersję legendarnego modelu 33 wersji Stradale. Trzydzieści trzy egzemplarze, warte ponad 2 mln euro każdy, już są podobno rozsprzedane. Bizzarrini Giotto ma zacząć trafiać do klientów od początku 2026 roku. Cena pewnie będzie podobna. W przyszłym roku będzie można zapoznać się ze szczegółami konstrukcji.

Ryszard Romanowski

bizzarrini.com

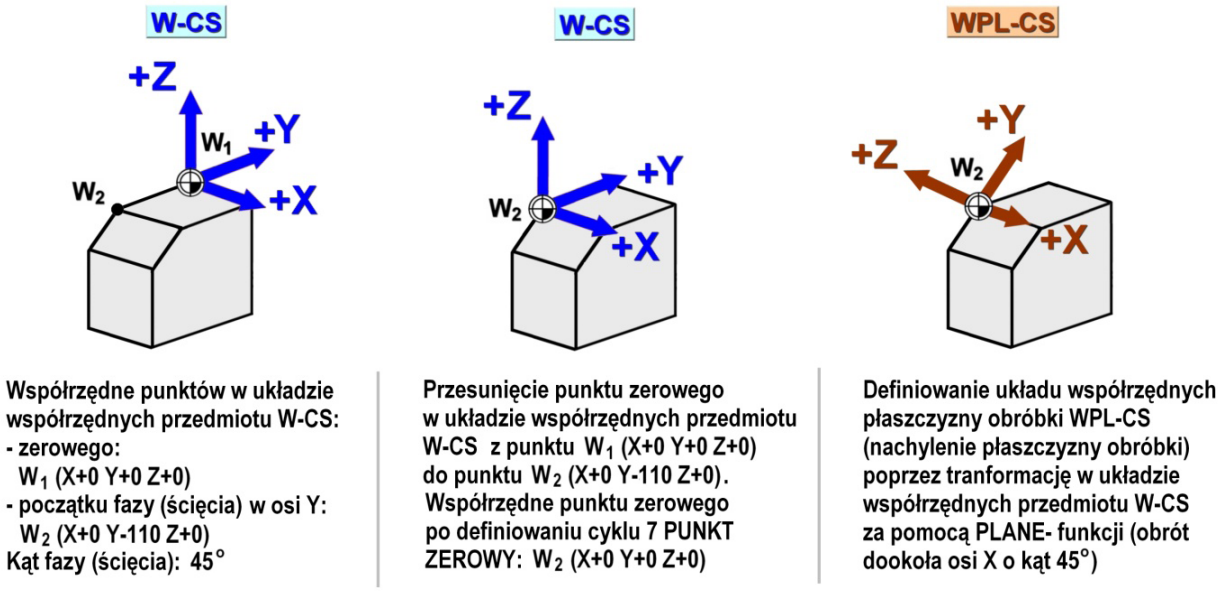
▪ REKLAMA

Wybrane aspekty produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC cz. 4

W programie obróbki wykonywanym na wieloosiowej obrabiarce CNC z układem sterowania Heidenhain nachylenie płaszczyzny obróbki można zrealizować wykorzystując PLANE-funkcje lub cykl 19 PŁASZCZYZNA ROBOCZA [1-3].

Kazimierz Czechowski

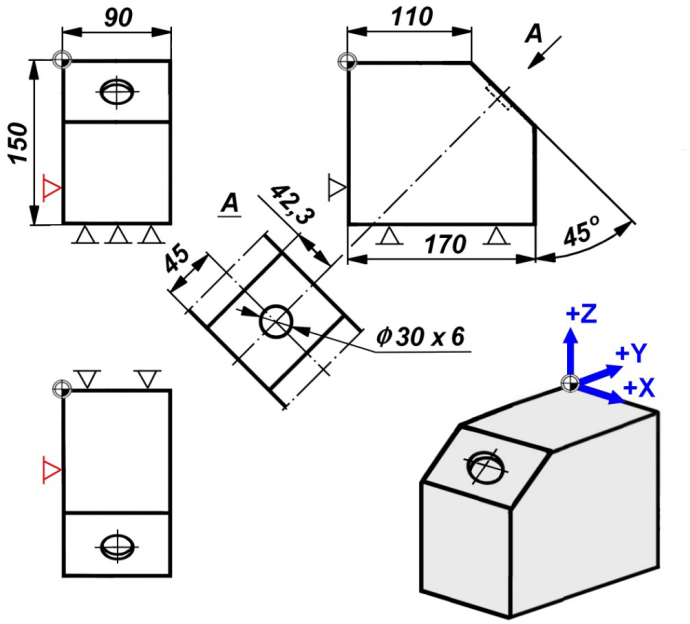
Kolejne czynności związane z definiowaniem układu współrzędnych płaszczyzny obróbki WPL-CS przedstawiono przykładowo na rysunku 1; nachylenie płaszczyzny obróbki następuje zawsze wokół aktywnego punktu zerowego (po przesunięciu punktu zerowego W_1 w układzie współrzędnych przedmiotu W-CS jest to punkt zerowy W_2), przy tym płaszczyzna obróbki leży zawsze prostopadle do kierunku osi narzędzia (w tym przypadku osi Z). Podane na rysunku 1 wartości liczbowe współrzędnych punktów W_1 i W_2 odnoszą się do przyjętego w tym przykładzie przedmiotu obrabianego, który ma wymiary gabarytowe 90 x 170 x 150 mm (mierzone w podanej kolejności równolegle do osi X, Y, Z układu współrzędnych przedmiotu W-CS) oraz wymiar fazy (ścięcia) 60 mm x 45°. Na nachylonej płaszczyźnie obróbki, czyli w układzie współrzędnych płaszczyzny obróbki WPL-CS, wykonywać można dalszą obróbkę.



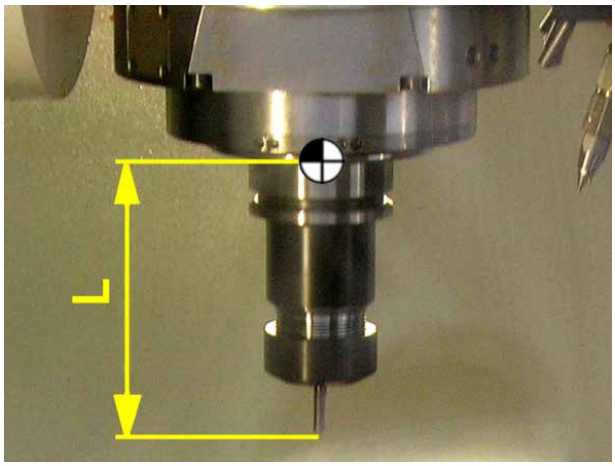
Rys. 1 Przykład przedstawiający kolejne czynności związane z definiowaniem układu współrzędnych płaszczyzny obróbki WPL-CS o położeniu i orientacji wynikającymi z transformacji w układzie współrzędnych przedmiotu W-CS (przesunięcie punktu zerowego W_1 wzdłuż osi Y do zdefiniowanego punktu zerowego W_2 i obrót układu dookoła osi X); widok przedmiotu w rzutach izometrycznych (zaznaczone osie układów współrzędnych)

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy przedmiot obrabiany, zwymiarowany w rzutach prostokątnych, z uwidocznioną kieszenią na nachylonej płaszczyźnie obróbki, jak i podano informacje technologiczne dotyczące ustalenia przedmiotu obrabianego, położenia punktu zerowego i orientacji układu współrzędnych przedmiotu W-CS (zaznaczono w rzucie izometrycznym kierunek i zwrot osi X, Y, Z).

Uwidocznione na rysunku 2 miejsca ustalenia przedmiotu obrabianego za pomocą podpór stałych wynikają z przyjętego jego zamocowania w imadle na stole obrotowym centrum obróbkowego frezarskiego CNC. Z uwagi na czytelność rysunku pominięto widok podpór stałych z góry i z dołu, gdyż ich widok z boku przy trzech rzutach przedmiotu wystarczająco informuje o ich położeniu. Podpora stała zaznaczona na rysunku kolorem czerwonym ogranicza przedmiot w kierunku osi X, umożliwiając jego powtarzalne ustalenie w tym kierunku, a może być to zrealizowane przykładowo poprzez zetknięcie przedmiotu obrabianego z ogranicznikiem (zderzakiem), co szerzej omówiono w poprzedniej części artykułu. W przypadku braku ww. ogranicznika każdy kolejny przedmiot obrabiany z wykonywanej serii (po jego zamocowaniu w imadle) również będzie zorientowany swoimi bocznymi płaszczyznami równolegle do odpowiednich osi układu współrzędnych przedmiotu W-CS,



Rys. 2 Przykład przedstawionego w rzutach prostokątnych zwymiarowanego przedmiotu obrabianego z uwidocznioną kieszenią na nachylonej płaszczyźnie obróbki, wraz z informacjami dotyczącymi ustalenia przedmiotu obrabianego, położenia punktu zerowego i orientacji układu współrzędnych przedmiotu W-CS (zaznaczone w rzucie izometrycznym osie Z, Y, Z)



Rys. 3 Przykład określenia długości narzędzia na 5-osiowym centrum frezarskim typu DMC 75V Linear ze sterowaniem Heidenhain iTNC530 w wersji z mocowaniem narzędzi we wrzecionie za pośrednictwem uchwytów typu HSK-A63; punkt bazowy narzędzia znajduje się w osi na czole wrzeciona, a długość narzędzia odpowiada mierzonej równolegle do osi wrzeciona odległości wierzchołka narzędzia od płaskiej powierzchni uchwytu przylegającej do czoła wrzeciona

ale konieczne będzie korygowanie położenia punktu zerowego w kierunku osi X (np. za pomocą sondy pomiarowej przedmiotowej).

Program obróbki, w którym po przesunięciu punktu zerowego założono nachylenie płaszczyzny obróbki oraz wykonanie obróbki na nachylonej płaszczyźnie, wymaga odpowiednio skonfigurowanej obrabiarki CNC, takiej jak np. 5-osiowe centrum obróbkowe frezarskie typu DMC 75V Linear ze sterowaniem Heidenhain iTNC530, mające możliwość przesuwu prowadnic wzdłuż osi liniowych X, Y i Z oraz odchylenia wrzeciennika (oś B) i obrotu stołu (oś C); możliwości tej obrabiarki stanowiły bazę dla podawanych tu w dalszej treści przykładów programów obróbki.

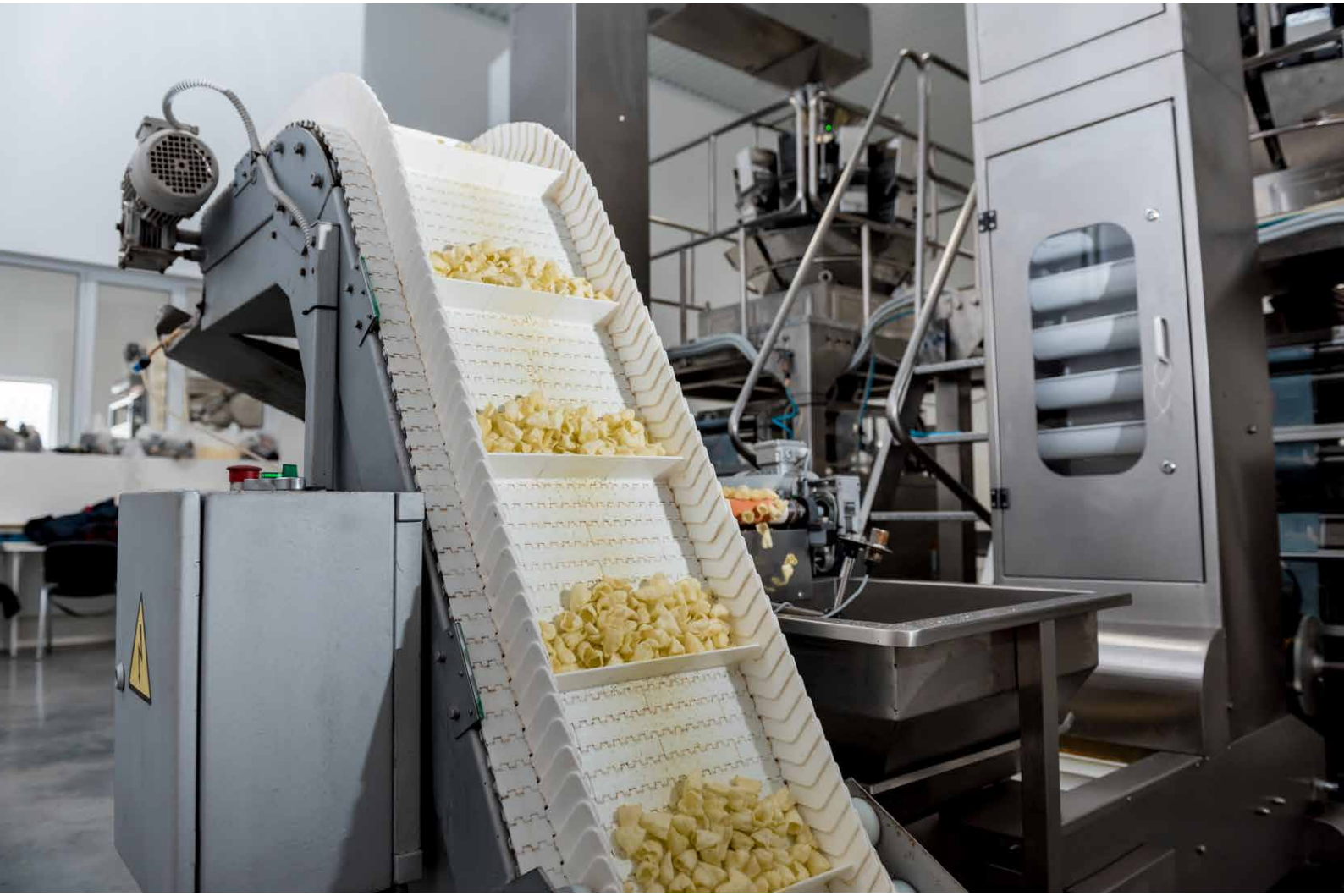
Przed wywołaniem i odpracowaniem programu obróbki niezbędnym jest aby magazyn narzędzi obrabiarki zawierał na odpowiednich pozycjach właściwe narzędzia potrzebne do wykonania obróbki, zmierzone za pomocą sondy pomiarowej narzędziowej (lub innym sposobem w przypadku jej braku) i odpowiednio opisane niezbędnymi parametrami w tabeli narzędzi (na ww. obrabiarce dane te podane są w pliku TOOL.T); istotne są przede wszystkim długość (L) i promień (R) narzędzia, których niedokładny pomiar i taki zapis w tabeli narzędzi może być przyczyną pogorszenia dokładności obróbki, a nawet kolizji narzędzia z przedmiotem obrabianym, czy też z elementami obrabiarki lub oprzyrządowania. Każde narzędzie jest oznaczone numerem, a w tabeli narzędzi może być narzędziu oprócz numeru nadana również nazwa. Zgodnie z instrukcją obsługi dla systemów sterowania Heidenhain iTNC 530 i nowszych [1, 3] narzędzie z numerem 0 określane jest jako narzędzie zerowe posiadające długość L=0 oraz promień R=0 i w tabelach narzędzi powinno się narzędzie T0 także zdefiniować z L=0 i R=0; długość narzędzia L powinna być zapisana w tabeli narzędzi jako całkowita długość w odniesieniu do punktu bazowego narzędzia, gdyż jest to potrzebne w przypadku wielu funkcji w obróbce wieloosiowej. W podanej dla przykładu ww. obrabiarce 5-osiowej, w wersji umożliwiającej mocowanie uchwytów typu HSK-A63, punkt bazowy narzędzia znajduje się w osi na czole wrzeciona, czyli długość narzędzia odpowiada mierzonej równolegle do osi wrzeciona odległości wierzchołka narzędzia od płaskiej powierzchni uchwytu przylegającej do czoła wrzeciona (Rys. 3). Dane narzędzia można zapisywać również w programie obróbki przy pomocy funkcji TOOL DEF, podając numer narzędzia oraz jego długość i promień; jako długość narzędzia podawana jest różnica długości w odniesieniu do narzędzia zerowego zdefiniowanego w tabeli narzędzi, przy czym należy pamiętać, że w obróbce wieloosiowej (np. na ww. 5-osiowej obrabiarce CNC) są funkcje wymagające zdefiniowania całkowitej długości narzędzia w odniesieniu do punktu bazowego narzędzia (np. w cyklu 19 PŁASZCZYZNA OBRÓBKI, gdy pozycjonowanie odbywa się automatycznie) [2]. W starszych instrukcjach obsługi sterowania Heidenhain (np. dotyczącej 3-osiowego systemu sterownia TNC310 [4]) podawany jest

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Maszyny dla przetwórstwa spożywczego: projektowanie, wymagania, przepisy



Aleksander Łukomski

Maszyny stosowane w przemyśle spożywczym stanowią specyficzną grupę maszyn, przy których konstruktorzy muszą wziąć pod uwagę wiele dodatkowych czynników. Spełnienie wymagań bezpieczeństwa w tym przypadku dotyczy dwóch obszarów: bezpieczeństwa pracowników oraz bezpieczeństwa żywności.

Maszyny dla przetwórstwa spożywczego można podzielić na dwie podstawowe kategorie:

- branżowe – przykładowo maszyny dla piekarnictwa, cukiernictwa, cukrownictwa, przetwórstwa mięsnego, owocowo-warzywnego, mleczarskiego, dla produkcji makaronów lub gastronomiczne i inne;
- technologiczne – ze względu na operacje wykonywane przez poszczególne grupy maszyn; maszyny do cięcia, krojenia, rozdrabniania i obierania, mieszania i miksowania, wirowania, chłodzenia, dozowania, formowania, nadziewania, obróbki termicznej, wędzenia i inne.

Projektowanie maszyn do przetwórstwa spożywczego, poza normalnymi wymaganiami dla maszyn, podlega jeszcze różnym innym przepisom i procedurom, a także rozporządzeniom branżowym, które mogą zawierać dodatkowe wymagania.

Wymagania zasadnicze opisane w załączniku do dyrektywy maszynowej określają wszystkie aspekty bezpieczeństwa, na jakie należy zwrócić szczególną uwagę, w tym m.in. na zastosowane materiały, oświetlenie, ergonomię, czytelność oznakowania i instrukcji obsługi. Dokument ten nie opisuje jednak środków technicznych, które należy zastosować celem zapewnienia zgodności z wymaganiami zasadniczymi. Te rozwiązania techniczne zostały precyzyjnie opisane w normach zharmonizowanych z dyrektywą maszynową. Dla typowych maszyn, takich jak np. obrabiarki, prasy, szlifierki, w harmonizacji maszynowej znajdziemy normy szczegółowe typu C, które w pełni identyfikują zagrożenia dla danej maszyny oraz podają gotowe rozwiązania techniczne, których zastosowanie gwarantuje spełnienie wymagań zasadniczych dyrektywy 2006/42/WE. Wiele maszyn jednak stosowanych w nowych liniach produkcyjnych to maszyny jednostkowe, do nietypowych zastosowań, i wtedy należy projektować je w oparciu o normy ogólne.

Specyfika maszyn stosowanych w przemyśle spożywczym wynika z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa w obu wcześniej wymienionych obszarach (aspekt bezpieczeństwa związany z obsługą maszyny oraz związany z żywnością, która w procesie obróbki w maszynie nie może zostać skażona). W załączniku dyrektywy 2006/42/WE opisane są zarówno wymagania bezpieczeństwa związane z obsługą maszyny, jak i te, związane z aspektem higienicznym.

Dyrektywa ta wprowadzona została do polskiego porządku prawnego rozporządzeniem ministra gospodarki z 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn. Poniżej fragment rozporządzenia, który mówi o wykonaniu maszyn przeznaczonych do kontaktu z żywnością:

Zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczące niektórych rodzajów maszyn

§ 61

1. Maszyny przeznaczone do kontaktu z artykułami spożywczymi, produktami kosmetycznymi lub farmaceutycznymi powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby uniknąć ryzyka infekcji, choroby lub zarażenia.

2. W celu uniknięcia ryzyka infekcji, choroby lub zarażenia należy przestrzegać następujących zasad higieny:

1) części stykające się z żywnością, produktami kosmetycznymi lub farmaceutycznymi oraz przeznaczone do kontaktu z tymi produktami lub artykułami powinny spełniać wymagania określone w przepisach dotyczących bezpieczeństwa żywności; maszyna powinna być zaprojektowana i wykonana w taki sposób, aby części te można było oczyścić przed każdym użyciem, a w przypadku gdy nie jest to możliwe, należy używać części jednorazowego użytku;

2) wszystkie powierzchnie mające kontakt z artykułami spożywczymi albo z produktami kosmetycznymi lub farmaceutycznymi, inne niż powierzchnie części jednorazowego użytku, powinny:

a) być gładkie i pozbawione wszelkich wypukłości czy szczelin, w których mogłyby się gromadzić substancje pochodzenia organicznego; to samo dotyczy ich połączeń,

b) być zaprojektowane i wykonane w sposób ograniczający do minimum występy, krawędzie i wgłębienia w połączeniach,

c) być łatwe do oczyszczenia i zdezynfekowania – części, które należy usunąć, powinno się łatwo demontować, natomiast wszystkie zakrzywione powierzchnie wewnętrzne powinny mieć taki promień krzywizny, który umożliwi ich dokładne oczyszczenie. Poza tym należy zwrócić uwagę na to, że wszystkie powierzchnie mające kontakt z żywnością muszą być gładkie i pozbawione wszelkich wypukłości czy szczelin, w których mogłyby się gromadzić substancje pochodzenia organicznego oraz muszą być łatwe do oczyszczenia i zdezynfekowania, jeżeli to konieczne, po usunięciu łatwych do zdemontowania części (promień krzywizn powierzchni wewnętrznych musi umożliwiać ich dokładne oczyszczenie).

Istnieją także zlecenia projektowe np. EHEDG (Europejskiej Grupy Projektowej Urządzeń Higienicznych), które podają zasady, jakich należy przestrzegać, aby zaprojektowana maszyna cechowała się wysoką higienicznością wykonania. Zalecenia EHEDG wskazują na zastosowanie stali nierdzewnej (kwasoodpornej) o odpowiedniej chropowatości powierzchni, jako czynnika determinującego czystość i higieniczność powierzchni elementów mających kontakt z żywnością. Wymagania EHEDG dla elementów znajdujących się w kontakcie z pożywieniem zalecają stosowanie wykończenia powierzchni o chropowatości Ra ≤ 0,8 µm (blachy walcowane charakteryzują się chropowatością w zakresie Ra = 0,2-0,5 µm i nie wymagają dodatkowego szlifowania). Powierzchnia musi być także wolna od wżerów, fałd i szczelin. Często stosuje się dodatkowe operacje obróbki powierzchni np. polerowanie elektrolityczne, które znacznie zmniejsza chropowatość. Wymagania projektowe zalecają zasady projektowania np. dotyczące łączenia elementów, w sposób zapewniający łatwość czyszczenia, brak zalegania żywności itd. Na wszystkich etapach wytwarzania wyrobów do zastosowań spożywczych należy zadbać o prawidłowe wykonanie operacji spawania wraz z kolejnymi etapami wytrawiania i pasywacji. Spoina od strony kontaktu z żywnością powinna być odpowiednio zeszlifowana i polerowana.

Wymagana jest konieczność całkowitego usunięcia z maszyny cieczy, gazów i aerozoli pochodzących ze środków spożywczych, jak również z płynów stosowanych do czyszczenia, dezynfekowania i płukania. Maszyna musi być zaprojektowana i wykonana tak, aby do miejsc, których nie można oczyścić, nie przenikały żadne substancje, nie przedostawały się organizmy żywe,

w szczególności owady, ani nie gromadziły się substancje organiczne. Wymaga się żeby żadne substancje pomocnicze niebezpieczne dla zdrowia, łącznie ze stosowanymi smarami, nie wchodziły w kontakt ze środkami spożywczymi.

Dodatkowo w instrukcjach użytkowania dotyczących maszyn stosowanych w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i farmaceutycznym, muszą być wskazane zalecane środki i metody czyszczenia, dezynfekcji i płukania, nie tylko dla obszarów łatwo dostępnych, ale także dla wszystkich pozostałych obszarów.

Ważną normą jest EN 1672-2, która określa wspólne wymagania z zakresu bezpieczeństwa i higieny dotyczące maszyn używanych do przygotowania i przetwarzania żywności, w celu wyeliminowania lub zmniejszenia ryzyka zakażenia, infekcji, zachorowań lub obrażeń, których źródłem jest żywność. Jednym z ważniejszych aspektów tej normy jest ocena ryzyka, w której uwzględnia się obydwa aspekty zagrożeń i która sugeruje, aby wybierać taki wariant konstrukcji, który wykluczy oba rodzaje ryzyka.

Norma ta określa wymagania odnośnie zastosowanych materiałów konstrukcyjnych, złączy, powierzchni, w zależności od stref ich przeznaczenia, kładąc szczególny nacisk na strefę spożywczą, czyli tę, mającą bezpośredni kontakt z żywnością. I tak: w przestrzeniach spożywczych zastosowane materiały powinny być odporne na korozję, powinny być nietoksyczne oraz w miarę możliwości nieabsorpcyjne, a z materiałów tych nie powinny migrować do żywności ani metale ciężkie, ani inne substancje o niekorzystnym wpływie. Norma opisuje zasady konstruowania złączy, krawędzi i odpływów w każdym przypadku, kładąc nacisk na czystość i łatwość czyszczenia.

W Polsce bezpieczeństwo materiałów do kontaktu z żywnością reguluje rozporządzenie Parlamentu Europejskiego (WE) nr 1935/2004 z 27 października 2004 r. w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Dotyczy ono materiałów i wyrobów przeznaczonych zarówno do bezpośredniego jak i pośredniego kontaktu z żywością w tym: materiałów opakowaniowych i opakowań; sprzętu gospodarstwa domowego, np. robotów

kuchennych, młynków, lodówek, naczyń i nakryć stołowych; części maszyn i urządzeń; pasów transportujących żywność oraz przewodów i zbiorników wykorzystywanych w przemyśle spożywczym.

Dla materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych obowiązuje rozporządzenie ministra zdrowia z 22 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu substancji, których stosowanie jest dozwolone w procesie wytwarzania lub przetwarzania materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych, a także sposobu sprawdzania zgodności tych materiałów i wyrobów z ustalonymi limitami (Dz. U. z 2007 r., nr 129, poz. 904, zm. Dz. U. Z 2008 r., nr 205, poz.1285). Dla materiałów i wyrobów innych niż tworzywa sztuczne (np. ceramika) obowiązuje rozporządzenie ministra zdrowia z 15 stycznia 2008 r. w sprawie wytwarzania lub przetwarzania materiałów i wyrobów z innych niż tworzywa sztuczne (Dz.U. z 2008 r., nr 17, poz. 113).

Żywność musi spełniać najwyższe standardy bezpieczeństwa, a jej produkcja stanowi jeden z ważniejszych etapów całego łańcucha dostaw. Należy zatem zwrócić szczególną uwagę na wykonanie maszyn, które mają bezpośredni kontakt z żywnością.

Wydawane są także atesty higieniczne na ściśle zdefiniowany produkt lub wyrób, a świadectwo jakości zdrowotnej może być wydane zarówno na jeden produkt, jak i na grupę wyrobów, stosownie do przeznaczenia i rodzaju materiału. Atesty higieniczne i świadectwa jakości zdrowotnej wydawane są dla pojedynczego podmiotu gospodarczego. Wydawaniem takich atestów i świadectw w Polsce ustawowo zajmuje się Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego (NIZP), a w jego ramach Państwowy Zakład Higieny (PZH).

Atesty dotyczą produktów wykonanych ze stali nierdzewnej mających bezpośredni kontakt z pożywieniem, np. dla stołów szkieletowych i korpusowych przeznaczonych do przygotowywania i obróbki wstępnej artykułów spożywczych, oraz dla wielu innych – mebli, maszyn, sprzętu i urządzeń stosowanych w gastronomii. Kryteria uzyskania atestu higieniczności obejmują,

oprócz zastosowanego materiału, odpowiednią konstrukcję odpowiadającą najwyższym wymaganiom higienicznym.

Świadectwa jakości zdrowotnej wydaje Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku w NIZP, po przeprowadzeniu oceny materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, w tym: maszyn i urządzeń stosowanych w przemyśle spożywczym, artykułów gospodarstwa domowego, naczyń kuchennych i stołowych, opakowań środków spożywczych. Świadectwa jakości zdrowotnej dla wyrobów metalowych, ceramicznych, szklanych, przeznaczonych do kontaktu z żywnością wydawane są na zasadach dobrowolności i są ważne przez 5 lat. PZH po wstępnej ocenie wymaganych dokumentów (dokumentacji technicznej) wydaje świadectwo, lub ustala zakres i kryteria wykonania niezbędnych badań. Świadectwa nie dotyczą cech użytkowych danego wyrobu. Świadectwo traci ważność w przypadku wprowadzenia zmian w składzie wyrobu lub technologii jego produkcji. Wprowadzenie zmian w składzie chemicznym, surowcowym lub zmian technologicznych wymaga ponownego ubiegania się o wydanie świadectwa.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami producent jest odpowiedzialny za bezpieczeństwo wyrobów. Materiały i wyroby przeznaczone do kontaktu z żywnością powinny być wytwarzane z przestrzeganiem zasad dobrej praktyki produkcyjnej (GMP). Oznacza to, że nie mogą one powodować niekorzystnych zmian cech organoleptycznych stykającej się z nimi żywności, ani nie mogą uwalniać do żywności składników materiału opakowaniowego w ilościach stanowiących zagrożenie dla zdrowia.

Od 1 stycznia 2006 r. obowiązują przepisy Parlamentu Europejskiego jako pakiet rozporządzeń higienicznych, które mają przyczynić się do zagwarantowania bezpieczeństwa całego łańcucha żywnościowego – „od pola do stołu". Pakiet higieniczny odgrywa ważną rolą we wdrażaniu systemu HACCP. Obowiązuje on zarówno producentów żywności, producentów wyposażenia takich zakładów, jak i producentów opakowań mających kontakt z żywnością.

Poza przepisami i normami dotyczącymi konstruowania maszyn przetwórstwa spożywczego, trzeba także zmierzyć się z innymi jeszcze problemami. Niektóre produkty spożywcze na poszczególnych etapach produkcji lub już w użytkowaniu wykazują się agresywnym oddziaływaniem na różne materiały użyte do budowy maszyn, a także na materiały budowlane pomieszczeń, w których ta produkcja ma miejsce. Nie są to błahe problemy i powodują często trudne do usunięcia uszkodzenia. Dotyczy to przykładowo pieców piekarniczych lub hal, w których produkuje się i pakuje jogurty i kefiry. Także w produkcji kosmetyków i w przemyśle farmaceutycznym, przy produkcji różnych aerozoli występują problemy z zagrożeniem wybuchem lub pożarem. Podobne problemy mają miejsce w cukrowniach. Cukier tworzy mieszaniny wybuchowe z powietrzem w sprzyjających okolicznościach, a skutki wybuchu są poważne. Wybuchy mają też miejsce w młynach. Wbrew temu, co można by sądzić o produkcji żywności, skala wypadków przy pracy jest bardzo duża.

Duża liczba skomplikowanych wymagań i jednocześnie ogromna odpowiedzialność producentów, powoduje, że produkcją wyrobów dla produkcji żywności powinny zajmować się zakłady zatrudniające osoby z dużym doświadczeniem i wiedzą o przepisach i normach w tym zakresie.

Aleksander Łukomski

artykuł reklamowy

Łożyska z wypełnieniem Solid Lube zwiększają bezpieczeństwo, wydłużają czas pracy i zmniejszają koszty eksploatacji w zakładach przetwórstwa spożywczego

Ochrona przed wyciekami środków smarnych z łożysk to niełatwe zadanie – urządzenia z łożyskami bezsmarowymi pozwalają zadbać o bezpieczeństwo żywności.

Sébastien Lukat, Steve Boyd

Choć może się wydawać, że obsługa eksploatacyjna urządzeń stosowanych w przemyśle hutniczym czy też wydobywczym sprawia najwięcej problemów, w rzeczywistości jednym z najtrudniejszych środowisk dla łożysk tocznych są zastosowania w przemyśle spożywczym. Ze względu na trudne warunki pracy i wysokie wymogi sanitarne istnieje ciągłe ryzyko uszkodzenia podzespołów urządzeń. Może to wynikać z dwóch przypadków:

1. gdy z powodu wymogów sanitarnych stosowane w procesie urządzenia muszą być codziennie poddawane agresywnemu myciu z użyciem strumienia wody (o wysokiej temperaturze i ciśnieniu), kwasów i innych substancji żrących, a także środków czyszczących na bazie chloru (przetwórstwo mięsa i nabiału).
2. gdy proces obróbki wymaga zastosowania wysokich temperatur dochodzących do 600 °C (piece).

W obu przypadkach właściwości środka smarnego mające kluczowe znaczenie dla osiągnięcia maksymalnej trwałości łożysk, mogą się obniżać. Rolą środka smarnego jest wytworzenie filmu smarnego oddzielającego elementy toczne łożyska od bieżni. Pozwala to ograniczyć tarcie i zużycie łożysk, co ma wpływ na wydłużenie okresu eksploatacji urządzeń. W większości urządzeń dla przemysłu spożywczego do smarowania łożysk tocznych wymagane jest zastosowanie smarów przeznaczonych dla przemysłu spożywczego. Jednak częste mycie i wysokie temperatury mogą w dużym stopniu degradować własności smaru. Należy pamiętać, że:

- mycie może powodować wnikanie do łożysk środków czyszczących i dezynfekujących na bazie wody, które zmieniają właściwości chemiczne smaru, rozcieńczając olej bazowy i prowadząc do degradacji zagęszczacza.
- wysokie temperatury przyśpieszają utlenianie oleju zawartego w smarze, zmniejszając jego skuteczność.

Najczęstszym sposobem przeciwdziałania tym zjawiskom jest uzupełnianie smaru w łożyskach. Częstotliwość dosmarowywania zależy od warunków pracy i obowiązującego harmonogramu w zakładzie

produkcyjnym. Są zatem przypadki, w których dosmarowywanie przeprowadza się codziennie. To rozwiązanie stwarza jednak pewne problemy:

- zagrożenie bezpieczeństwa żywności: należy pamiętać, że w miarę dodawania nowego smaru, stary może wydostawać się przez uszczelnienia łożysk, co stwarza ryzyko zanieczyszczenia żywności. W wielu zakładach stosuje się pokrywy łożysk, chroniące przed wyciekami. Jednak wewnątrz nich może gromadzić się smar i woda, tworząc idealne warunki do rozwoju bakterii.
- przestoje urządzeń: wielu użytkowników nie posiada wiedzy, w jakim stopniu potrzeba uzupełniania smaru, usuwania wycieków i wymiany łożysk, które uległy zużyciu przed upłynięciem przewidywanego okresu eksploatacji (co wpływa na czas pracy urządzeń).
- większe koszty: dosmarowywanie wiąże się ze zwiększonym zużyciem środka smarnego i całkowitych kosztów pracy, tak aby można było wykonać wymagane czynności. Należy też pamiętać o kosztach wynikających z trudności opisanych powyżej.

Chcąc rozwiązać te problemy coraz więcej producentów żywności i napojów zamiast tradycyjnych smarów do łożysk wybiera polimerowe wypełnienia Solid Lube (PSL). Ma to na celu wydłużenie czasu pracy urządzeń i wyeliminowanie kosztów związanych z ręcznym dosmarowywaniem łożysk. Rozwiązanie to wpływa też na zwiększenie bezpieczeństwa pracy, ponieważ pracownicy nie muszą już smarować trudno dostępnych łożysk.

Zastąpienie standardowych smarów wypełnieniem Solid Lube ma m.in. korzystny wpływ na pracę uszczelnionych łożysk kulkowych, które często stosuje się w urządzeniach przemysłu spożywczego. Ich konstrukcja nie pozwala na dosmarowywanie. Nie można zatem w ten sposób zniwelować degradacji środka smarnego, co często prowadzi do skrócenia okresu eksploatacji łożysk w urządzeniach wymagających częstego mycia. W takiej sytuacji wypełnienie Solid Lube może znacząco poprawić niezawodność urządzeń.

WYPEŁNIENIE SOLID LUBE W ZASTOSOWANIACH O SUROWYCH WYMOGACH SANITARNYCH

Wypełnienie Solid Lube to mikroporowata struktura polimerowa nasączona olejem, która całkowicie wypełnia wolną przestrzeń pomiędzy bieżnią, elementami tocznymi i koszem łożyska. Podczas ruchu obrotowego wypełnienie to dostarcza

Wypełnienie Solid Lube wypełnia wolną przestrzeń w łożysku i pełni rolę dodatkowego zabezpieczenia przed zanieczyszczeniami

odpowiednią ilość oleju, aby zapewnić właściwe smarowanie elementów tocznych i bieżni. Dzięki swojej mikroporowatej strukturze wypełnienie może zawierać nawet do trzech razy więcej oleju niż zwykły smar o tej samej objętości. Pełne wypełnienie przestrzeni sprawia, że do łożyska może przedostać się znacznie mniej środka myjącego, a większa zawartość oleju zapewnia lepsze warunki smarowania elementów tocznych.

To innowacyjne podejście do bezsmarowego zabezpieczenia łożysk pozwala mierzyć się z trzema głównymi wyzwaniami stojącymi przez zakładami przetwórstwa spożywczego:

3. Poprawa bezpieczeństwa żywności przez unikanie ryzyka wycieku i zanieczyszczenia żywności oraz eliminację ognisk bakterii (np. pokryw łożysk).
4. Ograniczenie przestojów wynikających z potrzeby uzupełniania smaru, czyszczenia i zużycia łożysk.
5. Redukcja kosztów związanych z dosmarowywaniem.

Opracowano szeroką gamę typów wypełnienia Solid Lube, dostosowanych do różnych zastosowań. Oto tylko niektóre z dostępnych opcji do wyboru, dostosowanych do rozmaitych potrzeb:

Uniwersalne wypełnienie Solid Lube dla przemysłu spożywczego zawiera wysokiej jakości olej z dodatkami antykorozyjnymi i zmniejszającymi zużycie. Wypełnienia Solid Lube, których temperatura robocza mieści się w zakresie od -45 °C do 93 °C, zostały zarejestrowane przez NSF w kategorii H1 (smary dopuszczone do przypadkowego kontaktu z żywnością). Doskonale nadają się do wielu zastosowań, m.in. w przenośnikach, mieszalnikach i krajalnicach.

Wypełnienia Solid Lube doskonale sprawdzają się też urządzeniach takich jak zamrażarki mechaniczne oraz we wszystkich zastosowaniach, w których występują temperatury pracy poniżej wartości dopuszczalnych dla standardowych smarów i uszczelnień. Wypełnienie to jest też często wybierane ze względu na odporność na niskie temperatury oraz zwiększoną ochronę łożysk przed wnikaniem zanieczyszczeń w niskich temperaturach.

Całkowite wypełnienie przestrzeni wewnątrz łożyska doskonale sprawdza się też w środowisku gdzie występują zanieczyszczenia ścierne, takich jak powlekarki, rozdrabniarki i separatory, w których cząstki stałe mogą uszkodzić uszczelnienia i dostać się do łożysk. Wypełnienie Solid Lube może pełnić rolę dodatkowej bariery ochronnej przed większymi cząstkami.

Wypełnienia Solid Lube o zwiększonej odporności chemicznej zawierają olej odporny na najbardziej agresywne środki myjące stosowane w strefach przetwarzania z miejscami szczególnego zagrożenia. Substancje takie zazwyczaj zawierają rozpuszczalniki organiczne, które ze względu na niską lepkość i napięcie powierzchniowe mogą przedostać się przez uszczelnienia łożysk. Jeśli do tego dojdzie, środki te rozpuszczają olej zawarty w wypełnieniu i w efekcie niszczą warstwę filmu olejowego niezbędną do prawidłowej pracy łożyska. Ten typ wypełnienia jest zwykle wybierany do podobnych zastosowań co w przypadku uniwersalnych wypełnień. Dobór odpowiedniego wypełnienia o zwiększonej odporności chemicznej uzależniony jest od właściwości środków myjących stosowanych w zakładzie.

Wypełnienia Solid Lube odporne na wysokie temperatury zostały opracowane z myślą o urządzeniach, które poddawane są myciu i stosunkowo wysokim temperaturom. Mogą to być na przykład piekarniki i kuchenki mikrofalowe, w których zastosowanie uniwersalnego wypełnienia jest niemożliwe ze względu na przekroczenie limitu temperatury. Szczególny skład wypełnienia odpornego na wysokie temperatury pozwala na jego stosowanie w temperaturze sięgającej 176 °C.

Wielu producentów żywności i napojów już teraz wykorzystuje wypełnienia Solid Lube. W poniższych przykładach zademonstrowano korzystny wpływ, jakie rozwiązanie to może mieć na działalność zakładu.

ZMNIEJSZENIE ZAGROŻENIA POWODOWANEGO PRZEZ ZANIECZYSZCZENIA STAŁE

Przetwórca drobiu borykał się problemami pracy urządzeń do oddzielania kości, ponieważ stosowanie mycia ciśnieniowego powodowało uszkadzanie uszczelnień łożysk. Powstałe zanieczyszczenia były trudne do wykrycia i tworzyły zagrożenie zanieczyszczeniem żywności. Całkowity koszt zanieczyszczonych produktów i obsługi wyniósł 50 000 USD.

Uszczelnione łożyska kulkowe zostały zastąpione rozwiązaniem z blaszkami ochronnymi. Mają one formę metalowych osłon, które zakrywają łożysko i chronią je przed większymi zanieczyszczeniami. Są one lepiej osadzone w łożysku niż uszczelnienia gumowe i mogą być wykryte wykrywaczem metalu. Rozwiązanie to w dużym stopniu ograniczyło zagrożenia dla żywności. Blaszki nie chronią jednak łożysk przed przedostawaniem się do nich zanieczyszczeń podczas mycia i nie przyczyniają się do zatrzymywania w nich smaru, w związku z czym zdecydowano się na zastosowanie wypełnienia Solid Lube. W efekcie okres eksploatacji łożysk wzrósł od dwóch do ośmiu miesięcy, a przetwórca drobiu nie zgłaszał już problemów z zanieczyszczeniem żywności.

DUŻE OSZCZĘDNOŚCI W MAŁYCH KROKACH

Producent żywności dla dzieci miał problemy z systemem rozlewu aseptycznego. Często powtarzane cykle mycia powodowały przedostawanie się wody i substancji chemicznych do łożysk kulkowych, a ponieważ produkcję prowadzono w trybie pracy 24/7, nie było czasu na obsługę prewencyjną. Nie można było uzupełniać smaru w celu wypłukiwania zanieczyszczeń, a łożyska szybko się zużywały. Sytuacja ta powodowała długie przestoje w produkcji, narażając firmę na całkowity koszt ponad 500 000 USD. Zastosowanie wypełnienia Solid Lube zaowocowało wydłużeniem okresu eksploatacji łożysk do ponad roku, co wiązało się z dłuższym czasem pracy urządzeń i znaczącymi oszczędnościami dla firmy.

DODATKOWE OPCJE DO PROCESÓW WYSOKOTEMPERATUROWYCH

Wypełnienie grafitowe Solid Lube (GSL) to zupełnie inny typ środka smarnego niż wypełnienie Solid Lube (PSL), ponieważ nie zawiera oleju.

Jest to całkowicie suchy środek smarny, w którym funkcję oddzielania elementów tocznych łożyska od powierzchni bieżni (i w efekcie ograniczania tarcia i zużywania) pełni tu grafit.

W przypadku tego rozwiązania wolna przestrzeń w łożysku jest całkowicie wypełniona połączonymi cząsteczkami grafitu. Gdy łożysko obraca się, tarcie elementów tocznych o wypełnienie GSL powoduje powstanie warstwy grafitu na ich powierzchni, która oddziela je od bieżni, zapewniając ochronę. Wypełnienie GSL jest najczęściej stosowane w piecach do wypieku chleba, ciast, krakersów i innych produktów spożywczych.

Przetwórca drobiu miał problemy z uszkodzeniami łożysk w piecu taśmowym. W wyniku obecności drobin panierki łożyska zużywały się i wymagały wymiany co dwa tygodnie. Dodatkowo, z powodu wysokich temperatur, konieczne było smarowanie łożysk kilka razy na tydzień.

Na powierzchniach łożysk zastosowano nowe powłoki przeciwdziałające zużyciu. Zastosowane wypełnienie GSL zwiększyło też ochronę przed zanieczyszczeniami. Doprowadziło to do zwiększenia okresu eksploatacji z dwóch tygodni do czterech miesięcy i przyczyniło się do znaczących oszczędności — na samym smarze grafitowym oszczędzono 9000 USD rocznie.

Łożyska z wypełnieniem Solid Lube mogą być skutecznym rozwiązaniem dla producentów żywności i napojów, zapewniającym korzyści związane z higieną urządzeń, bezpieczeństwem produktów spożywczych oraz niezawodnością. Dzięki wielu rodzajom polimerowych i grafitowych wypełnień zakłady przetwórstwa mogą lepiej dostosowywać swoje procesy do różnych warunków i wyzwań.

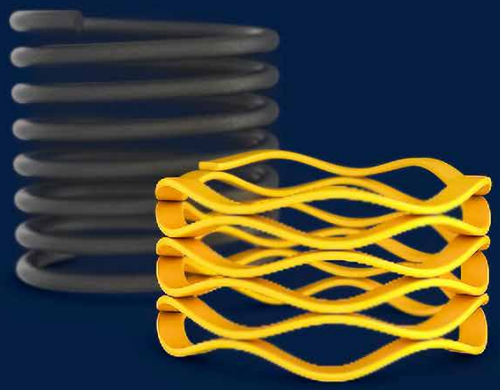
* * *

Dowiedz się więcej na temat łożysk zaprojektowanych specjalnie dla zakładów produkcji żywności i napojów.

Sébastien Lukat
kierownik w Dziale Zastosowań
dla Przemysłu Spożywczego, Timken

Steve Boyd
starszy specjalista
w Dziale Zastosowań, Timken

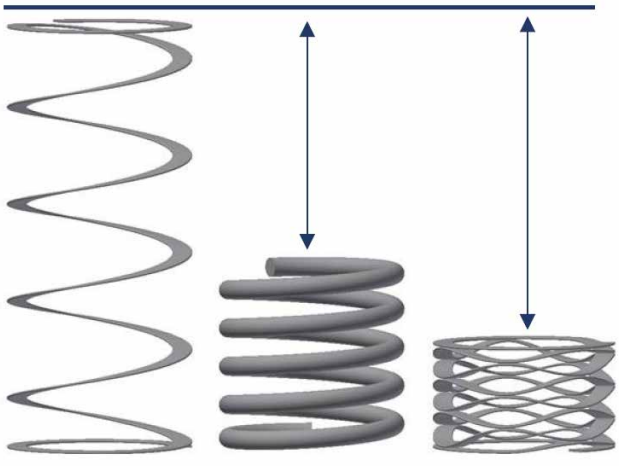
SPRĘŻYNY FALISTE *vs.* SPRĘŻYNY ŚRUBOWE



Amerykańska firma Smalley z satysfakcją i zaangażowaniem dostarcza rozwiązania w zakresie sprężyn falistych dla różnych gałęzi przemysłu.

Czym się różnią sprężyny faliste od sprężyn śrubowych?

W kategorii sprężyn naciskowych możemy wyróżnić zarówno konwencjonalne sprężyny śrubowe, jaki i sprężyny faliste. Zasadniczą funkcją sprężyny naciskowej jest przyjmowanie obciążenia osiowego, przy czym sprężyny faliste cechuje kilka istotnych różnic i zalet w porównaniu ze sprężynami śrubowymi.



Sprężyna śrubowa z płaskiego drutu | Sprężyna śrubowa | Sprężyna falista

OSZCZĘDNOŚĆ MIEJSCA ZE SPRĘŻYNAMI FALISTYMI

Główną zaletą wynikającą z zastosowania sprężyn falistych jest oszczędność miejsca w przestrzeni osiowej. Niezależnie od tego czy w grę wchodzi zastosowanie statyczne czy dynamiczne, sprężyny faliste są idealnym rozwiązaniem tam, gdzie występuje problem ograniczonej przestrzeni.

Najbardziej rzucającą się w oczy różnicą między sprężynami falistymi a śrubowymi jest wysokość. Sprężyna falista może zapewnić takie same wartości siły i ugięcia jak sprężyna śrubowa, lecz w wyraźnie mniejszej przestrzeni osiowej. Sprężyny faliste mają nawet o 50% mniejszą wysokość, przede wszystkim ze względu na dwie zasadnicze cechy konstrukcyjne:

1. Płaski drut – Podczas gdy sprężyny śrubowe są zazwyczaj wykonywane z drutu okrągłego, sprężyny faliste produkuje się z drutu płaskiego. Taki drut zajmuje mniej miejsca w osi pionowej od drutu okrągłego, co przyczynia się do redukcji wysokości całej sprężyny.

2. Fale – Jak sama nazwa wskazuje, sprężyny faliste są pofalowane w obrębie każdego zwoju. Falista konstrukcja ma wpływ na nośność sprężyny. Na rysunku przedstawiono sprężynę śrubową z płaskiego drutu, sprężynę śrubową z okrągłego drutu oraz sprężynę falistą.

Ze względu na no, że sprężyna śrubowa z płaskiego drutu ma cieńszy przekrój drutu niż sprężyna śrubowa z drutu okrągłego, potrzebuje wyższej wysokości swobodnej, by osiągnąć porównywalną obciążalność. Z drugiej strony przekrój drutu sprężyny falistej również jest cienki, a jednak ma ona najniższą wysokość swobodną. Wynika to z unikalnej konstrukcji Crest-to-Crest, która pozwala uzyskiwać porównywalną sztywność do sprężyn śrubowych, ale przy oszczędności miejsca.

NAJCZĘŚCIEJ ZADAWANE PYTANIA

Po wyjaśnieniu zasadniczych różnic między sprężynami śrubowymi a falistymi, przyjrzyjmy się najczęściej zadawanym pytaniom.

1. Czy sprężyna falista może zastąpić sprężynę śrubową?

Sprężyny faliste mogą zapewnić podobną siłę, jak sprężyny konwencjonalne, przy o połowę mniejszej wysokości sprężyny. Ze względu na mniejsze wymiary i niższą masę, sprężyny faliste nie mogą bezpośrednio zastąpić sprężyn śrubowych w danym zastosowaniu bez pomniejszenia przestrzeni roboczej sprężyny. Aby w pełni skorzystać z zalet sprężyn falistych, ich specyfikę należałoby uwzględnić w konstrukcji danego wyrobu.

2. Czy sprężyny faliste działają tak samo jak sprężyny śrubowe?

Tak, sprężyna falista spełnia dokładnie te same zadania co sprężyna śrubowa. Śruby obu typów wywierają siłę osiową pod obciążeniem. Sprężyna falista ulega kompresji, aż do osiągnięcia wysokości roboczej dla danego obciążenia, na takiej samej zasadzie jak sprężyna śrubowa.

Różnica między sprężynami falistymi a śrubowymi polega na sposobie, w jaki akumulują i wyzwalają energię. Sprężyny faliste funkcjonują na zasadzie ugięcia, podobnie jak zwykła belka, podczas gdy sprężyny śrubowe są skrętne. Pod obciążeniem, fale sprężyny falistej ulegają spłaszczeniu, wytwarzając siłę skierowaną do góry i umożliwiając w pełni osiową pracę. Sprężyny śrubowe zaś skręcają się pod obciążeniem, co powoduje, że nie cała siła jest zorientowana osiowo.

3. Czy sprężyny faliste mogą mieć taką samą, lub wyższą sztywność, jak sprężyny śrubowe?

W większości przypadków można osiągnąć podobną, lub większą sztywność, stosując różne modyfikacje, takie jak zmiana liczby fal na zwoju, grubości drutu czy liczby zwojów. Proszę zauważyć, że tolerancje sprężyn falistych dotyczą obciążenia na wysokości roboczej, a nie sztywności, jak w sprężynach śrubowych.

4. Czy sprężyny faliste są tańsze od śrubowych?

Zastosowanie sprężyn falistych może okazać się tańsze z perspektywy całego złożenia. Sprężyny Crest-to-Crest umożliwiają budowę bardziej kompaktowych konstrukcji dzięki niższej wysokości sprężyny, wymagającej mniej miejsca w złożeniu. Przekłada się to na istotne oszczędności kosztów całego złożenia, co ostatecznie przekłada się na korzyści znacznie większe niż różnica kosztów między sprężynami falistymi a śrubowymi. Wniosek? Mimo że jednostkowa cena sprężyny falistej może być większa, uwzględnienie sprężyn falistych w konstrukcji może w rezultacie przynieść oszczędność kosztów.

5. Skoro sprężyny faliste pozwalają redukować wymiary złożenia i oszczędzać koszty, to może powinny być stosowane wszędzie?

Sprężyny faliste są idealnym rozwiązaniem jako sprężyny naciskowe, mieszczące się w ciasnych przestrzeniach osiowych i promieniowych,

jednakże nie nie sprawdzą się w zastosowaniach wymagających dużego zakresu ugięcia i/lub dużej siły. Spójrzmy na przykład na skoczek typu pogo stick. Jego sprężyna musi mieć duży skok i wytwarzać siłę wybicia dla masy ciała użytkownika, co oznacza, że w tym przypadku lepiej sprawdzi się sprężyna śrubowa.

Innym przykładem mogą być zastosowania wymagające rozciągania lub skręcania sprężyny. Sprężyny faliste zostały zaprojektowane wyłącznie pod kątem nacisku.

6. Obecnie stosuję sprężyny śrubowe, ale jestem gotowy przestawić się na sprężyny faliste w celu oszczędności miejsca. Co jeszcze muszę wiedzieć, by wybrać właściwą sprężynę dla mojego zastosowania?

Ze względu na to, że zwykle trudno bezpośrednio zastosować sprężynę falistą w miejsce śrubowej, na dobry początek warto podesłać nam wymagane parametry pracy sprężyny. Zapraszamy do wypełnienia formularza, a inżynier firmy Smalley skontaktuje się z Państwem, by omówić Państwa zastosowanie.

GŁÓWNE PUNKTY:

- Zarówno sprężyny faliste, jak i śrubowe przenoszą obciążenia osiowe, lecz różnią się zastosowaniami, do których nadają się najlepiej.
- Sprężyny faliste to najlepsze rozwiązanie przy ograniczonej przestrzeni osiowej i promieniowej.
- Sprężyny faliste zapewniają tę samą siłę i ugięcie co sprężyny śrubowe, ale zajmują przy tym nawet o połowę mniej miejsca.
- Istotne oszczędności uzyskuje się dzięki redukcji gabarytów złożenia, którego produkcja w konsekwencji wymaga mniej czasu i zużywa mniej materiału.

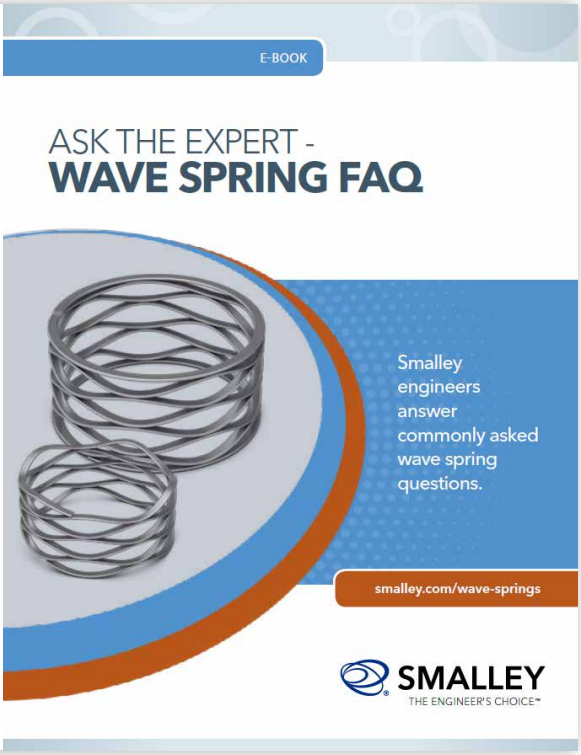
* * *

Jeśli chcieliby Państwo dowiedzieć się czegoś więcej o sprężynach falistych i ich zastosowaniach, zachęcamy do zapoznania się z poniższą publikacją:

Nowy e-book do pobrania:

Kompletny poradnik, przygotowany przez inżynierów firmy Smalley, zawierający odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania odnośnie sprężyn falistych

Poradnik można pobrać tutaj.



Coboty i druk 3D

W ostatnich latach ścieżki rozwoju druku 3D i cobotów (robotów współpracujących) niejednokrotnie się przecinały. Od kameralnych pracowni, drukujących specjalistyczne chwytaki dla cobotów, dedykowane pod konkretne zastosowania, po hale produkcyjne, wypełnione drukarkami 3D, obsługiwanymi przez coboty – kreatywność inżynierów znajduje coraz to nowe połączenia potencjału produkcyjnego technologii przyrostowych z możliwościami cobotów w zakresie automatyzacji.

Jacek Zbierski

Początki rozwoju technologii addytywnych sięgają lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Od tamtego czasu druk 3D przebył długą drogę, od technik laboratoryjnych, przez wykorzystania amatorskie i hobbystyczne, szybkie prototypowanie, po w pełni profesjonalne zastosowania przemysłowe różnych technologii wytwarzania przyrostowego. Obecnie sektor druku 3D rozwija się dynamicznie, odnotowując obecnie skumulowany roczny wskaźnik wzrostu na poziomie 24,3%.

Projekt niedosterowanego chwytaka [3]

Historia cobotów rozpoczęła się nieco później, bo w 1996 roku, kiedy to dwaj profesorowie Uniwersytetu Northwestern opatentowali koncepcję robotów współpracujących, po raz pierwszy używając terminu „cobot". W początkach XXI wieku coboty osiągnęły znaną obecnie postać. Od tamtego czasu doczekały się szeregu zastosowań i adaptacji na potrzeby różnych procesów przemysłowych. Popularyzacja robotów współpracujących i rosnąca konkurencja w branży owocuje aktualnie skumulowanym współczynnikiem wzrostu rzędu 41,5% rok do roku.

Wdrożenia zarówno drukarek 3D, jak i cobotów są wizytówką wielu innowacyjnych firm w różnych gałęziach przemysłu. Kreatywne podejście do procesów technologicznych poskutkowało dostrzeżeniem potencjału tkwiącego w połączeniu funkcjonalności cobotów z możliwościami technologii addytywnych. Opracowywane są różne rozwiązania, wykorzystujące coboty i druk przestrzenny w różnych kombinacjach.

Wraz z postępującą automatyzacją rośnie także potrzeba dostosowania robotów do coraz to nowych, wymagających zastosowań, między innymi w przemyśle motoryzacyjnym, elektronicznym

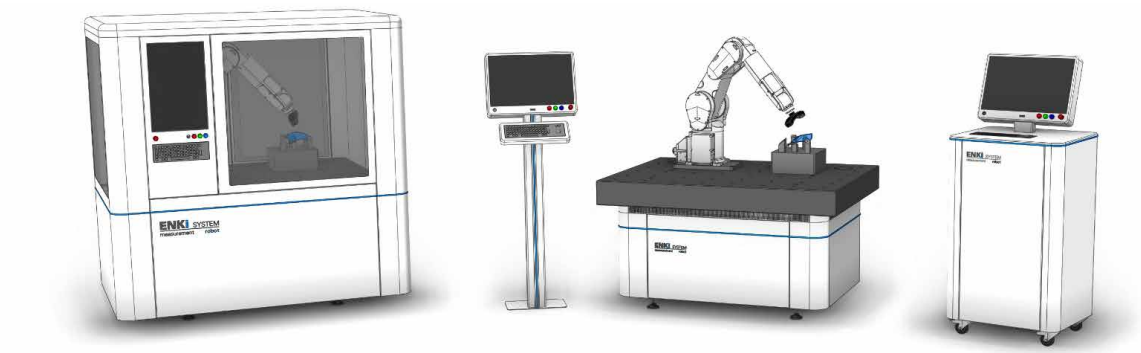
Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Automatyzacja procesów pomiarowych z ENKi System

W chwili obecnej wiele sektorów przemysłu znajduje się pod silną presją rosnących wymagań jakościowych i automatyzacji procesów produkcyjnych. W tej sytuacji wielu producentów z różnych branż staje w obliczu poważnych wyzwań technologicznych, związanych z implementacją nowych rozwiązań kontrolnych w warunkach produkcyjnych z naciskiem na jak największą automatyzację. W odpowiedzi na te wyzwania firma GG Tech Polska opracowała środowisko integracji dostępnych na rynku urządzeń produkcyjnych i kontrolnych – ENKi SYSTEM.



Łączący w sobie doświadczenia w dziedzinie mechaniki, elektroniki, robotyki i metrologii, ENKi SYSTEM stanowi platformę umożliwiającą przystosowanie systemu do kontroli dowolnych wielkości fizycznych, zintegrowaną w ramach linii produkcyjnej, zgodnie z koncepcją In Line Measurement. Może także pracować jako indywidualne stanowisko produkcyjne, załadowcze, załadowczo-pomiarowe lub tylko pomiarowe. W ten sposób ENKi SYSTEM wypełnia lukę pomiędzy manualnymi pomiarami przy użyciu sprawdzianów, a pomiarami maszyną współrzędnościową CMM, przy jednoczesnym podniesieniu dokładności i szybkości pomiaru w stosunku do pomiaru manualnego.

Mierzone wartości mogą być archiwizowane lokalnie lub na dowolnym serwerze. W standardzie system oparty jest o rozwiązania bazodanowe, co owocuje łatwym dostępem, filtracją i obróbką zgromadzonych wyników. ENKi SYSTEM wykorzystuje autorskie oprogramowanie GG Tech Software, opracowane głównie z myślą o integracji dostępnych na rynku urządzeń pomiarowych. Występuje ono w kilku wariantach, oferujących różny poziom funkcjonalności:

- GG LITE jest podstawową warstwą oprogramowania, pozwalającą na definiowanie czujników i budowę planów pomiarowych do obsługi manualnej;
- GG AUTO – oprócz warstwy podstawowej GG LITE ma dodatkowy interfejs do komunikacji ze sterownikami PLC, co umożliwia automatyczną lub półautomatyczną pracę systemu pomiarowego;

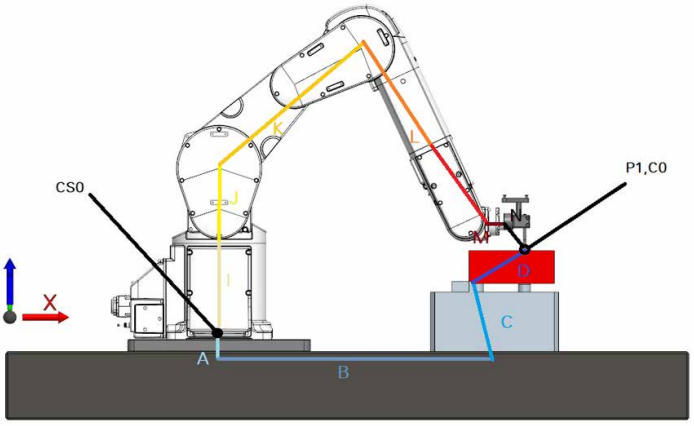
- GG ROBOT – obok podstawowej funkcjonalności GG LITE wyposażony jest we wtyczki do sterowników robotów (natywne wsparcie dla robotów Mitsubishi; możliwość integracji robotów dowolnego producenta);
- GG SKAN oferuje integrację stanowiska do skanowania 3D z systemem GG LITE. Rozwiązanie oparte jest o system Metrolog X-4 oraz skaner + tracker;
- GG VIEW z kolei służy do przeglądania i analizy wyników pomiarów.

W zależności od danego zastosowania możliwe jest rozszerzenie podstawowych funkcjonalności systemu o pakiety i moduły dedykowane do specjalistycznych pomiarów:

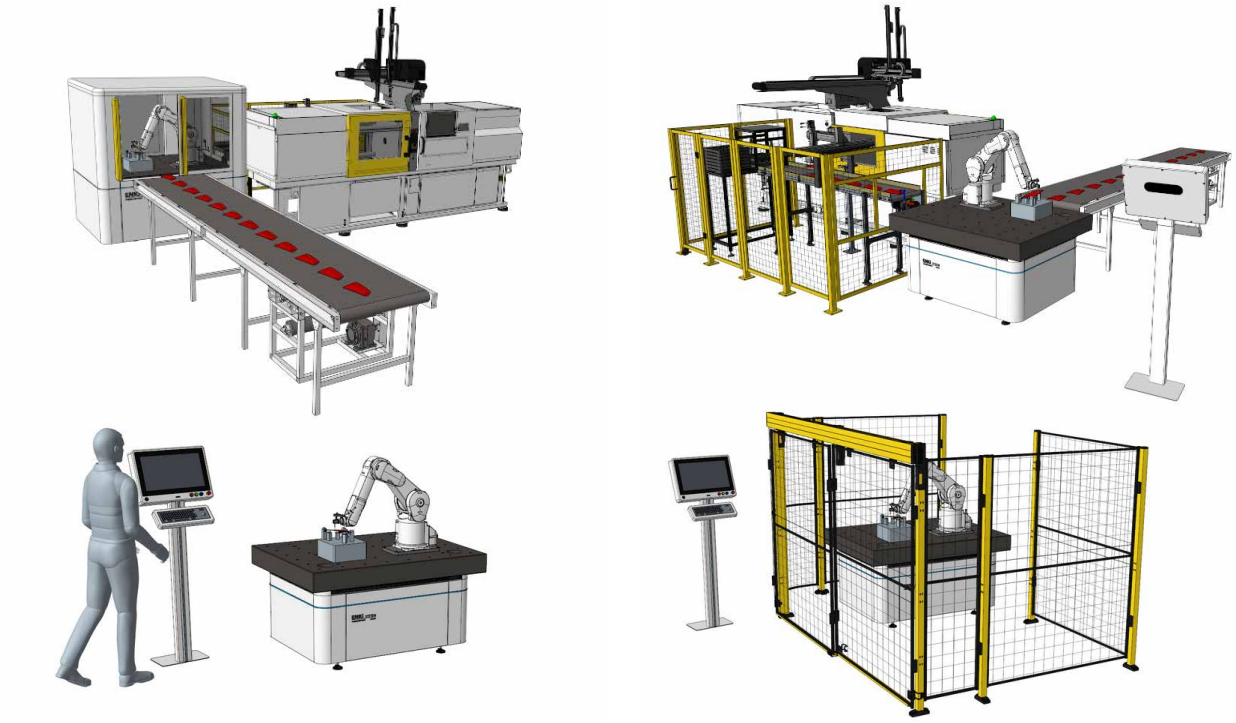
- kompensacja temperaturowa TC – opcja kompensacji rozszerzalności temperaturowych w dokładnych aplikacjach pomiarowych. Implementacja TC poprzedzona jest analizą konkretnego rozwiązania systemu pomiarowego i obejmuje instalację czujników temperatury i rozszerzenie programu pomiarowego o rejestrację temperatur wraz z wartościami kompensacji;
- elastyczna kompensacja temperaturowa FTC – moduł rozszerzający oprogramowanie o interfejs użytkownika umożliwiający tworzenie własnych modeli kompensacji temperaturowych oraz edycję istniejących modeli;
- pakiet dokładnościowy P – umożliwiający zastosowanie mapy błędów dla konkretnego rozwiązania pomiarowego i pozwalający na korekcję wyników o błędy systematyczne układów ustalających, przyrządów, robotów itp.;
- pakiet dokładnościowy PP, dostępny dla manipulatorów, definiuje dowolną dokładność urządzenia dla dowolnego programu sterującego, jednak nie lepszą niż dwukrotność powtarzalności;
- ciągła praca 24/7 – opcja utrzymująca kondycję systemu pomiarowego w produkcyjnym trybie czterobrygadowym. Opcja dostępna jedynie dla robotów Mitsubishi z uruchomionym pakietem PP.

Symulacja rozszerzalności temperaturowej zrobotyzowanego stanowiska pomiarowego z uwzględnieniem zróżnicowanych przyrostów temperatury elementów

ENKi SYSTEM może pracować na praktycznie dowolnym komputerze lub tablecie spełniającym minimalne wymagania sprzętowe. Do przemysłowych zastosowań produkcyjnych oferowany jest jednak dedykowany przez producenta sprzęt, oparty o pasywne chłodzenie i specjalne obudowy, które zostały zaprojektowane do pracy w warunkach produkcyjnych. Konfiguracja umożliwia rozszerzenie o dodatkowe porty RS. Dostępne są panele operatorskie na statywie oraz w postaci mobilnej szafy, w której zainstalować można np. dodatkowy serwer, sterownik, układ chłodzenia, lub inne urządzenia klienta wymagane do zintegrowania w systemie pomiarowym.



Definicja niestandardowego łańcucha kompensacji temperaturowej z uwzględnieniem zróżnicowanej rozszerzalności temperaturowej elementów

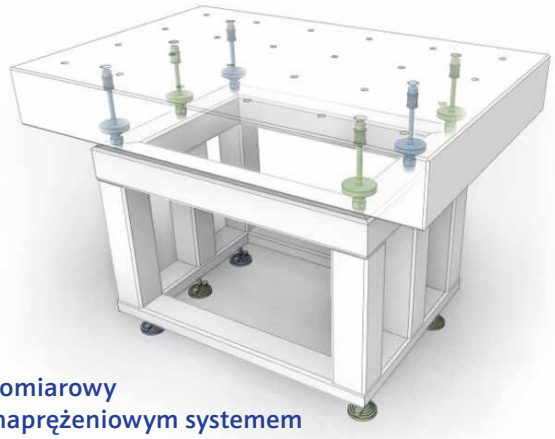


Do budowy stanowisk przeznaczony jest własny typoszereg ram i stołów wraz z kompatybilnymi do nich zabudowami i panelami operatorskimi. Oferowane są blaty granitowe, stalowe oraz aluminiowe. Na potrzeby systemu ENKi opracowano dedykowane rozwiązania:

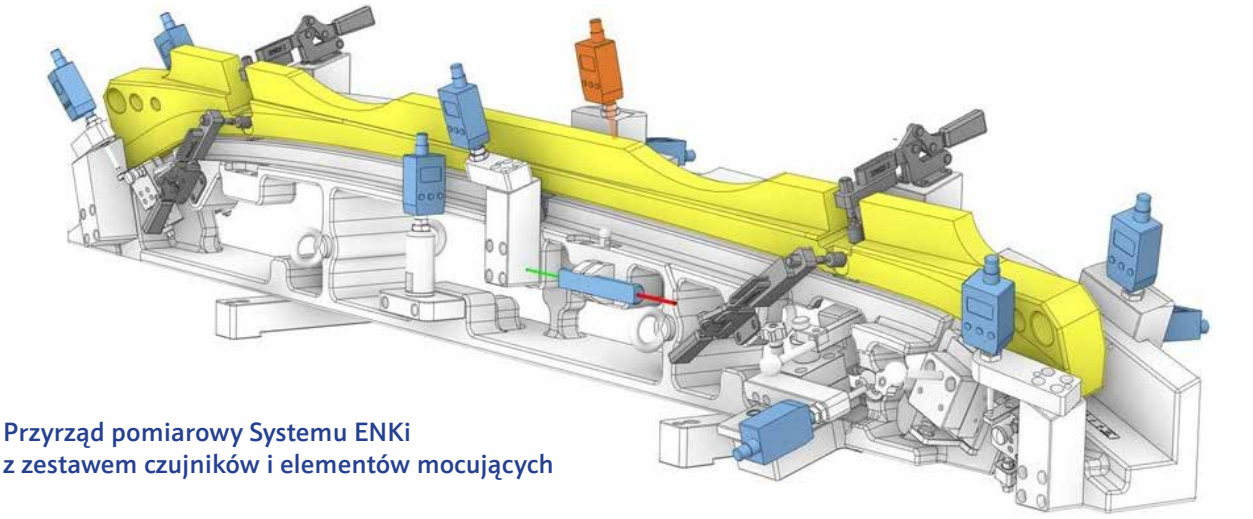
- ENKi BASE – układ prefabrykowanych punktów bazowych, za pomocą których w szybki i łatwy sposób można przezbrajać i rekonfigurować system o dodatkowe roboty i przyrządy w różnych pozycjach. Dostępny standardowo dla blatów metalowych, opcjonalnie wykonywany na blatach granitowych;
- FMS (*Floating Mount System*) – beznaprężeniowy system mocowania stołu do ramy, który charakteryzuje się swobodną rozszerzalnością cieplną płyty stołu;
- PL (*Programming Light*) – programowalna lampa informacyjna umożliwiająca użytkownikowi programowanie sygnałów świetlnych, o zwiększonej funkcjonalności względem zwykłych lamp sygnalizacyjnych.

W zależności od wykonywanych zadań pomiarowych i środowiska produkcyjnego ENKi SYSTEM może być zabudowany w jednej z trzech konfiguracji przestrzennych:

- ENKi OPEN – otwarte stanowisko pomiarowe, opcjonalnie wyposażone w optyczne kurtyny bezpieczeństwa;
- ENKi GUARD – wygrodzone stanowisko pomiarowe, np. ze względu na zastosowanie robota przemysłowego, z oddzielnym panelem operatorskim poza strefą zagrożenia;
- ENKi CLOSE – w pełni obudowane stanowisko pomiarowe, które sprawdzi się w zrobotyzowanych rozwiązaniach na bardzo ograniczonej przestrzeni.



Stół pomiarowy z beznaprężeniowym systemem mocowania blatu FMS



Przyrząd pomiarowy Systemu ENKi
z zestawem czujników i elementów mocujących

Stanowiska mogą zostać wyposażone w już istniejące przyrządy kontrolne klienta lub dedykowane oprzyrządowanie, przygotowane we współpracy z GG Tech Polska. Zastosowanie płyty blatu ENKi BASE umożliwia wykorzystanie adapterów i szybkozłączy do szybkiego przezbrajania przyrządu w cyklu pracy.

Modułowość i elastyczność rozwiązań wchodzących w skład ENKi SYSTEM owocują nie tylko szybką aplikacją systemu kontrolnego na produkcji, ale również potencjałem przebudowy i modyfikacji podzespołów, począwszy od uchwytów, poprzez sensory, automatykę, roboty, stoły, a na korpusach i zabudowach skończywszy. Prawie dwudziestoletnie doświadczenie producenta systemu w budowie narzędzi precyzyjnych sprawiło, że oferowane rozwiązania dedykowane są głównie do pomiarów pozycji, długości i kąta, ale bez problemu mogą integrować instrumenty do pomiaru innych wielkości fizycznych, takich jak masa, siła, temperatura, ciśnienie itp. – jest to jedynie kwestia implementacji dostępnych na rynku układów pomiarowych.

ENKi System

+48 509 68 21 89

poczta@ggtech.com.pl

https://enkisystem.pl

Panel operatorski Systemu ENKi z programowalną lampą informacyjną

ENKi System ze złotym medalem targów ITM

NGAA Catalina II, *czyli legenda powraca*

Latająca łódź Catalina, niezwykle zasłużona podczas II wojny światowej, jest cały czas bardzo pożądanym samolotem. Jak twierdzą właściciele ciągle odnawianych egzemplarzy, tylu zalet nie ma żadna inna maszyna.

Ryszard Romanowski

Oryginalna PBY Catalina w 2016 roku (fot. philippematon / flickr.com / CC BY-SA 2.0)

Lotniska dla Cataliny są niemal wszędzie. W końcu 3/4 powierzchni naszej planety to morza i oceany, a na lądzie jest mnóstwo rzek i jezior. Wszystko to nadaje się do startów i lądowań tej maszyny. Nie straszne jej są umiarkowane fale. Jak twierdzi jeden z pilotów poznanych podczas salonu lotniczego, żaden inny hydroplan czy łódź latająca nie daje takiego poczucia bezpieczeństwa podczas startów i lądowań na wodzie, jak ta konstrukcja z lat czterdziestych ubiegłego stulecia. Oczywiście Catalina może również wykorzystywać lądowe pasy startowe.

Consolidated model 28 narodził się w latach trzydziestych ubiegłego stulecia. Pierwszy lot odbył się 21 marca 1935 roku, a już w następnym roku samolot trafił do marynarki wojennej. Szybko przylgnęła do niego potoczna nazwa PBY Catalina. Skrót literowy to symbolika US Navy: PB oznacza bombowiec patrolowy, a litera Y to kod producenta. Siły kanadyjskie nadały mu nazwę Canso. Początkowo jego przeznaczeniem były naloty bombowe na wrogie okręty i rozpoznanie. Używano go również w wielu akcjach ratowniczych, a nawet jako tankowca. Maszyna zakończyła definitywnie

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Probabilistyczne i stochastyczne metody analizy niezawodności

Podstawą bezpiecznych konstrukcji jest miarodajna specyfikacja systemu, w którym wytrzymałość jest większa niż wpływ czynników zewnętrznych (np. obciążeń fizycznych). Stopień bezpieczeństwa jest zwykle zależny od danej branży i może być zapewniony przy użyciu współczynników bezpieczeństwa lub innych kryteriów wydajności. W przeszłości współczynniki bezpieczeństwa wyznaczano metodą eksperymentalną, jednak obecnie coraz częściej są one wyznaczane na drodze symulacji, w połączeniu z doświadczeniem konstrukcyjnym i ograniczonym zakresem testów, służących walidacji modelu numerycznego.

Współczynniki bezpieczeństwa stanowią pewien margines bezpieczeństwa, odzwierciedlający poziom niepewności – większy współczynnik jest stosowany wówczas, gdy niepewność jest większa. Podejście oparte na współczynnikach bezpieczeństwa prowadzi do takiego typu deterministycznej analizy, w której poszczególne wartości parametrów wejściowych nie reprezentują niepewności w sposób statystyczny. Przykładowo wytrzymałość konstrukcji może zostać określona jako np. 60% największej wartości uzyskanej w ramach eksperymentu. W metodzie probabilistycznej czy stochastycznej współczynniki bezpieczeństwa mogą zostać zastąpione danymi statystycznymi, opisującymi parametry wejściowe, takie jak wytrzymałość materiału lub obciążenie. Bezpieczna konstrukcja jest więc determinowana przez spełnienie wymaganego minimum prawdopodobieństwa defektu lub przez spełnienie kryteriów wydajności w obrębie przeciętnego i standardowego odchylenia (np. wytrzymałość, ugięcie, częstotliwość etc.). Rosnące zapotrzebowanie na analizy probabilistyczne i stochastyczne generowane jest przez wymagania norm i standardów (np. Eurocode 0), a także przez praktyczne i ekonomiczne ograniczenia w zakresie stosowania metody eksperymentalnej.

NIEPEWNOŚĆ I RYZYKO

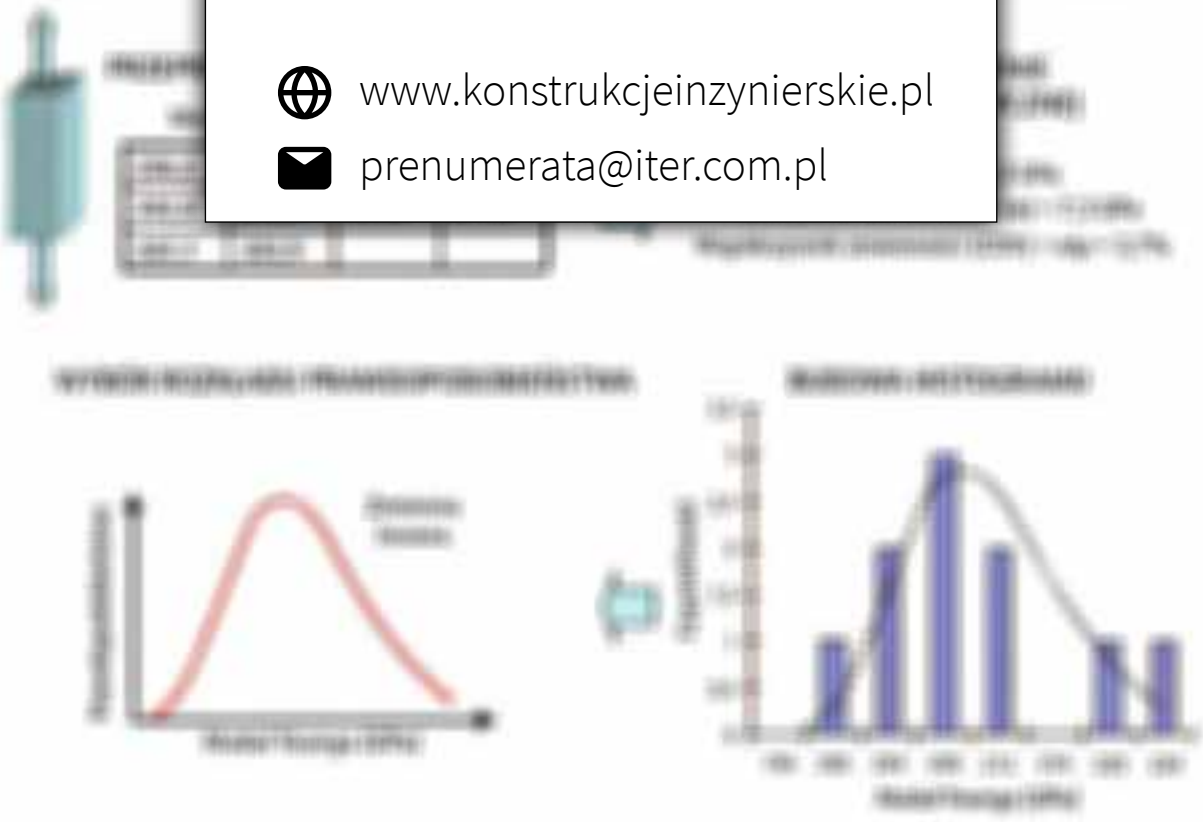
Najprościej mówiąc niepewność można zdefiniować jako brak pewności, wynikający z ograniczonego zasobu wiedzy. To stan, w którym nie można dokładnie określić sytuacji obecnej lub jej skutków w przyszłości. Na przykład kiedy nie do końca znamy wytrzymałość aluminiowej sekcji w danym zastosowaniu konstrukcyjnym. Jednak posługując się specyfikacją dla tego typu materiału i sekcji będziemy dysponować pewną wartością minimalną, która jest większa lub równa wytrzymałości np. 95% wyprodukowanych sekcji.

W kontekście symulacji numerycznych jest szczególnie istotne, by zdać sobie sprawę z istnienia niefizycznych niepewności, które muszą zostać uwzględnione w prognozowanym wyniku danej symulacji. Symulacja z natury jest przecież przybliżeniem. Fundamentalne charakterystyki, takie jak warunki brzegowe, jakość siatki, funkcjonalność i wydajność elementów, wydajność solwera, wszystkie razem wpływają na ograniczenie pewności

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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



Sprzęgła do obrabiarek

Obrabiarki zbudowane są z zespołów i elementów specjalnie zaprojektowanych oraz zespołów i mechanizmów handlowych lub znormalizowanych. Do tych pierwszych zalicza się łoża i inne korpusy, wrzeciona, suporty, imaki, przekładnie pasowe i zębate, zespoły posuwowe i inne. Do zespołów handlowych należą silniki elektryczne lub hydrauliczne, łożyska, uszczelnienia, różne korby i pokrętła, elementy sterowania i napędów hydraulicznych, elektrycznych i elektronicznych, a także sprzęgła. Niekiedy sprzęgła produkowane są przez producentów obrabiarek jako mechanizmy znormalizowane.

Aleksander Łukomski

Jest mnóstwo sprzęgieł o różnej wielkości i różnych rozwiązaniach, używanych w różnych maszynach i w różnych branżach. Jednak głównym celem stosowania sprzęgieł jest prawie zawsze przeniesienie momentu obrotowego z wałka czynnego – silnika, na wałek bierny przekładni maszyny.

W obrabiarkach, ale też w niektórych innych maszynach, sprzęgła wykorzystywane są też do włączania bądź rozłączania napędu innych zespołów kinematycznych obrabiarki, np. przy napędzie jednym silnikiem głównym różnych mechanizmów. Częstym wykorzystaniem jest tu załączanie koła zębatego z wałkiem (na którym jest to koło osadzone), który albo wykonuje ruch obrotowy, gdy koło zębate jest zatrzymane, lub też który nie obraca się, gdy koło zębate wykonuje ruch obrotowy. Po załączeniu sprzęgła elementy te zostają wspólnie wprawione w ruch obrotowy.

Zadaniem sprzęgieł jest również kompensacja niewspółosiowości łączonych wałków, wynikających z odchyłek wymiarów, wad mechanicznych lub błędów montażowych, które mogą powodować niepożądane wibracje, hałas i szybkie zużycie nieodpowiedniego sprzęgła, a nawet uszkodzenie wałów lub ich łożysk.

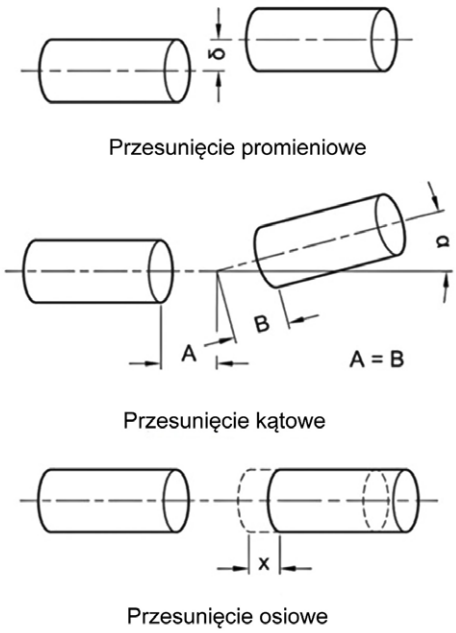
Błędy niewspółosiowości mogą być różne i powinny być uwzględnione podczas dobierania odpowiedniego sprzęgła.

Odchyłki te mogą mieć charakter przesunięć:

- promieniowych (przesunięcie poprzeczne osi wałków, przy zachowaniu ich równoległości);
- kątowych (przecinanie się osi wału napędzającego i napędzanego; osie obu wałków nie pokrywają się, a przecinają pod pewnym kątem);
- osiowych, gdzie występuje zmienna odległość pomiędzy wałami – takie ruchy wynikają najczęściej z wydłużenia cieplnego wałów, gdy materiał rozszerza się na skutek zmian temperatury;
- bicia, kiedy oś obrotu wału nie pokrywa się z osią geometryczną, a ruch obrotowy jest wykonywany mimośrodowo.

W obrabiarkach odchyłki te są małe, liczone w setnych częściach mm, czy ewentualnie dziesiętnych, co wynika z istoty budowy obrabiarek oraz ogólnego poziomu dokładności obrabiarkowej. W innych maszynach może to wyglądać inaczej i te odchyłki mogą być znacznie większe.

Istotą sprzęgła jest jego załączanie i wyłączanie. Jednak niektóre sprzęgła stosowane w obrabiarkach nie są przeznaczone do sprzęglania i wysprzęglania



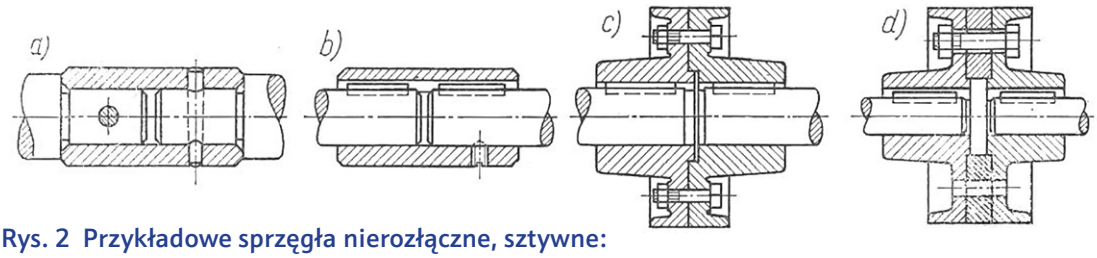
Rys. 1 Błędy współosiowości łączonych sprzęgłem wałków

podczas normalnego, zgodnego z przeznaczeniem użytkowania obrabiarki. Wysprzęgla się je np. podczas serwisu lub awarii, często używając specjalnych narzędzi. Takie sprzęgła nazywa się nierozłącznymi. Sprzęgła te mogą być sztywne lub podatne (Rys. 2, 3). Sprzęgła nierozłączne sztywne są rzadziej stosowane w obrabiarkach, wymagają dużych dokładności wykonania łączonych wałków, a także zespołów z tymi wałkami i ich montażu, oraz sprawiają trudności w ich załączaniu i rozłączaniu.

Sprzęgła nierozłączne podatne są często stosowane w obrabiarkach. Głównymi częściami takiego sprzęgła nierozłącznego podatnego są dwie tarcze zamontowane na wale pędzącym (silnik elektryczny) i napędzanym, połączone ze sobą podatnymi łącznikami – sprężynami o różnych kształtach lub przekładkami elastomerowymi. Materiał łącznika obok sprężystości powinien wykazywać histerezę odkształceniową. Sprężyste własności sprzęgła określa się za pomocą wskaźnika sprężystości. W zależności od konstrukcji sprzęgła podatnego może mieć ono różną charakterystykę, np. o stałym współczynniku sprężystości lub progresywną, o rosnącym współczynniku sprężystości. Dobór odpowiedniej charakterystyki sprzęgieł do projektowanego napędu obrabiarki jest ważny, gdyż łagodzą one nagłe obciążenie kół zębatych skrzynki przekładniowej podczas rozruchu. Histereza odkształceniowa łączników powoduje, że część energii odkształcenia zmienia się na ciepło. Ta właściwość powoduje, że sprzęgła te wykazują zdolność tłumienia drgań, co jest niezwykle ważne przy zmiennych obciążeniach obrabiarki. Sprzęgła podatne stosuje się w zasadzie przy mocy silnika powyżej 5 kW. Przy mniejszych mocach i mniejszych zmiennych obciążeniach stosowane są inne rozwiązania podatne, np. przekładnie pasowe klinowe lub sprzęgła cierne. Przy większych mocach i masach ruchomych obrabiarek stosuje się też specjalne rozwiązania elektryczno-elektroniczne wolnego rozruchu i wolnego hamowania napędów.

Większość sprzęgieł kompensuje przesunięcia, niewspółosiowość lub bicie. Czynią to jednak w różnym stopniu. Wybór odpowiedniego sprzęgła, zwłaszcza handlowego, polega więc przede wszystkim na dopasowaniu typu sprzęgła do charakteru danego odkształcenia. Dla skompensowania głównie błędów współosiowości łączonych wałów, przy mniejszym wymogu podatności sprzęgła, stosuje się różne inne rozwiązania konstrukcyjne sprzęgieł, zwane ogólnie sprzęgłami odsuwnymi. Kilka przykładowych pokazano na fotografii 1.

Fot. 1 Cztery przykładowe typy sprzęgieł odsuwnych – od lewej: mieszkowe, helikalne, Oldhama, kłowe (źródło: Maedler North America)

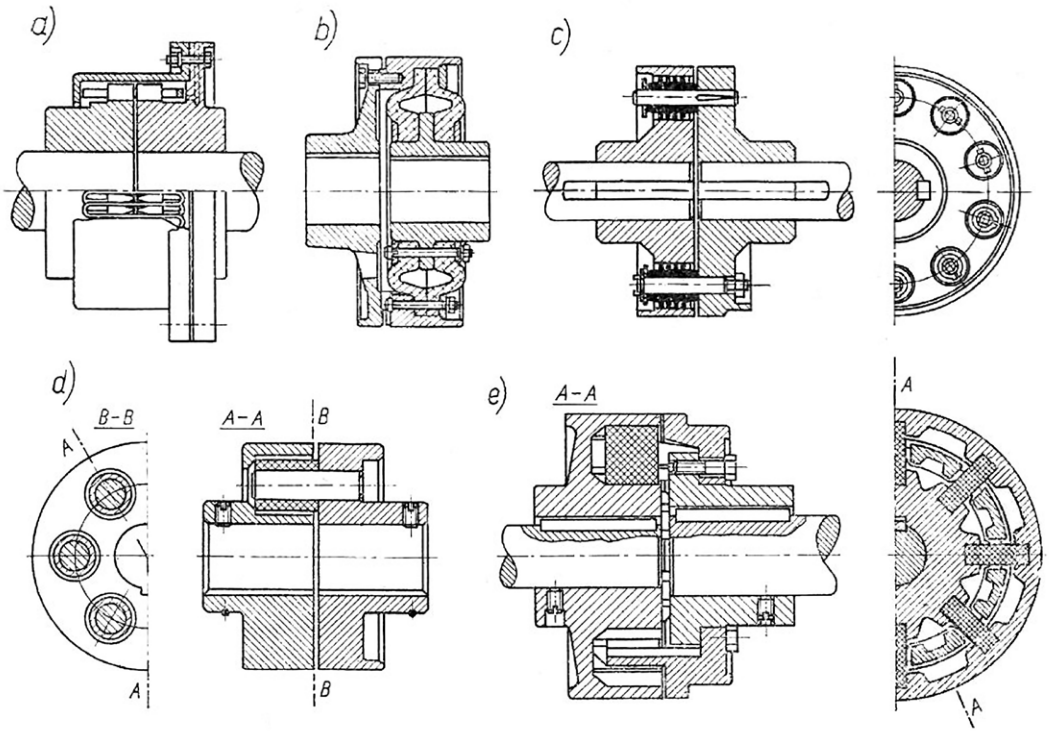


Rys. 2 Przykładowe sprzęgła nierozłączne, sztywne:
a,b – tulejowe, c – kołnierzowe, d – kołnierzowe z pierścieniem pośrednim

Ciekawym i skutecznym rozwiązaniem jest stosunkowo proste sprzęgło odsuwne Oldhama, pokazane na rysunku 4. Można je łatwo wykonać we własnym zakresie. Stosuje się je do kompensacji odkształceń o wielkości $e < 0{,}01d + 0{,}25$ mm, przy nieznacznym przechyleniu osi wałów względem siebie pod kątem mniejszym niż 40'. Posiada ono dwie tarcze z rowkami, które obracają się z jednakową prędkością kątową. Pomiędzy nimi znajduje się tarcza pośrednia z wypustami – prowadnicami, której środek porusza się po okręgu koła o średnicy e z podwójną prędkością kątową. Przy ruchu tym występuje ślizganie ze zmienną prędkością tarczy środkowej w prowadnicach tarcz osadzonych na wałach. Obliczanie sprzęgła Oldhama sprowadza się do sprawdzenia nacisków jednostkowych na powierzchniach ślizgowych. Prowadnice powinny być wykonane w pasowaniu suwliwym. Stosunek $d/D = 0{,}3\text{-}0{,}4$, a łączna szerokość tarcz $L = 0{,}9\text{-}1{,}0$ D. Dopuszczalne naciski jednostkowe zależą od materiału tarczy pośredniej. Wykonać ją można np. z tekstolitu lub poliamidu, ale też z żeliwa. Tarcze stalowe powinny być hartowane. Sprzęgło podczas montażu należy nasmarować.

Istnieją inne rozwiązania sprzęgła Oldhama, gdzie zamiast tarczy pośredniej stosuje się klocek pośredni. Są też znane inne rozwiązania sprzęgieł odsuwnych, np. mieszkowe, helikalne, czy kłowe.

Do sprzęgieł stałych zalicza się też sprzęgła wychylne (przegubowe) – Cardana, które stosowane są w obrabiarkach do łączenia wałów równoległych, z których jeden może się przesuwać poprzecznie. W tym celu wał pośredni składa się dwóch części, połączonych ze sobą teleskopowo.



Rys. 3 Przykładowe rozwiązania sprzęgieł podatnych: a) ze sprężyną wężykową, b) z gumową przeponą, c) z wkładkami skórzanymi, d) z wkładkami gumowymi, e) kłowe z wkładkami gumowymi

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Latające skrzydła oraz konstrukcje do nich zbliżone – *rozwiązania techniczne i wybrane patenty* cz. 1

W artykule przedstawimy ogólnie wybór niektórych projektów i koncepcji dotyczących samolotów w układzie latającego skrzydła oraz konstrukcji do nich zbliżonych. Temat ten jest bardzo szeroki, a artykuł, z uwagi na swoją ograniczoną objętość, jest tylko wprowadzeniem do zagadnienia i zachętą do dalszych badań[1].

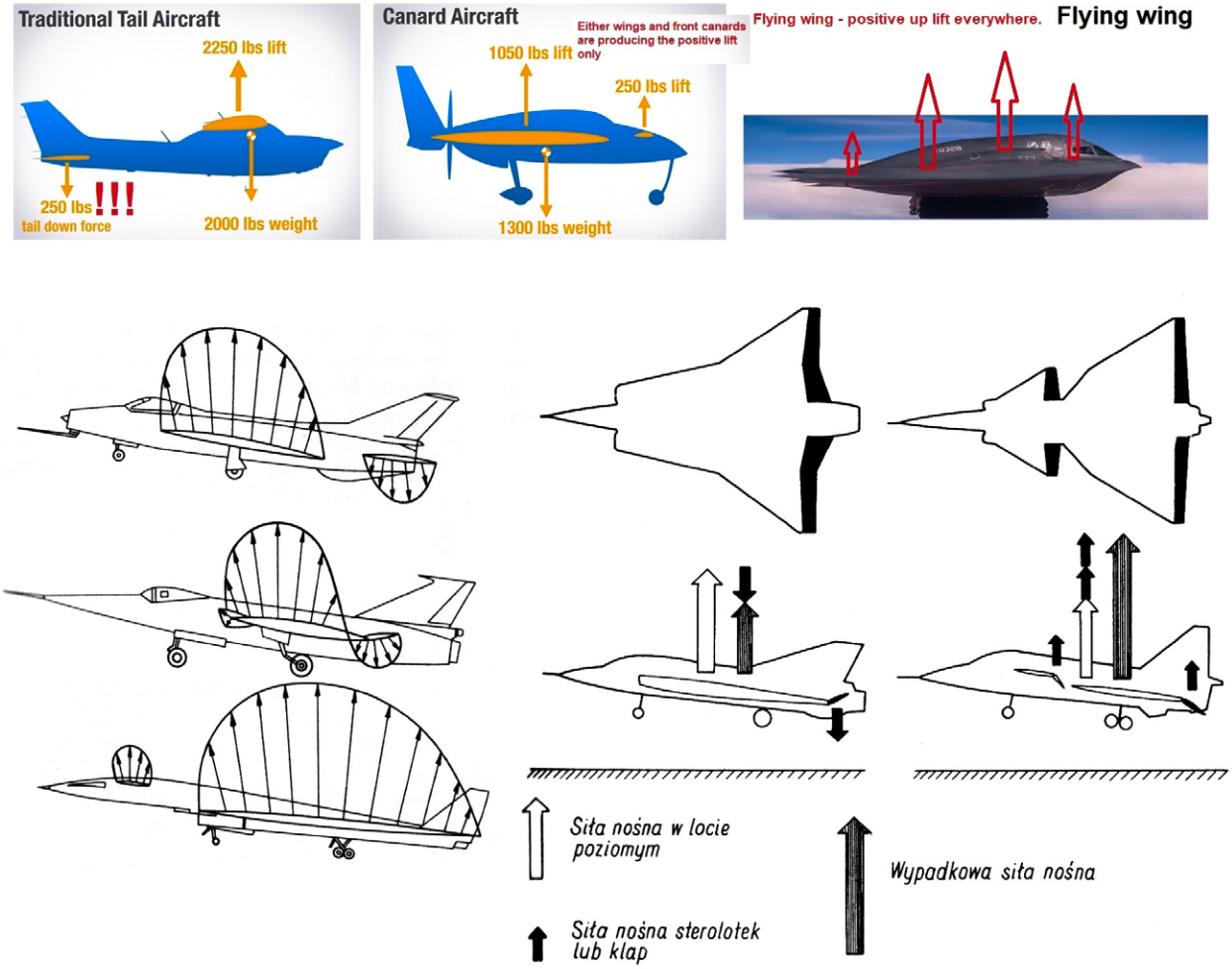
Warto dodać, że termin „latające skrzydło" jest trudny do definitywnego określenia. Jego definicje można spotkać w literaturze, choć granica między klasycznymi latającymi skrzydłami, samolotami bezogonowymi oraz samolotami w układzie delta często bywa płynna. Można także wyszczególnić szereg samolotów o spłaszczonym kadłubie, wytwarzającym dużą część siły nośnej, których nie zaliczamy do latających skrzydeł (np. F-14, F-15, MiG-29 czy Su-27)[2].

Jakub Marszałkiewicz

Samolot to specyficzna konstrukcja techniczna, w której nie powinno być żadnych zbędnych elementów. Jego formę powinny wyznaczać same prawa natury. Projektując statki powietrzne powinno się dążyć do uzyskania jak najlepszych osiągów, przy jak najmniejszych stratach efektywności. Żaden inny rodzaj statku czy pojazdu nie jest bowiem tak wrażliwy na wzrost masy oraz oporu aerodynamicznego jak statek powietrzny. W konstrukcji tradycyjnego samolotu wyodrębniamy jego podstawowe elementy, jak skrzydła, wytwarzające większość siły nośnej, kadłub mieszczący załogę, pasażerów i ładunek, oraz usterzenie, które stabilizuje lot. Rozwój tradycyjnych samolotów przyzwyczaił nas, że każdy z tych elementów zasadniczo służy do czegoś innego i stan ten jest powszechnie akceptowany. Uznano bowiem za słuszne i niemal niezmienne, że skoro kadłub pełni rolę „pojemnika" na ludzi i ładunek to nie musi przy tym wytwarzać znaczącej siły nośnej (lub nie musi jej wytwarzać wcale), a także, iż skoro usterzenie tylne zapewnia nam stabilizację lotu, to nie musi przykładać się do wzrostu osiągów samolotu (a wręcz godzimy się z tym, że wytwarzając ujemną siłę nośną skierowaną w dół, pogarsza się osiągi).

1 Warto zwrócić uwagę na publikację, która zawiera opisy wszystkich samolotów w układzie latającego skrzydła oraz konstrukcji do nich zbliżonych, które powstały do końca pierwszej dekady XXI w.: B. Rose, *Secret Projects: Flying Wings and Tailless Aircraft*, wyd. Midland Publishing, Wielka Brytania 2011.

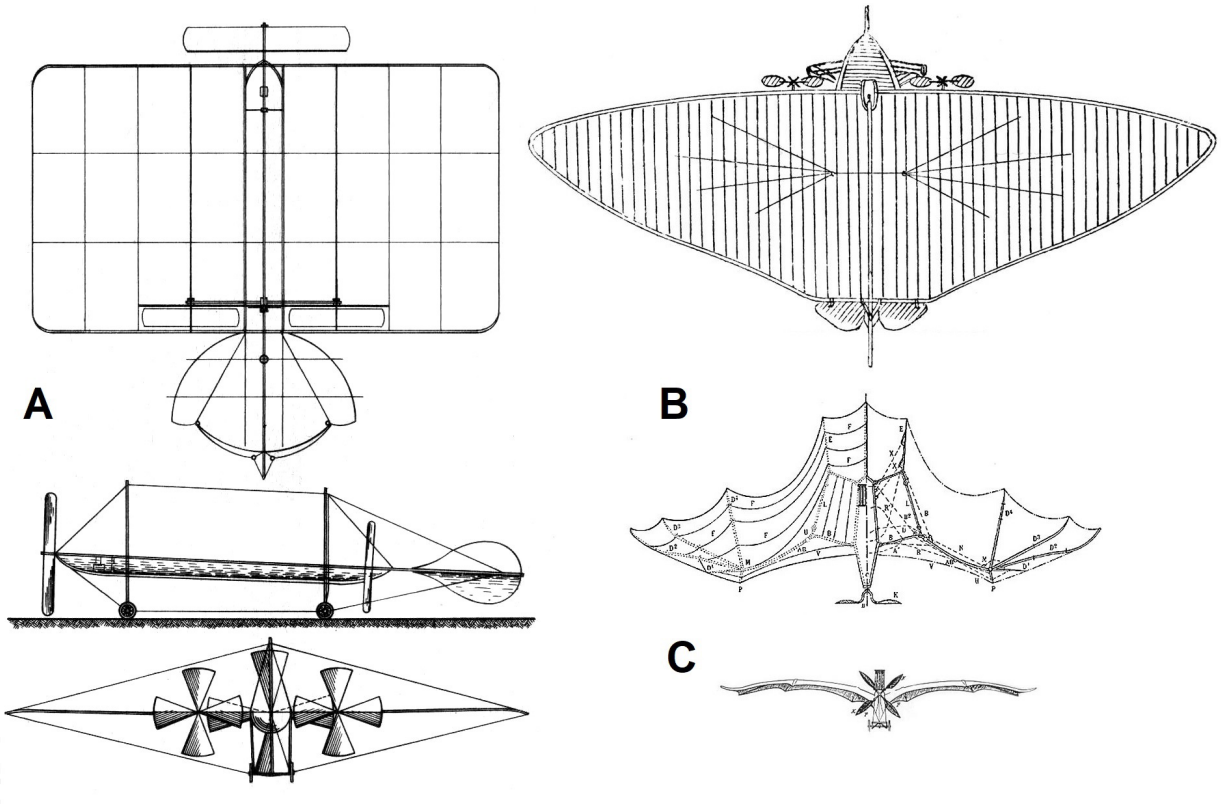
2 W maju 1983 r. F-15 Eagle zderzył się w powietrzu z A-4 Skyhawk podczas ćwiczeń nad pustynią Negew w Izraelu. F-15 zdołał bezpiecznie wylądować w pobliskiej bazie lotniczej, mimo że jego prawe skrzydło zostało prawie całkowicie odcięte podczas zderzenia. Było to możliwe dzięki dużej sile nośnej, wytwarzanej przez płaski kadłub, oraz wysokiemu ciągowi silników.



Rys. 1 Różnica w wytwarzaniu siły nośnej między samolotem w układzie klasycznym, w układzie kaczka oraz latającym skrzydłem; jak widać w tym ostatnim, praktycznie cała konstrukcja samolotu wytwarza siłę nośną skierowaną do góry (https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/aircraft-systems/canards). Dolna część rysunku przedstawia te same zjawiska (E. Cichosz: *Rozwój samolotów naddźwiękowych*, WKiŁ, Warszawa 1980)

Okazuje się jednak, że wcale tak być nie musi. Opracowano bowiem układy aerodynamiczne, gdzie duża część (układ kaczka, BWB) lub praktycznie całość powierzchni samolotu (latające skrzydło) nie tylko spełnia rolę „pojemnika" na ludzi, ładunek czy paliwo, ale także wytwarza siłę nośną.

Latające skrzydło było rozpatrywane od początku historii lotnictwa. Już opracowane pod koniec XIX wieku aeroplany, jak szybowiec Lilenthala z ok. 1895 r., francuski samolot Eole Adera z 1890 r., rosyjski samolot Możajskiego z 1882 r., francuski samolot Penauda z 1876 r., a nawet przełomowy amerykański Wright Flyer z 1903 r., miały wiele cech przypisywanych latającym skrzydłom, w niektórych przypadkach wręcz nimi były (zwłaszcza Ader, Penaud). W latającym skrzydle prawie 100% powierzchni samolotu wytwarza znaczną siłę nośną. Rozwiązanie wydaje się idealne. Dlaczego więc na początku XX w. zaczęto od niego odchodzić? Problemem okazało się utrzymanie stabilnego lotu. Samolot w układzie latającego skrzydła z reguły jest o wiele trudniejszy w pilotażu i wymaga o wiele większej uwagi ze strony pilota, niż samolot tradycyjny z tylnym usterzeniem. W początkowym okresie lotnictwa był to poważny problem, który zniechęcił większość konstruktorów. Dziś problem ten może być przezwyciężony przez elektroniczne systemy automatycznego sterowania, lecz niechęć do latających skrzydeł nadal jest częsta. Żaden z wprowadzonych do służby cywilnych samolotów komunikacyjnych nie ma takiego układu. Latające skrzydło wykorzystano jedynie w kilku typach samolotów bojowych (z „niewidzialnym"



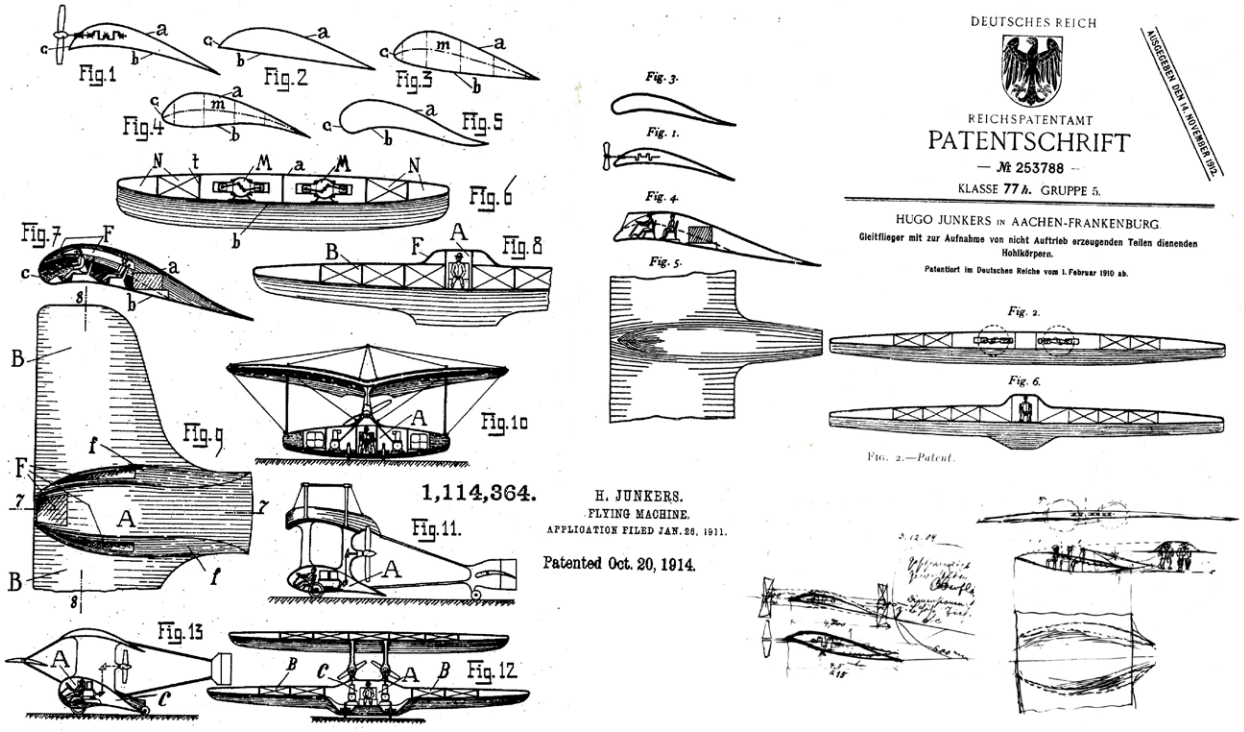
Rys. 2 Samoloty z XIX stulecia, które wykazywały cechy latającego skrzydła: Możajskiego (A), Penauda (B) oraz Eole Clemensa Adera (C)

bombowcem Northrop B-2 na czele) oraz w nielicznych szybowcach i samolotach eksperymentalnych. Jest ono natomiast popularne wśród bezzałogowych statków powietrznych (dronów). W liniach lotniczych nadal występują wyłącznie samoloty w układzie tradycyjnym, z amerykańskim Boeingiem B737 (produkowany od 1968 r.) oraz europejskim Airbusem A320 (w służbie od w 1988 r.) na czele. W trzeciej dekadzie XXI w. warto by pomyśleć o ich następcach, tym bardziej, że samolot w układzie latającego skrzydła może zużywać nawet 15-20% mniej paliwa, niż samolot tradycyjny o tej samej masie. Jeśli wziąć pod uwagę rozwój materiałów, zespołów napędowych i innego wyposażenia, zysk ten może być jeszcze większy.

Warto dodać, że oprócz klasycznego, „czystego" latającego skrzydła wykreowała się także podgrupa samolotów w dużym stopniu nawiązujących do tej koncepcji. Są to bezogonowce, czyli samoloty, które mają kadłub, lecz w których duży płat jest jedyną powierzchnią wytwarzającą siłę nośną (ogon nie wytwarza tam żadnej siły nośnej). Usterzenie takiego samolotu (jeśli występuje) ma jedynie stateczniknik pionowy[3]. Bezogonowce zasadniczo występują

Rys. 3 DH-108 Swallow oraz Concorde

3 W Polsce opracowano w tym układzie szybowce eksperymentalne SZD Nietoperz oraz Wampir. Ich szczegółowy opis znajduje się m.in. w książce: T. Murawski (red.), *Szybowce bezogonowe SZD*, Warszawa 2015; http://tmdale.prv.pl/



Rys. 4 Patenty Hugo Junkersa nr 253788 (niemiecki – po prawej) oraz nr US 1114364A (amerykański – po lewej) zgłoszone w latach 1910-1911. W prawym dolnym rogu rysunki Junkersa z 1909 r.

w odmianie z relatywnie dużym wydłużeniem skrzydła (np. DH-108 Swallow) oraz w odmianie ze skrzydłami delta, które najbardziej przypomina klasyczne latające skrzydło (np. Concorde) (Rys. 3).

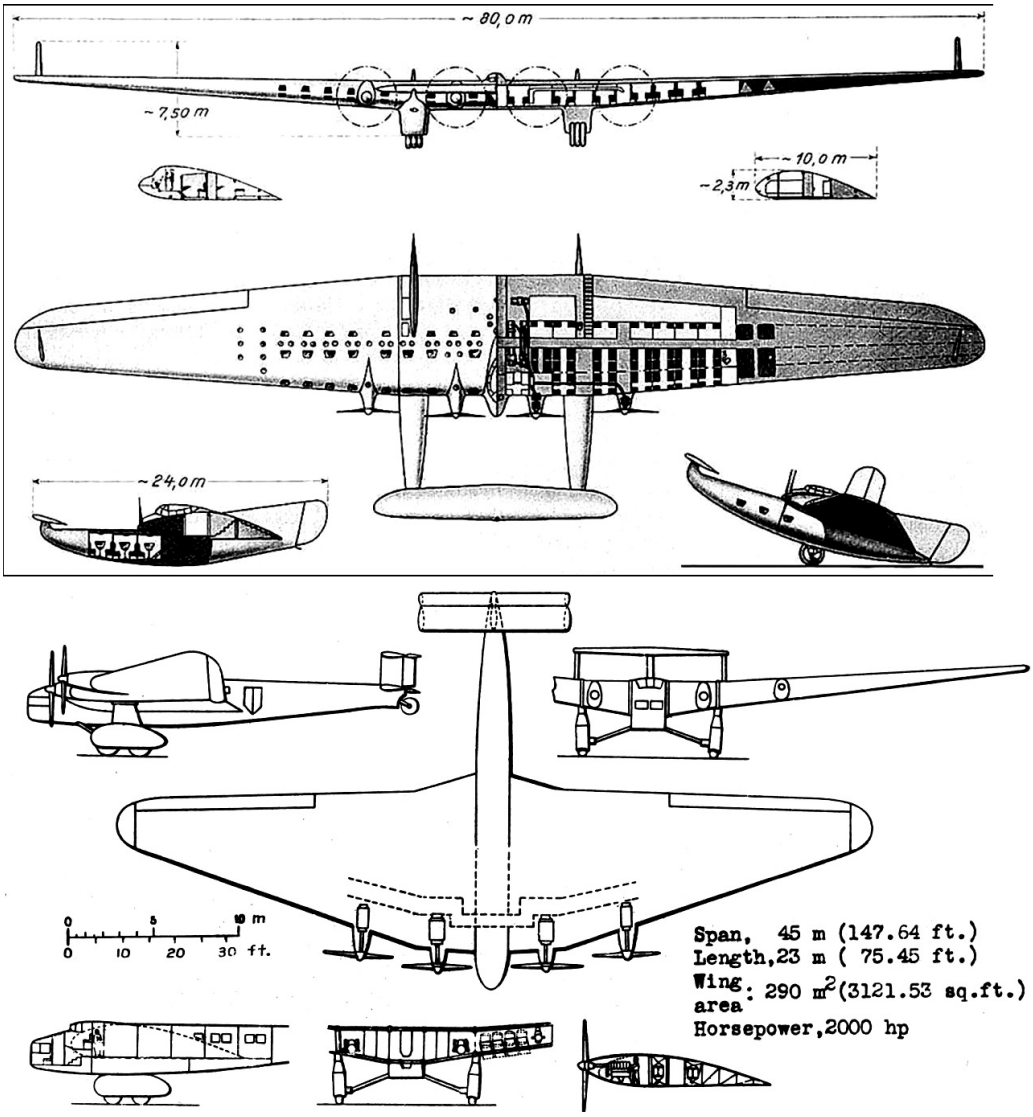
PROJEKTY JUNKERSA

Za podstawę koncepcji współczesnych latających skrzydeł oraz bezogonowców uważa się prace Hugo Junkersa, który w 1911 r. zgłosił patent zawierający kilka wariantów samolotu, w tym latającego skrzydła[4] (Rys. 4). Junkers podkreślił w opisie, iż w maszynie stanowiącej przedmiot wynalazku wszystkie części, które nie służą do zwiększenia siły nośnej maszyny, są zamontowane wewnątrz konstrukcji samolotu, tak że nie powodują wzrostu oporu. W środku kadłuba, będącego formą płata, mają znajdować się także silniki, całe wyposażenie oraz kabina. Junkers przewidywał także wersję dwupłatową z kabiną, silnikami i wyposażeniem w dolnym płacie. Jedna z opisanych tam koncepcji była jednak klasycznym latającym skrzydłem bez usterzenia, której sylwetka przypomina współczesne samoloty tego rodzaju.

Zgodnie z rysunkami patentowymi Junkersa zespół napędowy powinien zawierać silniki tłokowe umieszczone w skrzydłach, co nie jest jednak warunkiem koniecznym w praktyce. Dokument patentowy Junkersa skupia się na opisie samego skrzydła, możliwie najdoskonalszego aerodynamicznie, lecz przyjmuje się, że dotyczy on koncepcji całego samolotu w układzie latającego skrzydła. Junkers wykorzystał niektóre z tych założeń po raz pierwszy w samolocie eksperymentalnym J.1 z 1915 r., który był pierwszym na świecie samolotem o konstrukcji całkowicie metalowej[5]. Był to jednopłatowy samolot o układzie klasycznym

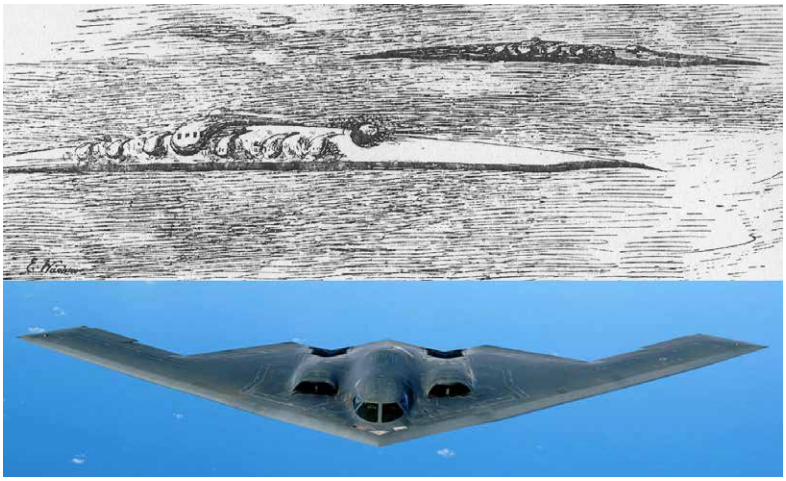
4 H. Junkers, *Gleitflieger mit zur Aufnahme von nicht Auftrieb erzeugenden Teilen dienenden Hohlkörpern*, Patentschrift Nr. 253788, zgłoszony 01.01.1910, udzielony 14.11.1912 oraz patent amerykański *The flying mashine*, patent US 1114364A, zgłoszony 26.01.1911, udzielony 20.10.1914.

5 P. Górski, Junkers J.1, w: „Skrzydlata Polska", nr 33-34/1983, s. 11. We Francji powstał w tym czasie podobny samolot Antoinette Monobloc. Wybór metalu jako materiału, z którego zrobiono samolot J.1 wziął się z dużego doświadczenia Junkersa w produkcji w swoim przedsiębiorstwie Junkers und Co. w Dessau pieców gazowych i kalorymetrów. Warto zaznaczyć, że w 1917 r. te same zakłady opracowały także szturmowy metalowy dwupłatowiec Junkers J.I, a samolotów tych nie należy mylić.



Rys. 5 Projekt Junkers J.1000 z początku lat 20. (niezrealizowany) oraz Junkers G.38 zbudowany w 1929 r. J.1000 miał być samolotem w układzie kaczka, a G.38 miał usterzenie klasyczne, lecz ich wielkie płaty w dużym stopniu nawiązywały do koncepcji latającego skrzydła (źródła: rysunki J.1000 – Junkers, rysunki G.38 – NACA)

(z typowym usterzeniem tylnym), lecz w jego grubych skrzydłach umieszczono dźwigary o tak dużej wytrzymałości, że można było zrezygnować z zastrzałów. Idea Junkersa odzwierciedliła się w jeszcze większym stopniu w kilku jego projektach, w tym w projekcie samolotu komunikacyjnego J.000 z początku lat 20. Projekt ten zakładał duży samolot w układzie kaczka, który dzięki wielkim płatom nawiązywał mocno do idei latającego skrzydła. Samolot miał mieć rozpiętość 80 m, cztery silniki umieszczone w płatach i mógł zabierać 100 pasażerów. W 1929 r. Junkers zbudował podobny samolot G.38, lecz z usterzeniem klasycznym. Projekty te miały usterzenie (J.1000 w formie kaczki, zaś w G.38 w układzie klasycznym), lecz ich wielkie płaty w dużym stopniu nawiązywały do koncepcji latającego skrzydła i są uważane za prekursorów tej idei[6] (Rys. 5).



Rys. 6 Grupa futurystycznych bombowców w układzie latającego skrzydła – rysunek z książki Hansa Rittera „Der Luftkrieg" z 1926 r. (wyd. Verlag von K.F. Koehler, Berlin 1926; wersja polska: „Wojna powietrzna", wyd. Napoleon V, 2016) oraz współczesny bombowiec Northrop B-2 opracowany pod koniec lat 80.

W książce Hansa Rittera „Der Luftkrieg" z 1926 r. znajduje się rycina przedstawiająca grupę futurystycznych bombowców w układzie latającego skrzydła zatytułowana „Bitwa powietrzna roku 19??". Samoloty te bardzo przypominają bombowiec Northrop B-2 z końca XX stulecia (Rys. 6).

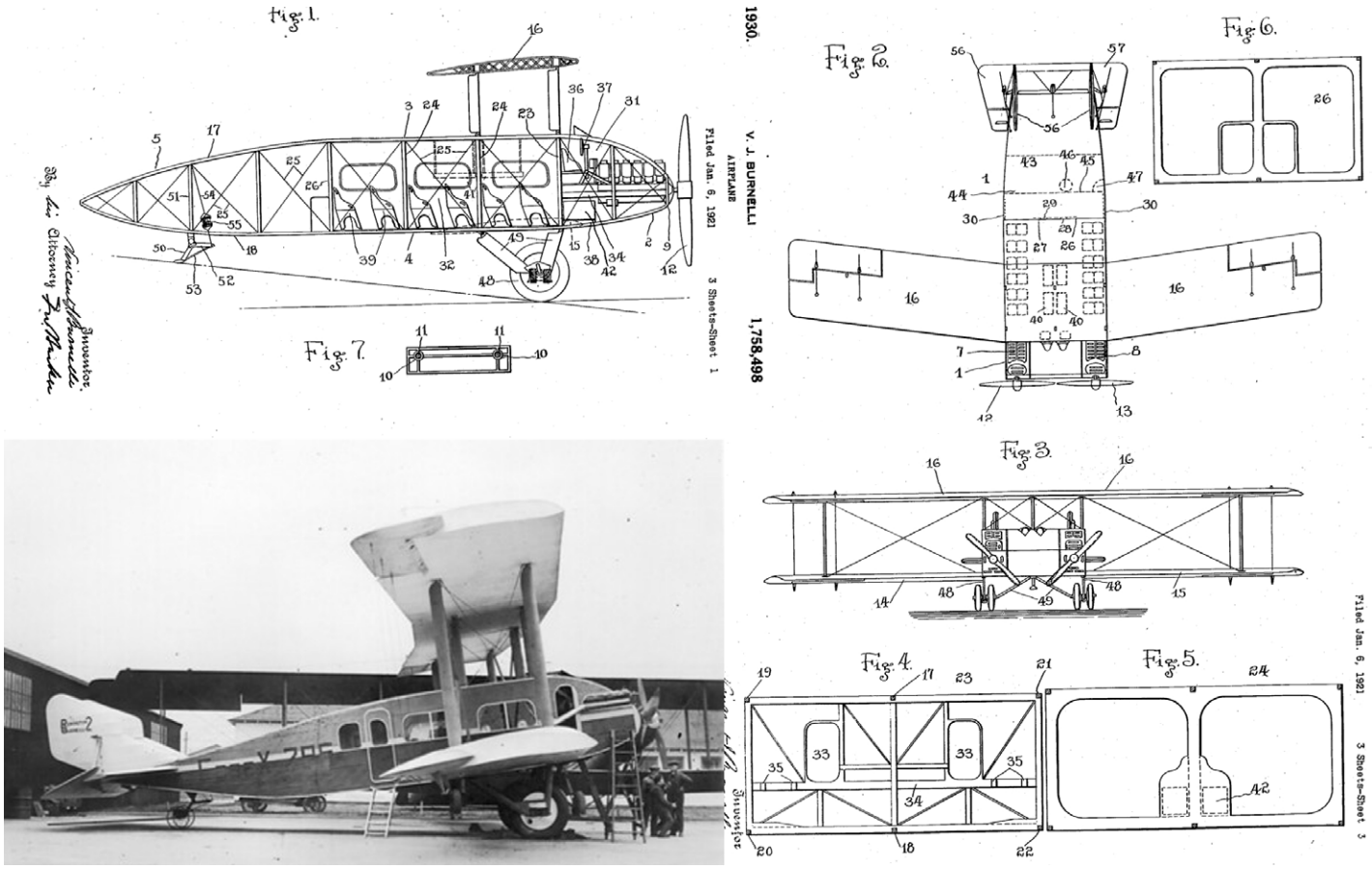
6 Warto zapoznać się z raportem na temat G.38 opublikowanym przez amerykańską agencję NACA (poprzednik NASA): *The Junkers „G 38" commercial airplane (German): a giant high-wing monoplane*, w: „NACA Aircraft Circular" No.116, Washington, USA, May 1930; https://ntrs.nasa.gov/citations/19930090392

KONSTRUKCJE VICTORA BURNELLIEGO

Wartym odnotowania jest także amerykański konstruktor Vincent Justus Burnelli (1895 – 1964), który próbował wprowadzić do służby samoloty w układzie latającego skrzydła z niewielkim usterzeniem, przypominające nieco układ aerodynamiczny Junkersa G.38. Burnelli, podobnie jak Junkers uważał, że tradycyjne samoloty marnują dużą część energii, gdyż po pierwsze muszą dźwigać ciężar tradycyjnego ogona, który nie tylko waży i stawia opór aerodynamiczny, ale też produkuje siłę nośną skierowaną w dół, a po drugie, ich kadłuby wytarzają jedynie szczątkową siłę nośną, mimo iż dałoby się je zaprojektować tak, by wytwarzały jej dużo. Ideą Burnelliego także były latające skrzydła, aczkolwiek w swoich projektach na wszelki wypadek przewidywał usterzenie tylne służące do stabilizacji lotu. W większości samolotów Burnelliego nie wytwarzało ono jednak siły nośnej skierowanej w dół, gdyż nie musiało przeciwważyć momentu pochylającego

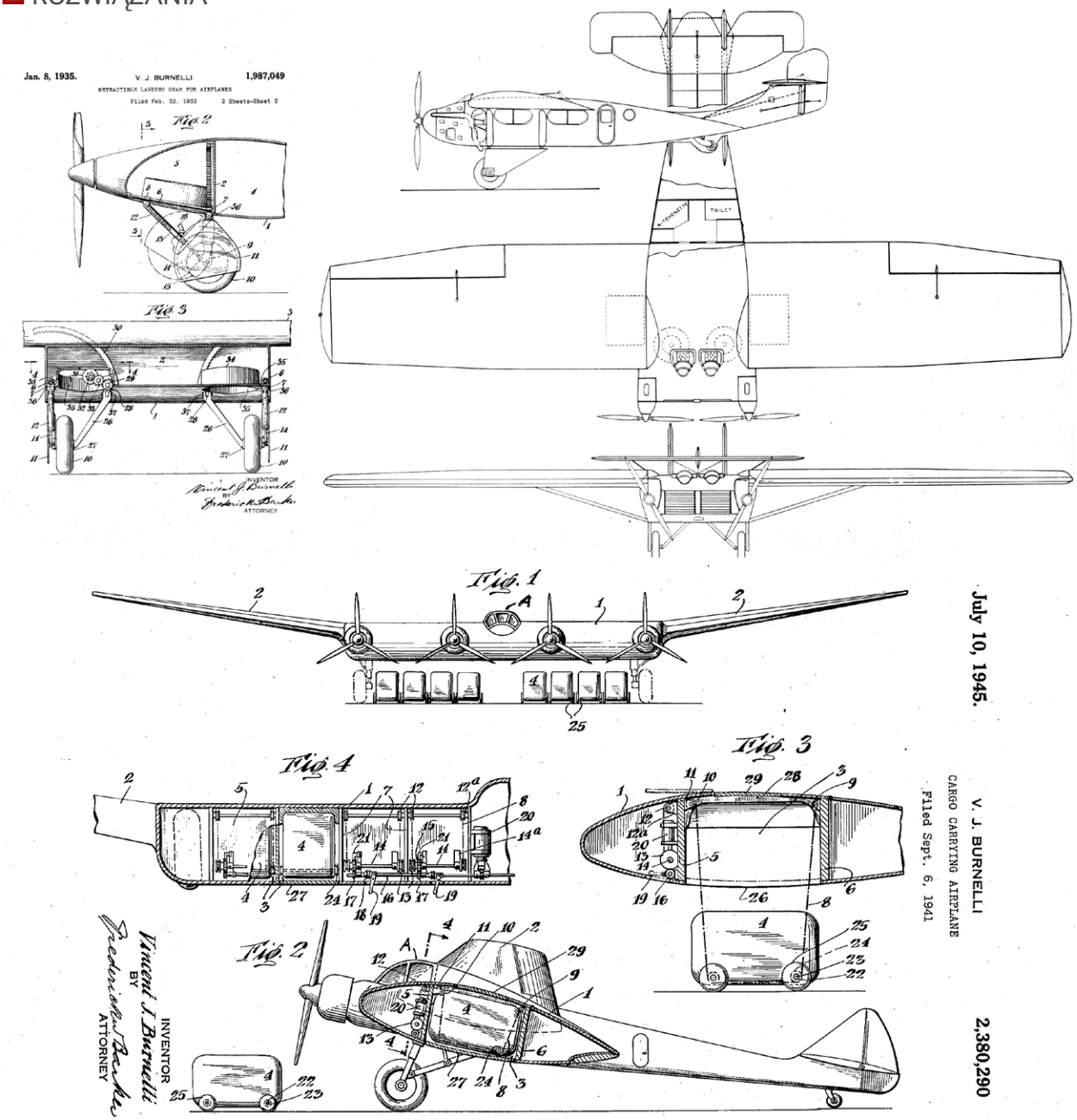
Rys. 7 Przód kadłuba RB-2 z wyraźnie widocznym pokryciem z blachy falistej

od dziobu. Docelowo Burnelli przewidywał jednak zastosowanie czystego latającego skrzydła bez usterzenia tylnego[7]. Przedstawimy tu niektóre wybrane jego konstrukcje. Burnelli uważał, że nonsensem jest, że w zwykłym samolocie jedynie 15% jego masy (płaty) wytwarza siłę nośną, podczas gdy w latającym skrzydle (lub formie do niego zbliżonej) można umieścić „kadłubopłat" stanowiący 65% masy całego samolotu lub więcej.



Rys. 8 Rysunki samolotu RB-1/RB-2 z patentu US1758498, które zawierają także pewne elementy architektury jego wnętrza

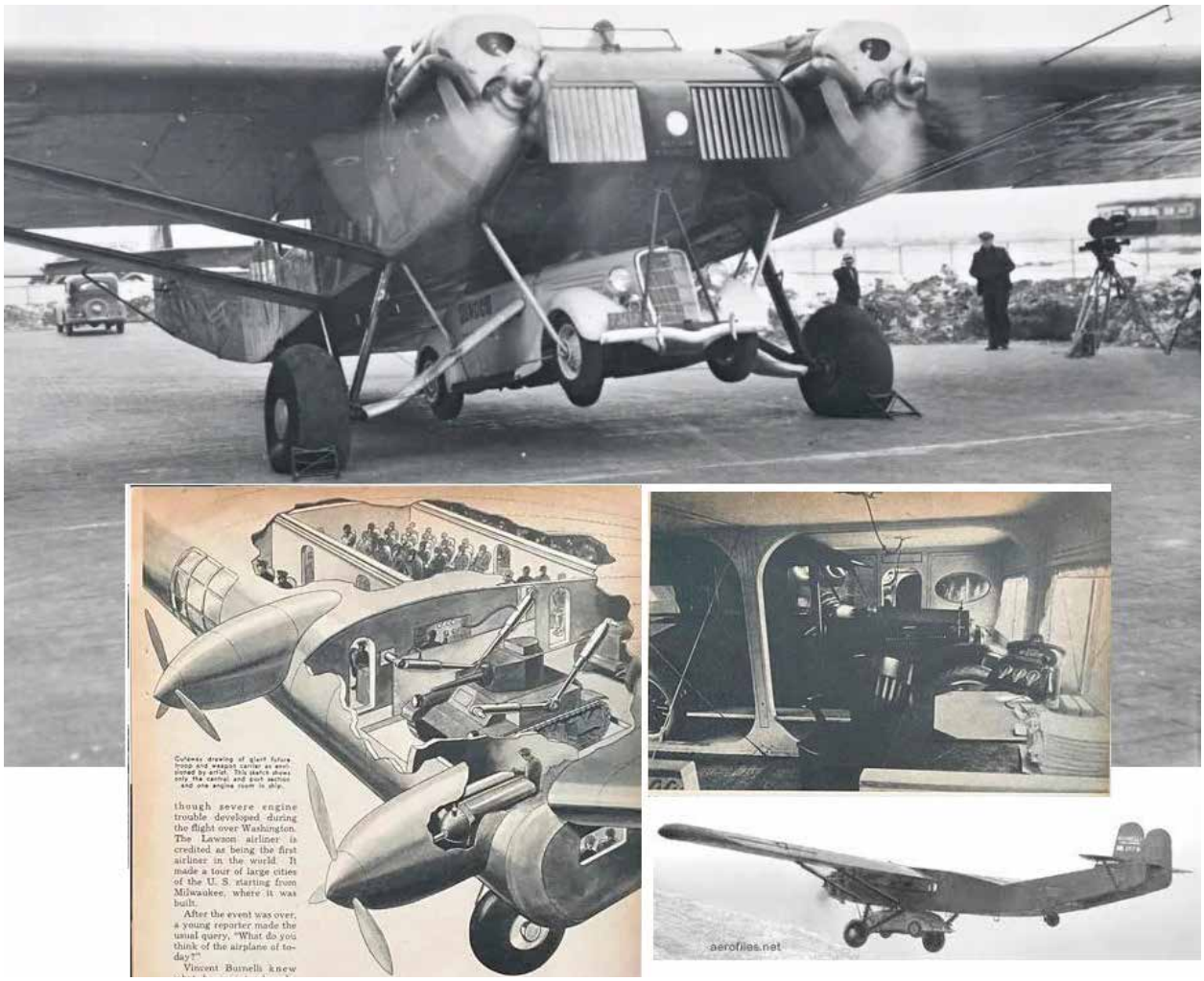
7 Patrz: V. Burnelli, *Tailless airplane*, US1987050, 1933, https://patents.google.com/patent/US1987050A/



Rys. 9 Rysunku samolotu CB-16 zawarte w patencie US1987049 (z lewej) oraz w czasopiśmie „Aero Digest Magazine" Vol.14 No.2 February, 1929. Jak widać rysunki patentowe zawierają inny obrys osłony silnika, zaś zastrzał goleni podwozia jest skierowany do przodu, a nie do tyłu, jak w prawdziwym CB-16. Zasada działania chowania podwozia jest tam jednak taka sama. W rzucie z góry za krawędzią spływu skrzydeł zaznaczono kuchnię i toaletę. Na dole znajdują się rysunki z patentu US2380290 przedstawiającego sposób przewozu ładunków na wózkach, co przypomina ilustracje z prasy, na których samochody lub lekkie czołgi miały być przewożone w ten sposób. Patent ten nie został jednak zrealizowany w praktyce

W 1920 r. Burnelli opracował tradycyjny samolot RB-1, który miał normalny układ dwupłata, z tym że jego kadłub był płaski i obszerny, tworząc formę „kadłubopłata". Pozwalało to na wytworzenie dodatkowej siły nośnej oraz umożliwiało umieszczenie w środku wygodnej kabiny. Burnelli zakładał, że kadłub ten będzie wytwarzał 50% siły nośnej całego samolotu. Kadłub stanowił około 27% całkowitej powierzchni nośnej. Burnelli opisał to w patencie nr US1758498 złożonym w 1921 r., uzyskanym w 1930 r. oraz w patencie US1774470 uzyskanym w 1930 roku[8]. RB-1 powstał jako modyfikacja samolotu pasażerskiego Lawson Airliner, przy którym Burnelli pracował poprzednio.

8 V. Burnelli, *Airplane*, 1930, US1758498; https://patentimages.storage.googleapis.com/ec/b8/cb/c0ed7dfe4647f7/US1758498.pdf



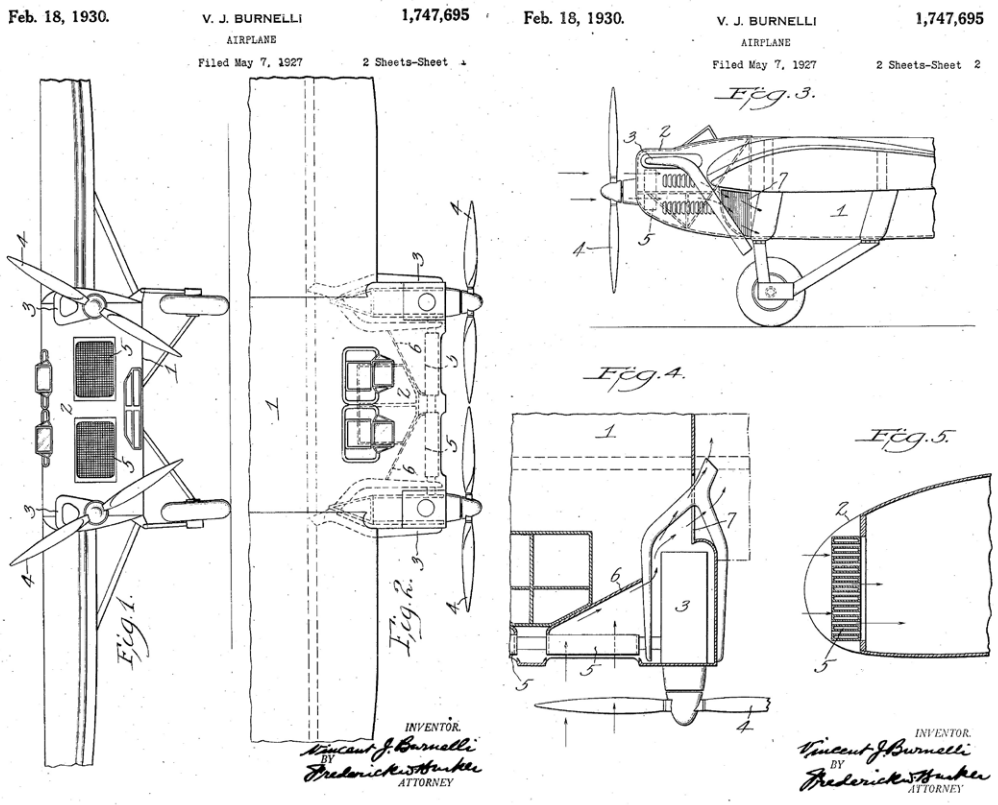
Rys. 10 CB-16 był używany przez Hudson Motor Car Company jako latający salon samochodowy dla samochodów marki Essex. Samochód był przewożony pod kadłubem, choć w prasie pojawiały się ilustracje sugerujące możliwość przewożenia pojazdów (w tym lekkich czołgów) także wewnątrz samolotu. Wyraźnie widoczne są chłodnice umieszczone między silnikami na krawędzi natarcia kadłuba

Kadłub zawierał wręgi ze sklejki i był pokryty falistym duraluminium. Dwaj piloci znajdowali się w otwartych kokpitach, z mechanikiem siedzącym obok. Dwa silniki Liberty XII, o mocy 400 KM każdy, znajdowały się bezpośrednio przed tymi kokpitami, w dużej mierze wtopione w przednią krawędź natarcia „kadłubopłata" i były dostępne z kokpitów[9]. Przy szerokości kadłuba 4,27 m silniki były oddalone od siebie o zaledwie o 3,15 m, z prześwitem około 25 mm między końcówkami śmigieł. Kabina mieściła do 30 pasażerów, co w tamtych czasach było bardzo dużą liczbą. Na krawędzi spływu kadłuba znajdowało się tradycyjne usterzenie z dwoma statecznikami pionowymi. Magazyn „Flight" z 1921 r. podawał następujące dane RB-1: powierzchnia nośna: łącznie 169,7 m^2, w tym górne skrzydło 68,3 m^2, dolne skrzydło 54,6 m^2 i kadłub o powierzchni 46,8 m^2. Masa własna 3,691 kg, całkowita 6,639 kg. Samolot miał prędkość maksymalną 180 km/h, przelotową 154 km/h, pułap 4300 m, długotrwałość lotu do 8 godzin oraz prędkość wznoszenia do 4,6 m/s[10].

Jedyny prototyp RB-1 został wkrótce uszkodzony przez burzę, a następne próby kontynuowano na drugim prototypie RB-2 z 1924 r. Jeśli nie liczyć rosyjskich konstrukcji Igora Sikorskiego, RB-2 był

9 Później Burnelli rozważał także możliwość montowania silników gwiazdowych w różnych położeniach względem kierunku lotu, tak by chowały się całkowicie w obrysie kadłuba. Napęd miał być przekazywany na śmigła za pomocą przekładni. Patrz: V. Brunelli, *Aircraft*, US1918687, 1928, https://patents.google.com/patent/US1918687A/

10 *The Remington-Burnelli „Airliner" twin-engine commercial biplane*, Flight. No. 28, June 1921, s. 581.



Rys. 11 Schemat umiejscowienia chłodnic i silników samolotu CB-16 w patencie US1747695 z 1927 r.

wtedy największym samolotem komunikacyjnym na świecie. RB-2 miał ulepszone powierzchnie sterowe i był napędzany dwoma silnikami Galloway Atlantic, o mocy 650 KM każdy. Miał konstrukcję z blachy falistej oraz masę własną 5 ton. Kabinę pasażerską można było wyposażyć w 25 miejsc siedzących lub wykorzystać do przewozu towarów.

Następnie Burnelli rozwijał swoją koncepcję w prototypie CB-16 z 1929 r. Był on dwusilnikowym górnopłatem zbudowanym z metalu. Lekko zwężające się skrzydło było wzmocnione od dolnej części kadłuba za pomocą zastrzałów. Kadłub miał 11 m długości i 3,7 m szerokości. Podobnie jak we wcześniejszych RB-1 i RB-2, bliźniacze silniki były osadzone w przedniej krawędzi kadłuba, chociaż w przeciwieństwie do nich reszta tej powierzchni była w dużej mierze wypełniona chłodnicami. Zostało to przedstawione w patencie nr US1747695 z 1927 roku[11]. Aby zmniejszyć odchylenie symetrii ciągu po ewentualnej awarii jednego silnika, chłodzone wodą silniki rzędowe Curtiss Conqueror o mocy 500 KM (370 kW) zostały zamontowane z lekkim odchyleniem na zewnątrz. Wewnętrzne wymiary kabiny, która mogła pomieścić 12-20 pasażerów, wynosiły 5,49 m na 3,45 m oraz wysokość 1,71 m. Zawierała ona zarówno miejsca do siedzenia, jak i część wypoczynkową. W tylnej części kabiny znajdowała się także mała kuchnia i toalety. Piloci siedzieli w otwartych kokpitach, umieszczonych na krawędzi natarcia kadłuba.

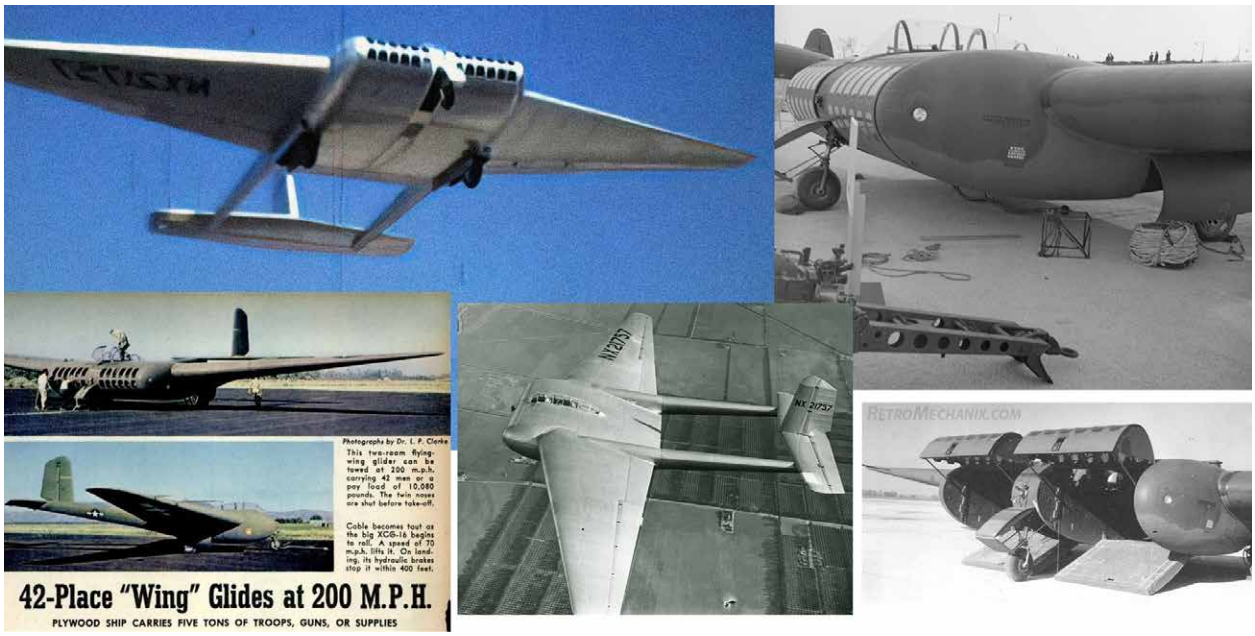
Wcześniejsze projekty samolotów Burnelli miały kadłuby prostokątne, z bezpośrednio przymocowanym usterzeniem. Kadłub CB-16 zwężał się ku tyłowi, zaś usterzenie tylne było zamontowana poza tylną krawędzią kadłuba i było wyniesione na parze cienkich paneli, wystających z jego boków. Zostało to przedstawione w patencie nr US1780813 z 1929 roku[12]. Zmiana była spowodowana trudnościami z kontrolą pochylenia i odchylenia, napotkanymi we wcześniejszym układzie. Pojedyncze koła nowatorskiego chowanego podwozia zostały zamontowane na rozpórkach w kształcie litery V, zamocowanych zawiasowo w dolnej, zewnętrznej części kadłuba, chowanych do wewnątrz. Zostało to opisane w patencie nr US1987049 z 1933 roku[13].

W ciągu 1929 r. CB-16 przechodził testy w locie. W trakcie jednego z nich rozbił się podczas startu (obaj piloci przeżyli). Wypadek ten przerwał rozwój tej obiecującej konstrukcji, choć Burnelli nadal pracował nad kolejnymi samolotami.

11 V. Burnelli, *Airplane*, US1747695, 1927, https://patents.google.com/patent/US1747695A/

12 V. Burnelli, *Airplane*, US1780813, 1929, https://patents.google.com/patent/US1780813A/. Patrz także: V. Burnelli, *Transport airplane*, USD90613, 1933, https://patents.google.com/patent/USD90613S/

13 V. Burnelli, *Retractible landing gear for airplanes*, 1933, US1987049; https://patents.google.com/patent/US1987049A/. Patrz także: V. Burnelli, *Airplane*, US1662915, 1929, https://patents.google.com/patent/US1662915A/



Rys. 12 Szybowiec desantowy Burnelli MC-1 (CG-16) z 1943 r.

Co ciekawe, w 1935 r. CB-16 był używany przez Hudson Motor Car Company jako latający salon samochodowy dla samochodów marki Essex. Prawdopodobnie był to pierwszy przypadek, gdy pojazd samochodowy został przetransportowany drogą powietrzną (choć w ZSRR też prowadzono próby nad przerzucaniem samochodów, motocykli, a nawet lekkich czołgów za pomocą ciężkich bombowców TB-3). Samochód był przewożony przez CB-16 na specjalnym podwieszeniu pod kadłubem, chociaż w prasie ukazywały się ilustracje sugerujące, że Burnelli przewiduje przewożenie pojazdów (w tym lekkich czołgów) także wewnątrz kadłuba (Rys. 10). W 1940 r. Burnelli uzyskał patent na sposób wprowadzania wózków z ładunkami do swoich samolotów, który przypominał ilustracje publikowane w prasie[14].

W 1943 r. oblatano prototyp szybowca desantowego Burnelli MC-1, który otrzymał wojskowe oznaczenie XCG-16. Początkowo z powodzeniem przetestowano w locie jego pomniejszoną wersję w skali 1:2. Podczas następnych testów doszło do tragicznej katastrofy z powodu przemieszczenia się balastu na pokładzie. Gdy szybowiec przeleciał przez aerodynamiczny strumień zaśmigłowy samolotu holowniczego Lockheed C-60, doszło do drgań, które wyrwały balast i przesunęły środek ciężkości do tyłu szybowca. Niekontrolowany MC-1A odczepił się od holu i wszedł w płaski korkociąg, z którego nie zdołano go wyprowadzić. Trzech członków załogi wyskoczyło, ale tylko dwóch przeżyło skok ze spadochronem.

Pomimo katastrofy zatwierdzono z armią (USAAF) kontrakt na dwa egzemplarze do lotów próbnych i jeden egzemplarz do badań statycznych szybowca. Ostatecznie tylko jeden XCG-16 (44-76193) został zbudowany i całkowicie przetestowany, wykazując dobre właściwości latające. Produkcji seryjnej nie podjęto z trudnych do ustalenia powodów, mimo iż ówczesna prasa opisywała samolot jako bardzo nowoczesny, z wysokimi osiągami. Kontrakt na wszystkie pozostałe prace nad CG-16 został anulowany 30 listopada 1944 r.

CG-16 miał masę własną 4,310 kg, całkowitą 8,880 kg, powierzchnię nośną 105,9 m^2, mógł zabierać 42 żołnierzy lub 4,570 kg ładunku, w tym działo. Jego największą zaletą miała być możliwość holowania z wysoką prędkością 354 km/h, co często podkreślano w materiałach promocyjnych[15].

Jakub Marszałkiewicz

c.d.n.

14 V. Burnelli, *Cargo carrying airplane*, US2380290, 1941, https://patents.google.com/patent/US2380290A/

15 *42 Place Wing Glides at 200 M.P.H.*, „Popular Science", June 1945.

Festiwale, festiwale

Zdawałoby się, że po letnich wyczynach różnych ośrodków (może też spowodowanych upałami), będziemy tej jesieni już pozostawieni w spokoju, aby przygotować się do zimy, która tradycyjnie zaskoczy i drogowców, i samorządowców, i innych decydentów, którzy przecież tyle ważniejszych rzeczy mają na głowie. Ale gdzie tam!

Tomasz Gerard

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

PRENUMERATA

PRENUMERATA ROCZNA

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

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

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

POJEDYNCZE WYDANIE

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

WYDANIA ARCHIWALNE

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

Pojedyncze wydania archiwalne z lat 2009-2020 dostępne są w cenie:
17,50 zł – wersja papierowa
12,50 zł – wersja elektroniczna
Pojedyncze e-wydania archiwalne z lat 2020-2022 dostępne są w cenie: 17,50 zł
Przy zamówieniach większej liczby egzemplarzy oferujemy korzystne upusty cenowe.

DANE DO ZAMÓWIENIA

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

W tytule przelewu prosimy podać szczegóły zamówienia
(np. rodzaj prenumeraty, numer i rok zamawianego wydania).
Prosimy także o podanie dokładnych danych adresowych i adresu email.
Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

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