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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

3/4 (174/175) marzec/kwiecień 2022

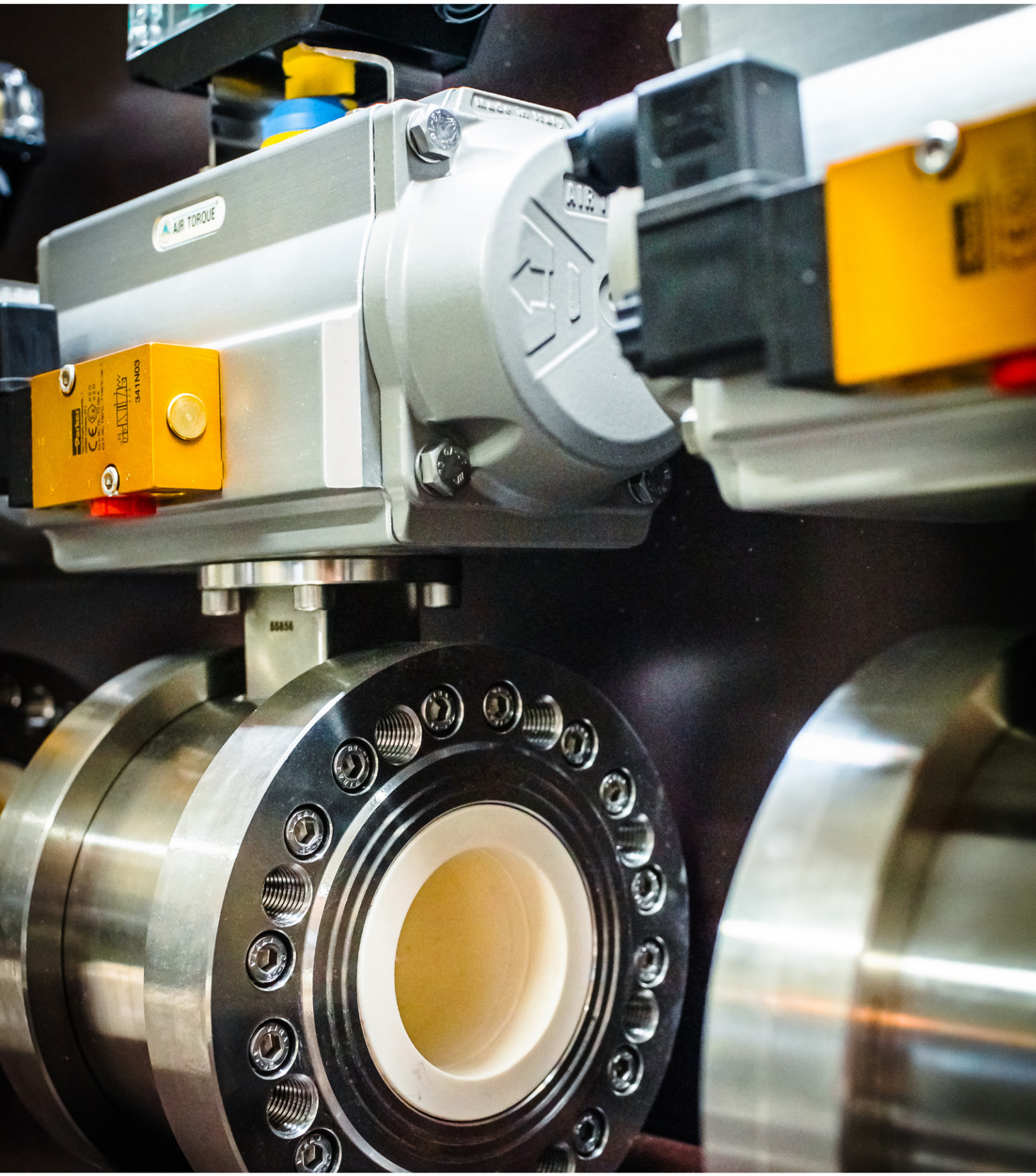
- Inżynieria odwrotna w CATII
- Zawory i rozdzielacze hydrauliczne w obrabiarkach
- Inżynier – zawód dla odważnych

Manipulatory przemysłowe i roboty współpracujące (coboty)

Klejenie struktur lotniczych: kompozyty i aluminium

CERAMIT

CERAMIC ENGINEERING



www.ceramit.pl

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 3/4 (174/175)
marzec/kwiecień 2022

rok XVI
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

na okładce: fot. Bork / Photogenica

ITER © 2022

Drodzy Czytelnicy,

W obecnym zlaicyzowanym świecie charakter obchodów Świąt Wielkanocnych stopniowo zdaje się zamieniać w kolejny „długi weekend", ewentualnie urozmaicony spotkaniami w gronie rodzinnym. Widać to też po życzeniach, jakie rozsyłane są z tej okazji. Powszechne są dziś neutralne światopoglądowo *seasons greetings*, jakby ludzie mieli w zwyczaju pozdrawianie się z okazji zmieniających się pór roku.

O ile dosyć trudno zwykłemu człowiekowi przeciwstawiać się urzędniczym, rządowym czy międzynarodowym rozporządzeniom, zmierzającym do wyeliminowania świętej wiary z tzw. przestrzeni publicznej, to na „własnym podwórku", w rodzinie, w firmie, na uczelni, wszędzie tam, gdzie reprezentuje sam siebie, jest on w stanie zadbać o właściwy porządek rzeczy. Porządek, bo – jak nauczał św. Augustyn – gdzie Bóg jest na pierwszym miejscu, tam wszystko jest na swoim miejscu.

Przypomnijmy, że na początku chrześcijaństwa było tylko jedenastu prostych ludzi. Nie mieli do dyspozycji ani mediów, ani rzeszy funkcjonariuszy, nie mieli żadnego aparatu przymusu czy bogatych filantropów, wspierających ich inicjatywę. Ich bronią była tylko PRAWDA. I tą bronią pozyskali niemal cały świat.

Okres Wielkanocny, który właśnie się rozpoczął to czas szczególny. Warto go dobrze spożytkować opierając swoje życie na solidnym fundamencie – na PRAWDZIE. Czego wszystkim Państwu – naszym Czytelnikom i Sympatykom – z całego serca życzę. I zapraszam do lektury kolejnego wydania Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich.

Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 3/4 (174/175)
MARZEC/KWIECIEŃ 2022

Energooszczędna metoda spawania laserowego 6

Amerykanie chcą klasycznych Mini 8

Tanie włókna węglowe z odpadów rafineryjnych 10

Tkanina, która „słyszy" 10

Drewniany kompozyt 12

Szukanie wody bez wahadeł i odwiertów 13

Manipulatory przemysłowe i roboty współpracujące (coboty) 14
Aleksander Łukomski

Najwyższa wydajność i kontrola procesów spawania
dzięki cobotom spawalniczym YASKAWA 21

Klejenie struktur lotniczych: Wpływ metody przygotowania powierzchni kompozytów
i aluminium na wytrzymałość połączeń klejonych; cz.1 22
Małgorzata Wilk — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Cyklokopter powraca 26
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Zabezpieczenie inwestycji 28

Jak unikać przewymiarowania elementów konstrukcyjnych, oszczędzać czas
i redukować koszty dzięki zastosowaniu lekkich pierścieni 33

Inżynieria odwrotna (*Reverse Engineering*)
w CATIA 3DEXPERIENCE; cz. 1 36
Andrzej Wełyczko — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Połączenie między mechaniką a elektryką
SOLIDWORKS Electrical 2022 40

Inżynier – profesja dla odważnych 42
Wojciech Podgórski

Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej
cz. 4: Zawory, rozdzielacze, akumulatory 48
Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Moto Major – motocykl Fiata 50
Ryszard Romanowski

TECHNOLOGIE

48 Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej cz. 4: Zawory, rozdzielacze, akumulatory

Aleksander Łukomski

KONSTRUKCJE

50 *Moto Major* – motocykl Fiata

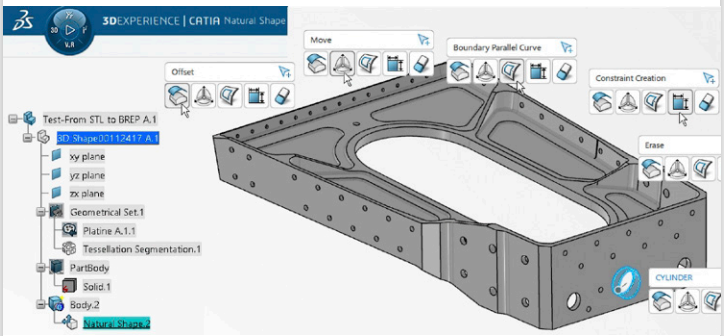
Ryszard Romanowski

Pojazd, którego stylistyka niezbyt się zestarzała jest przedstawicielem zupełnie niekonwencjonalnych rozwiązań inżynierów, które opracowywano w trudnych latach odbudowy przemysłu po II wojnie światowej.

PROJEKTOWANIE

36 Inżynieria odwrotna (*Reverse Engineering*) w CATII; cz. 1

Andrzej Wełyczko



Wizualizacja siatki STL pozwala stwierdzić, że elementy geometryczne definiujące kształt tego komponentu są kanoniczne (głównie powierzchnie płaskie i cylindryczne, ale być może także sferyczne, stożkowe lub toroidalne). Taki komponent może być wykonany na frezarce 3-osiowej, ale zanim to będzie możliwe potrzebny jest jego model przestrzenny.

TECHNOLOGIE

22 Klejenie stuktur lotniczych: Wpływ metody przygotowania powierzchni kompozytów i aluminium na wytrzymałość połączeń klejonych; cz.1

Małgorzata Wilk

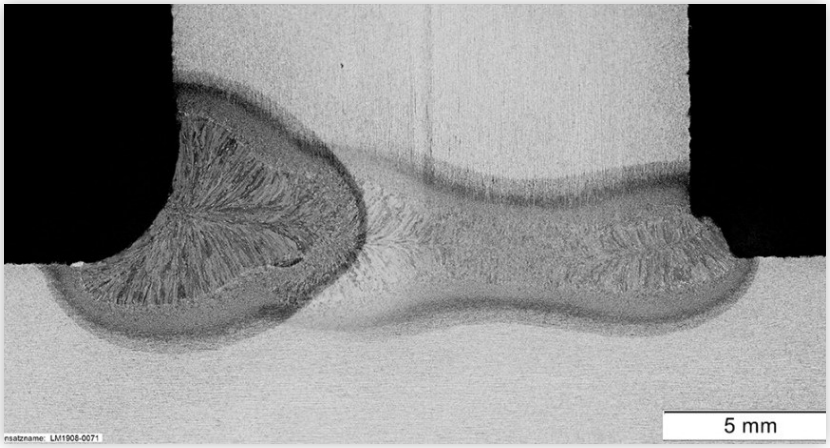
Największą wytrzymałość spoiny klejowe wykazują pracując przy ściskaniu, mniejszą przy ścinaniu, natomiast najmniej odporne są na działanie sił odrywających. Dlatego przy projektowaniu złączy klejowych minimalizuje się możliwość narażenia skleiny na działanie sił rozrywających.

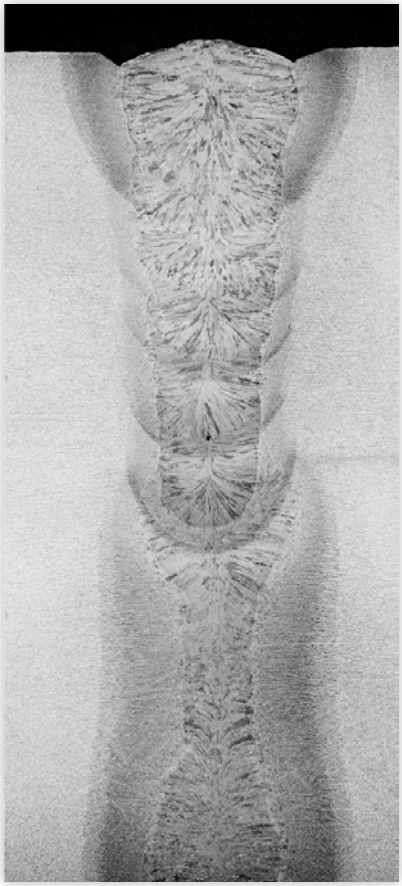
MASZYNY i URZĄDZENIA

14 Manipulatory przemysłowe i roboty współpracujące (coboty)

Aleksander Łukomski

Energooszczędna metoda spawania laserowego





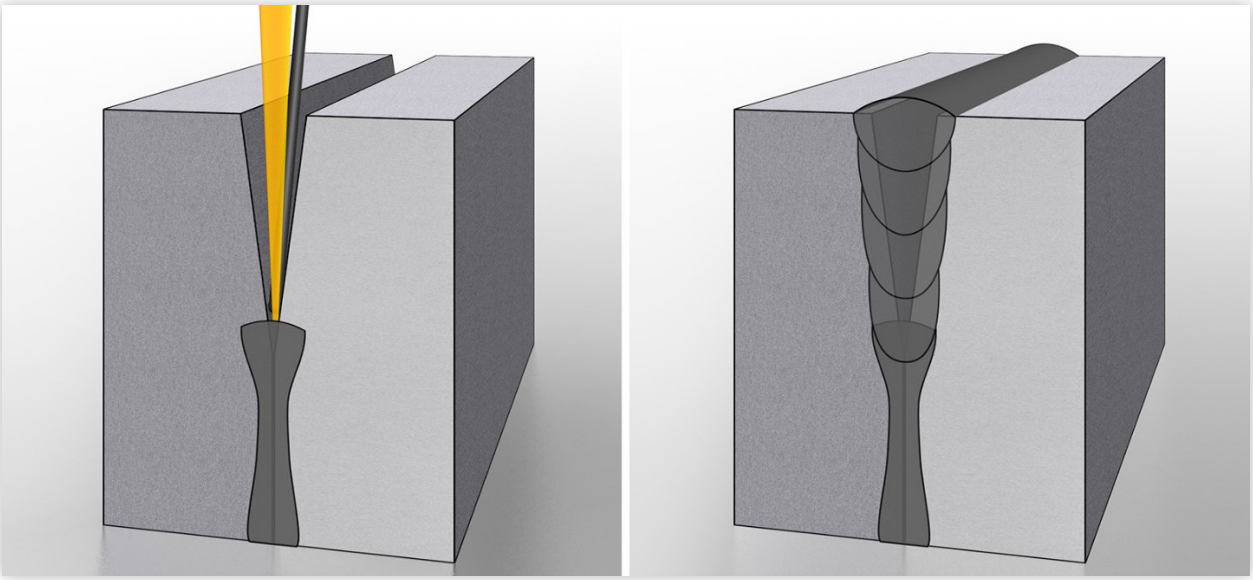
Ogromna liczba konstrukcji stalowych wymagających połączeń spawanych powoduje zużycie wielkich ilości energii i tzw. materiałów dodatkowych, koniecznych do uzyskania odpowiednich połączeń. Ponadto jakość spawów często bywa niższa od oczekiwanej. Tymczasem liczba stalowych konstrukcji spawanych z roku na rok znacznie wzrasta. Stąd realizacja projektu VE-MES: energooszczędnego spawania laserowego, wieloprzebiegowego, wąskoszczelinowego, o niskim poziomie zniekształceń.

Wykorzystano standardowy laser dużej mocy, koncentrując się na bardzo precyzyjnym ogniskowaniu jego energii. W efekcie zmniejszono liczbę warstw połączenia i drastycznie zmniejszono objętość szwu.

Nakład energii zmniejszył się o około 80%. Zużycie materiałów dodatkowych zmalało aż o 85%.

Wartości te otrzymano porównując nowy proces z tradycyjnym procesem spawania łukiem elektrycznym. Maksymalne skoncentrowanie energii w punkcie spawania spowodowało, że pozostające poza nim obszary są stosunkowo zimne. Czas operacji skrócił się o 50 do 70%, w zależności od rodzaju spawanych konstrukcji. Badania jakości spoiny o kształcie litery V wykazały, że przewyższa ona te uzyskane stosowanymi dotąd metodami.

fraunhofer.de



EFEKTYWNE CHŁODZENIE RDZENIA

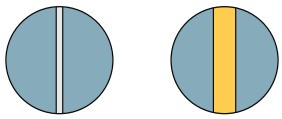
PRZY UŻYCIU PRZEGRÓD FIRMY MEUSBURGER

Dzięki nowym przegrodom **E 21010** wykonanym ze stali nierdzewnej, można uzyskać **zwiększenie przepływu o 26%,** w porównaniu z przegrodami wykonanymi z mosiądzu.

WYŁĄCZNIE W OFERCIE MEUSBURGERA

ZALETY W SKRÓCIE

- Stal nierdzewna zapewnia **wysoką trwałość produktu**
- Gwint dopasowuje się do **warunków panujących w otworze chłodzącym**
- Dostępne również **w wersji z uszczelniaczem E 21000**



Porównanie przekrojów
(z lewej: stal nierdzewna, z prawej: mosiądz)

Amerykanie chcą klasycznych Mini

Wystawione na stoisku David Brown Automotive podczas genewskiego salonu samochodowego Mini Remastered uznawano jako ciekawostkę i kolejny ukłon marki w stronę brytyjskiej klasyki. Samochody składano ręcznie z zachowaniem najwyższych standardów. Wyposażone są w najwyższej klasy ręcznie szyte skórzane tapicerki, perfekcyjne stalowe, aluminiowe i drewniane wykończenia oraz dyskretnie rozmieszczone układy elektroniczne sterowane poprzez ekran dotykowy, równie dyskretnie umieszczony w klasycznej desce rozdzielczej. Stare mini zapewniające wszystko, czym dysponują najnowsze auta klasy premium. Według danych firmy samo ręczne lakierowanie nadwozia trwa dwa tygodnie. Okazało się, że auta te wzbudziły większe zainteresowanie klientów niż wiele niezwykle efektownych konstrukcji elektrycznych, mimo że pod maskami miały świeżo złożone i odpowiednio wzmocnione starej generacji silniki benzynowe wywodzące się z Mini Coopera 1,3 l.

Samochód doczekał się już dwóch limitowanych edycji: Osella i Monte Carlo. Najciekawsze, że zainteresował się nim rynek amerykański. Największy za oceanem dealer brytyjskich samochodów uzyskał homologację, mimo niezwykle restrykcyjnych przepisów dotyczących ekologii. Mini Remastered zaczęły trafiać do amerykańskich klientów, którzy muszą cierpliwie czekać na realizację zamówień w brytyjskiej manufakturze.

davidbrownautomotive.com

Tarcie

oerlikon balzers

Większość z nas pamięta z lekcji fizyki opis zjawiska tarcia. Jego definicję, wzór $F=\mu N$, słynny szkic z ciężarkiem na równi pochyłej. W sytuacji gdy dochodzi do przemieszczania się względem siebie dwóch ciał występuje tarcie. Naukowcy badają w jaki sposób można ten efekt wykorzystać poprzez zwiększenie lub zmniejszenie oporów ruchu. Warto wspomnieć, że w tych badaniach bardzo często decydującą rolę odgrywają powłoki.

Kiedy zacieramy ręce, aby je rozgrzać w zimne dni, tarcie jest bardzo pożądane. Bez tarcia statycznego pomiędzy oponami a nawierzchnią szosy, samochód nie byłby w stanie przejechać zakrętu. Takie przykłady, gdzie tarcie jest naszym sprzymierzeńcem można podawać bez końca. W przypadku łożysk tocznych, łożysk ślizgowych, przekładni zębatych, prowadnic zaworowych w silniku spalinowym itp. Jest zupełnie inaczej, chodzi o maksymalne zmniejszenie oporów ruchu. Siły tarcia – niezależnie od tego, czy są pożądane, czy niepożądane przeciwdziałają wzajemnemu przemieszczaniu się dwóch ciał i utrudniają je, a nawet mu zapobiegają. Tarcie, zarówno w kontekście jego wartości użytkowych, jak i prób jego wyeliminowania lub zmniejszenia, zawsze było przedmiotem wysiłku naukowców. W połowie ubiegłego wieku, przekształciło się to w oddzielną gałąź nauki – trybologię, która łączy w sobie mechanikę, materiałoznawstwo, fizykę i chemię.

Mniejsze tarcie = niższe koszty i mniej CO_2

Istnieje zasadniczy związek między tarciem a zużyciem komponentów. W związku z tym wydajność i trwałość części maszyn jest uzależniona od siły tarcia. Według niemieckiego stowarzyszenia GfT, zjawisko tarcia w krajach uprzemysłowionych powoduje roczne straty w wysokości 2-7% PKB. Z badania opublikowanego w ubiegłym roku przez tę instytucję wynika, że w sektorze mobilności w samych Niemczech do 2030 r. można ograniczyć emisję CO_2 o 22 mln ton poprzez zmniejszenie tarcia.

Mniejsze zużycie dzięki powłokom

Konstruktorzy starają się zminimalizować zużycie spowodowane tarciem poprzez optymalizację konstrukcji komponentów. Inne ważne czynniki to skład materiału i środki smarujące takie jak olej, smary stałe lub woda. Często jeszcze ważniejszym czynnikiem jest nałożenie powłoki na powierzchnie części maszyn. Rozwiązania i korzyści płynące z stosowania rozwiązań powierzchniowych grupy Oerlikon przedstawiamy poniżej.

- Opracowana przez Oerlikon Metco technologia powlekania SUMEBore zapewnia mniejsze tarcie, zwiększa odporność na korozję i zmniejsza zużycie cylindrów w silnikach spalinowych. Pozwala to na oszczędność paliwa na poziomie 2-4%. Zużycie oleju jest zmniejszone nawet o 30%. W silnikach wysokoprężnych lokomotyw oszczędności mogą wzrosnąć do 75%.
- W porównaniu z konwencjonalnymi rozwiązaniami, powłoki Oerlikon Balzers zmniejszają tarcie w elementach przedniego zawieszenia podwozia nawet o 20%.
- Powłoki PVD firmy Oerlikon Balzers na zaworach dla przemysłu naftowego i gazowego zmniejszają współczynnik tarcia nawet pięciokrotnie (μ: ~0,05). Powłoki obniżają tarcie w różnych środowiskach m.in. ciecze i gazy, oraz w podwyższonych temperaturach.
- Elementy zespołu kierowniczego z przegubem kulowym podlegają silnej korozji i zużyciu. Powłoki BALITHERM IONIT OX zapewniają lepszą twardość powierzchni, zmniejszają zużycie, zapewniają ochronę przed korozją oraz są przyjazną dla środowiska alternatywą dla procesów takich jak chromowanie i azotowanie w kąpielach solnych.
- Narzędzia skrawające pokryte powłokami Oerlikon Balzers pozwalają na znacznie wyższe prędkości skrawania. Obniża to czas i koszty obróbki oraz znacznie wydłuża trwałość narzędzi.
- W elementach napędowych stosowanych w nowoczesnych pojazdach pojawiają się rozwiązania Oerlikon Metco Friction Systems. Są tą elementy pierścienia synchronizatora z warstwą cierną na bazie węgla. Zapewnia to doskonałą łatwość zmiany biegu oraz dłuższą trwałość. To zastosowanie jest kompatybilne ze wszystkimi typami płynów przekładniowych.

Tanie włókna węglowe z odpadów rafineryjnych

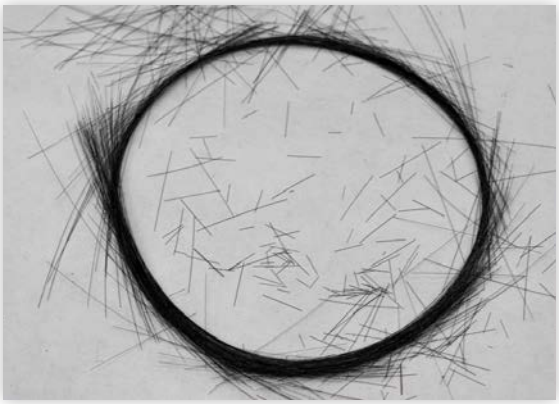
Naukowcy z Massachusetts Institute of Technology ponad cztery lata temu rozpoczęli badania nad zwiększeniem wydajności samochodu zlecone przez Departament Energii US.

Wzięto pod uwagę fakt, że nowy samochód w porównaniu z jego odpowiednikiem z przed 30 lat jest o co najmniej 15% cięższy. Kluczem do zmiany tej sytuacji są lekkie materiały, np. zastąpienie stalowych paneli nadwozia kompozytowymi. Najlepiej byłoby wprowadzić podobne zmiany również chociaż w części elementów nośnych. Technicznie nie jest to zbyt wielkim wyzwaniem, gdyż tak właśnie budowane są tzw. supersamochody. Przeszkodą są koszty. Na rynku amerykańskim 1 funt stali kosztuje 75 centów, a aluminium 2 dolary. Tymczasem cena włókien węglowych zaczyna się od 12 dolarów za funt i może sięgnąć nawet kilkuset. Pickup w stylu Forda 150 odchudzony kompozytami węglowymi byłby co najmniej dwa razy droższy od swego blaszanego odpowiednika.

Asmity Jana, Nicola Ferralis, prof. Jeffrey Grossman z grupą współpracowników z MIT wraz ze specjalistami od kompozytów z Oak Ridge National Laboratory opracowali metodę uzyskiwania wysokiej jakości włókien węglowych, nadających się nawet do konstrukcji elementów nośnych, z odpadów pozostających po destylacji ropy naftowej. Dotąd część z nich wykorzystywano do produkcji asfaltu a reszta trafiała na śmietnik. Na razie funt włókien otrzymanych w ten sposób kosztowałby 5 dolarów, a jak obiecują ich twórcy niebawem cena spadnie do 3.

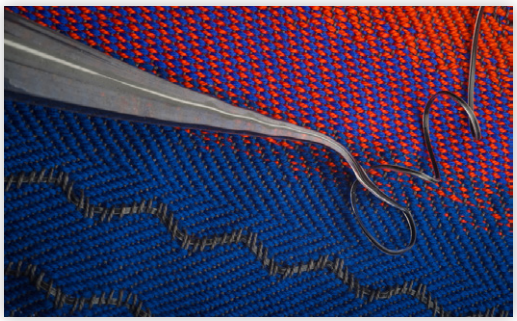
Być może w niedalekiej przyszłości technologie stosowane w produkcji supersamochodów trafią do wielkoseryjnych aut.

news.mit.edu



Tkanina, która „słyszy"

Zwykle tkaniny używane są do wygłuszania i tłumienia dźwięków. Naukowcy z Massachusetts Institute of Technology stworzyli cieńszą od klasycznego jeansu tkaninę, która działa jak mikrofon. Wychodząc z założenia, że dźwięki pobudzają każdy materiał do bardzo subtelnych drgań, rozpoczęli eksperymenty z arkuszem Mylaru. Wykorzystując włókna dające efekt piezoelektryczny, uzyskali tkaninę, która zmienia drgania w impulsy elektryczne. Odwrócono funkcje światłowodu. Jedno z włókien odbiera wibracje, a drugie przekształca je w impulsy elektryczne.



Zastosowanie tkaniny może być bardzo szerokie. W medycynie może ona na bieżąco monitorować pracę serca, płuc lub ciążę. Może również być pomocna przy wadach słuchu. Potrafi zastąpić klasyczne aparaty słuchowe.

Tkanina może również służyć do monitorowania np. zjawisk zachodzących podczas lotu w poszyciu statków powietrznych i kosmicznych, jak również dużych konstrukcji stalowych i budynków. W przypadku zabytków dźwięki powiedzą więcej o ich pękaniu niż stosowane powszechnie płytki szklane. Wystarczy tylko zastosować w odpowiednich miejscach niewielkie łaty „słyszącej" tkaniny.

news.mit.edu

INTRODUCING THE
NXG XII 600

*Największa i najszybsza drukarka do metalu firmy SLM Solutions – **NXG XII 600***

- zaprojektowana do produkcji seryjnej pojedynczych, wielkogabarytowych detali
- dwanaście laserów 1000 W, dwanaście systemów optycznych 3D, współdziałanie wiązek lasera
- dwukierunkowy zgarniacz
- komora robocza o wymiarach 600 x 600 x 600 mm
- zoptymalizowany, laminarny przepływ gazu ochronnego
- system wstępnego podgrzewania komory
- system transportu komory do drukarki oraz z drukarki do stacji rozładowczej
- automatyczny rozładunek detalu i zawrócenie proszku do stacji przesiewania
- transport i przesiewanie proszku w obiegu zamkniętym, bez kontaktu użytkownika z proszkiem
- 20x szybsza niż drukarka SLM z jednym laserem
- 5x szybsza niż drukarka SLM z czterema laserami

AUTORYZOWANY PRZEDSTAWICIEL
SLM SOLUTIONS w POLSCE

WADIM
PLAST

Drewniany kompozyt

Elektryczne motocykle Cake Kalk :work

Szwedzka firma PaperShell opracowała materiał, którego głównym składnikiem są naturalne włókna drewna. Materiał jest łatwiejszy w formowaniu niż tzw. formowany fornir, odporny na warunki atmosferyczne tak jak plastiki oraz ognioodporny. Ponadto jego właściwości mechaniczne są na poziomie kompozytów włóknistych. Materiał można formować w prasie lub metodami ciśnieniowymi. Kolejną zaletą jest bardzo łatwy recykling, możliwy do przeprowadzenia w każdym zakładzie tym się zajmującym.

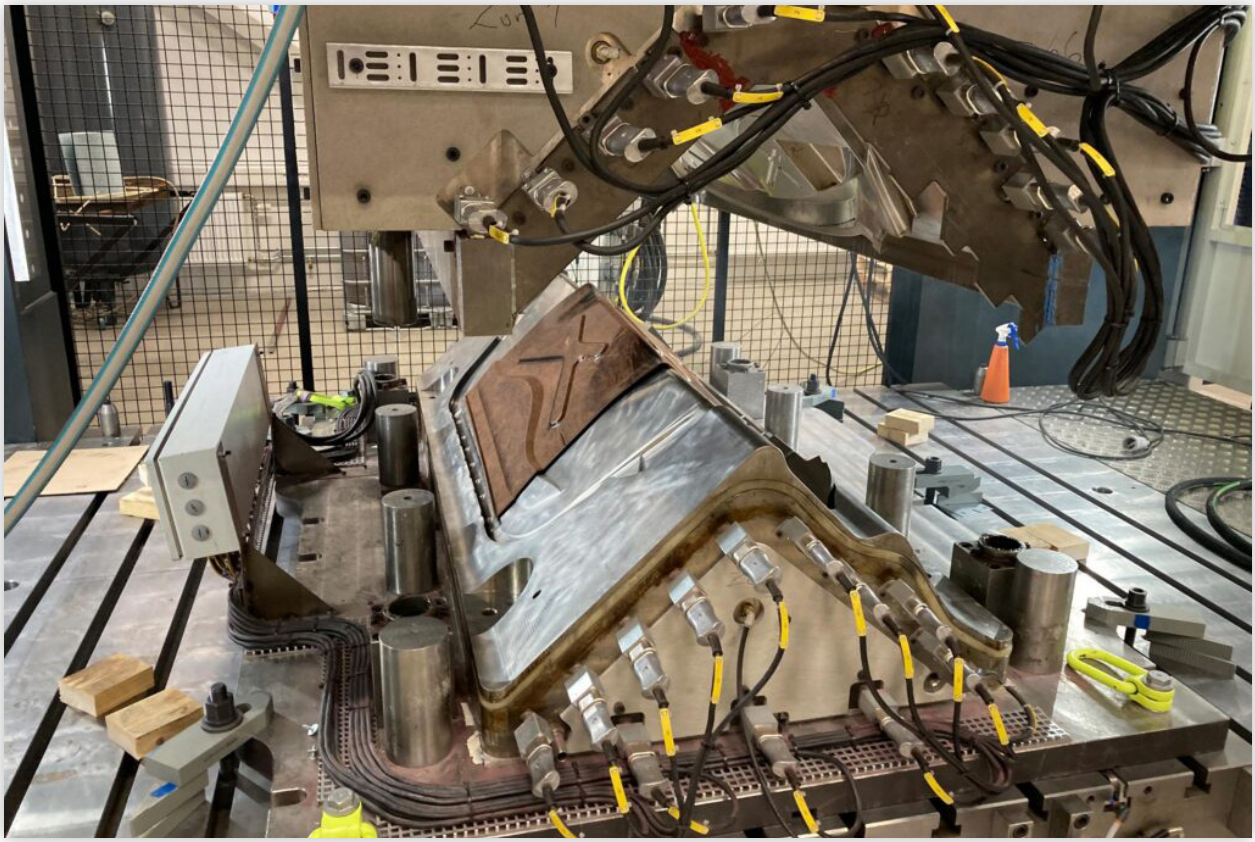
Opracowano w pełni zautomatyzowane wielkoprzemysłowe procesy produkcyjne elementów 3D z tego materiału.

Materiałem zainteresował się producent ekskluzywnych lekkich motocykli Cake. Docelowo wszystkie części plastikowe tych maszyn mają zostać zastąpione materiałem PaperShell.

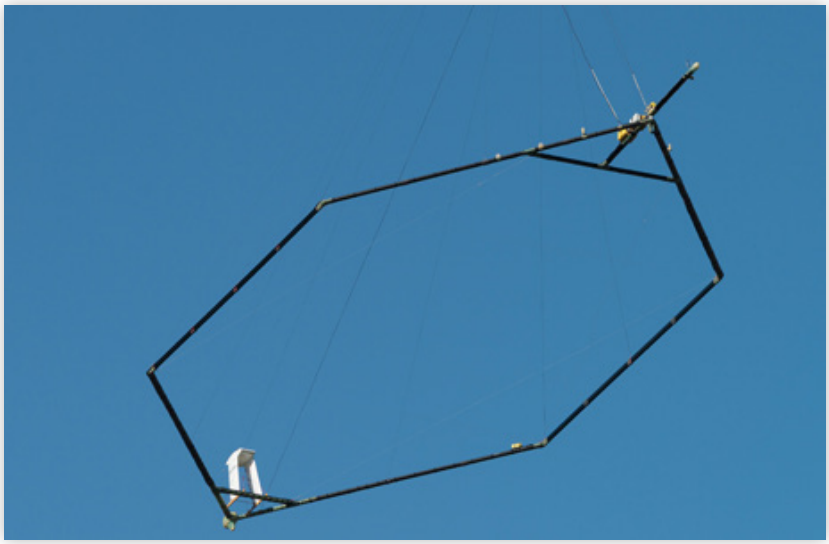
Niedawno badania nowego tworzywa zakończyła firma Volvo. W efekcie przyznano certyfikat marki, umożliwiający zastosowanie produktu w przemyśle motoryzacyjnym. Wielu innych producentów materiałów i części od lat bezskutecznie ubiega się o ten certyfikat.

Należy wspomnieć, że nowy materiał jest również znacznie bardziej przyjazny dla środowiska zarówno podczas produkcji, jak i formowania od dotąd używanych tworzyw.

papershell.se



Szukanie wody bez wahadeł i odwiertów



Dotąd poszukiwanie wody i pokładów minerałów odbywało się przy pomocy licznych odwiertów lub innymi, jeszcze bardziej skomplikowanymi metodami. Od wieków działali również utalentowani samoucy posługujący się wahadłami lub różdżkami. Wokół tych ostatnich metod narosło wiele paranaukowych teorii o żyłach wodnych i wielu innych niepotwierdzonych zjawiskach.

Zarówno naukowymi, jak i paranaukowymi metodami zainteresowała się duńska firma SkyTem. Zbudowano lekką i mocną ramę z kompozytów zawierających włókna węglowe. Umieszczono w niej czujniki magnetometryczne i spektrometryczne. W pierwszej dekadzie bieżącego stulecia rozpoczęto testy urządzenia podwieszonego pod śmigłowcem. Okazało się, że urządzenie bez trudu lokalizuje pokłady wody i minerałów podczas lotu z prędkością do 150 km/h.

Obecnie kolejna generacja potrafi precyzyjnie określić pokłady wody i złoża minerałów znajdujących się od kilku do 350 m pod powierzchnią ziemi. W ubiegłym roku maszynę testowano w Indiach gdzie bez trudu określała miejsca, w których można budować ujęcia wody. Obecnie testy mające na celu dalszy rozwój urządzenia odbywają się w Australii.

Jak dotąd mitycznych żył wodnych nigdzie nie znaleziono.

skytem.com

Manipulatory przemysłowe i roboty współpracujące (coboty)

Definicja robota przemysłowego podana przez Główny Urząd Statystyczny zrównuje roboty z manipulatorami. Być może dla statystyki nie ma to dużego znaczenia, jednak w rzeczywistości przemysłowej widoczne są wyraźne różnice pomiędzy robotem a manipulatorem. Główna różnica między robotem a manipulatorem polega na tym, że robot przemysłowy pracuje samoczynnie wg zadanego programu, a manipulator jest sterowany przez operatora i jest jakby przedłużeniem jego rąk, tylko o większym od nich zasięgu i sile, a niekiedy też większej precyzji ruchów.

Aleksander Łukomski

W połowie ubiegłego wieku prawie masowo produkowano w Polsce żurawiki montażowe, wyposażone w proste chwytaki i siłownik pneumatyczny równoważący ciężar detalu, sterowane dwoma przyciskami góra/dół, które ułatwiały przenoszenie cięższych detali z miejsca na miejsce lub podawały je do obrabiarki. Obrót ramienia żurawika oraz ruchy chwytaka po ramieniu żurawika był dokonywany ręcznie przez operatora. Były to bardzo proste manipulatory. Niektóre firmy oferują podobne rozwiązania obecnie, chociaż na ogół są to urządzenia już bardziej skomplikowane.

Manipulatory przemysłowe opracowano w celu płynnego i precyzyjnego podnoszenia, przenoszenia oraz manipulowania ładunków na ograniczonej przestrzeni stanowiska pracy. Dzięki nim operator może manipulować obiektami o wadze od kilku do nawet ponad tysiąca kilogramów.

Coraz częściej w manipulatorach stosuje się czujniki (sensory) i systemy cyfrowe wspomagające ich działanie, dzięki czemu przy użyciu manipulatora można wykonywać pracę przewyższającą jakość typowej pracy operatora. Zwłaszcza gdy konieczne jest ręczne przenoszenie produktów o wysokiej wartości, a także w sytuacji, w której wymagane są szybkie powtarzalne ruchy, przy zachowaniu reaktywności i elastyczności operatora.

Manipulatory nie są wyposażone w sterowanie programowalne, jak roboty. Służą do odciążenia pracownika (operatora), a ich praca najbardziej zbliżona jest do działania serwomechanizmów, tu wspomagających pracę operatora.

Manipulatory wykorzystuje się przede wszystkim podczas prac montażowych, zwłaszcza tam, gdzie środek ciężkości przenoszonego detalu jest umieszczony poza punktem zawieszenia ładunku lub gdy detal ma nieregularne kształty, bo właśnie takie

najtrudniej uchwycić. Manipulatory ułatwiają prace wymagające reorientacji przenoszonego ładunku w przestrzeni oraz wykonywanie czynności powtarzalnych, ciągłych i uciążliwych. Znalazły zastosowanie głównie na stanowiskach oraz w liniach montażowych, przy załadunku lub rozładunku centrów obróbczych i linii produkcyjnych.

Ważnym elementem manipulatora jest odpowiedni chwytak mechaniczny, często o skomplikowanej konstrukcji. Popularne są też chwytaki na podciśnienie (przyssawki), które służą do przenoszenia blach, tafli szkła czy kartonów (również do przenoszenia i pakowania kompletnych telewizorów).

W produkcji przemysłowej zastosowanie ma kilka rodzajów manipulatorów katalogowych produkowanych seryjnie. Są manipulatory z ramieniem przegubowym lub sztywnym, z napędem pneumatycznym lub elektryczno-linkowym, sterowane pneumatycznie, hydraulicznie lub elektrycznie. Występują w postaci opisanego już żurawika jako słupowe lub podwieszone na torze dwuszynowym z obrotem w osi mocowania albo zamontowane na suwnicy, z dużym zakresem przemieszczania, jak również przemieszczane na kółkach po posadzce, niekiedy z ich napędem jazdy.

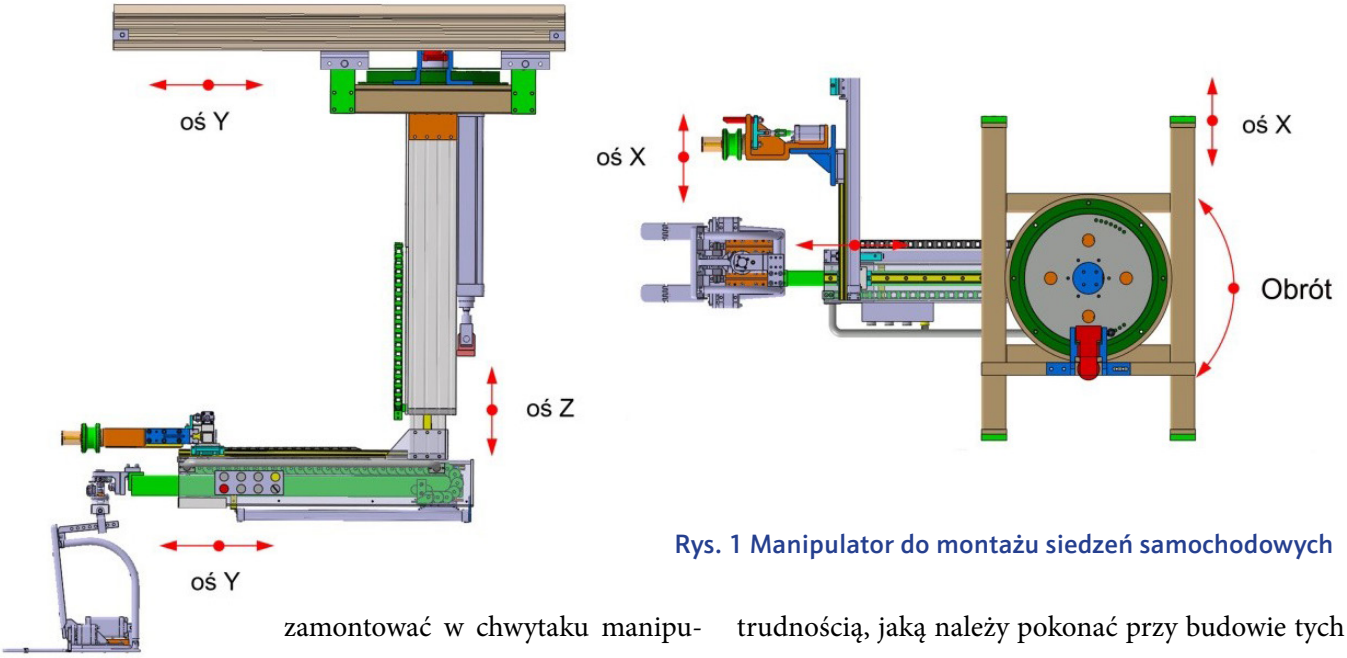
Najważniejszym zespołem manipulatora jest układ równoważący ciężar przenoszonego ładunku. Może być wykonany w postaci siłownika, najczęściej pneumatycznego, z odpowiednim zespołem dźwigni lub silnika elektrycznego, rzadziej zespołu sprężyn, wyposażonych w preselektor.

Manipulatory mają specjalne uchwyty (rękojeści), za które operator prowadzi i steruje manipulatorem z zamocowanym w chwytaku detalem przemieszczanym. Przy uchwytach zamontowane są najczęściej elementy sterownicze, czy to przyciski, czy sterowane ręcznie rozdzielacze, albo joysticki, za pomocą których nadaje się odpowiednie ukierunkowane działanie manipulatora, zgodnie z żądaniem operatora. Na rynku spotykamy manipulatory wraz z chwytakami, można też zamówić manipulatory ze specjalnym wyposażeniem. Typowy manipulator przemysłowy pokazano na fotografii 1.

Fot. 1 Manipulator typu żuraw z ramieniem przegubowym z pneumatycznym napędem odciążenia o wyższym poziomie wyposażenia (źródło: dalmec.com).

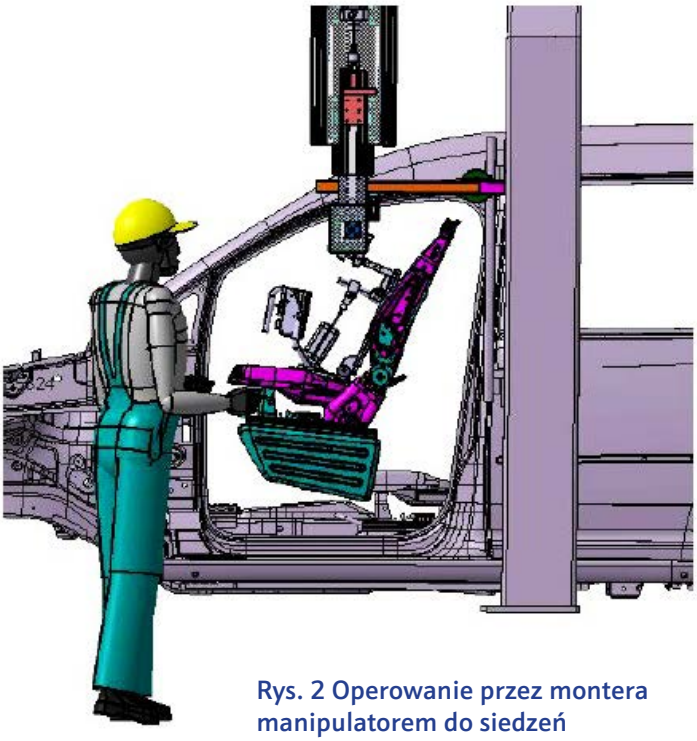
Zrównoważenie wagi ładunku odbywa się dzięki siłownikowi pneumatycznemu i systemowi dźwigni. Praca siłownika jest kontrolowana przez obwód pneumatyczny, który odpowiada za zrównoważenie układu bez ładunku, drugi obwód odpowiada za pracę z ładunkiem. Układ zapamiętuje poziom wyważenia uzyskany przy pomocy dźwigni góra/dół i umożliwia automatyczne zrównoważenie ciężaru ładunku bez dodatkowej regulacji. Operator bezpośrednio operuje chwytakiem lub ładunkiem zmieniając jego położenie

W różnych branżach przemysłowych wykorzystywane są manipulatory specjalne. Przykładowo w przemyśle motoryzacyjnym używane są do montażu drzwi, klap, siedzeń samochodowych, deski rozdzielczej, szyb czy kół. Często są one trudne w konstruowaniu. Konstruktorzy nadwozi samochodowych na ogół nie biorą pod uwagę trudności technologicznych (tzw. technologiczności konstrukcji), zwłaszcza związanych z montażem. Zdarza się więc, że chociaż zestaw tylnych siedzeń można



Rys. 1 Manipulator do montażu siedzeń samochodowych

zamontować w chwytaku manipulatora, to wsunąć go na miejsce montażu w nadwoziu już nie za bardzo można, nie mówiąc o manipulowaniu i dopasowywaniu ich położenia. Na końcu trzeba jeszcze chwytak manipulatora wysunąć z nadwozia, a to wymaga dalszej przestrzeni, której brakuje. Podobnie jest z innymi zespołami samochodu. Stąd okazuje się, że te manipulatory stają się jednymi z najtrudniejszych w realizacji maszyn technologicznych w budowie samochodów. Dopracowywanie manipulatora i chwytaka trwa tygodniami i generuje bardzo duże koszty tych prac. Inną trudnością, jaką należy pokonać przy budowie tych manipulatorów jest ich trwałość i niezawodność. Przy dużej liczbie produkowanych samochodów, np. 1000 szt. na dobę, wykonanie czynności montażowych przy pomocy manipulatora musi mieścić się w takcie poniżej 1 minuty. Widać stąd, że manipulator powinien być bardzo solidnej konstrukcji, a jednocześnie musi mieć jak najmniejszą masę, aby operowanie nim było łatwe, szybkie i nieuciążliwe. Ze względu na małą przestrzeń pracy chwytaki są często bardzo delikatnej budowy, co powoduje ich awarie. Niekiedy planiści znając problemy z manipulatorami od razu zamawiają dodatkową prostszą wersję manipulatora wykorzystywanego w stanach awaryjnych podstawowego manipulatora.



Rys. 2 Operowanie przez montera manipulatorem do siedzeń (źródło: Taskoprojekt SA)

Na rysunku 1 i 2 pokazano manipulator ułatwiający montaż siedzeń przednich w nadwoziu samochodu typu furgon. Jest on podwieszony na torze dwuszynowym (umożliwiając obrót wokół osi pionowej) i wyposażony w trzy siłowniki pneumatyczne oraz odpowiednie sterowanie elektropneumatyczne.

Działanie manipulatora odbywa się w sześciu podstawowych krokach :

1. pobranie siedzenia z palety,
2. zapięcie blokady manipulatora na zawieszce,
3. wprowadzenie siedzenia do kabiny kierowcy,
4. ustawienie siedzenia do pozycji montażu,
5. zwolnienie zacisku siedzenia,
6. wyprowadzenie manipulatora i zwolnienie blokady.

Dopuszczalny udźwig max.	60 kg
Masa własna manipulatora	230 kg
Masa własna chwytaka	30 kg
Skok manipulatora osi poprzecznej (Y)	600 mm
Napęd jazdy poprzecznej	ręczny
Skok manipulatora osi pionowej (Z)	500 mm
Napęd podnoszenia/opuszczania	siłownik pneumatyczny
Skok wysuwu chwytaka	500 mm
Napęd wysuwu chwytaka	siłownik pneumatyczny
Kąt obrotu manipulatora	180°
Napęd obrotu manipulatora	ręczny
Skok wysuwu blokady w osi „Y"	616 mm
Napęd wysuwu blokady w osi „Y"	siłownik pneumatyczny i ręczny
Skok wysuwu blokady w osi „X"	488 mm
Napęd wysuwu blokady w osi „X"	siłownik pneumatyczny i ręczny

Podstawowe dane techniczne manipulatora z rysunku 1

REKLAMA

dalmec

L E K K A
T E C H N O L O G I A

www.dalmec.pl

Niektóre działania manipulatora są częściowo zautomatyzowane, jak np. indeksowanie na różnych pozycjach czy blokada obrotu itp. Na fotografii 2 widać jeden z trzech pulpitów, którymi posługuje się operator.

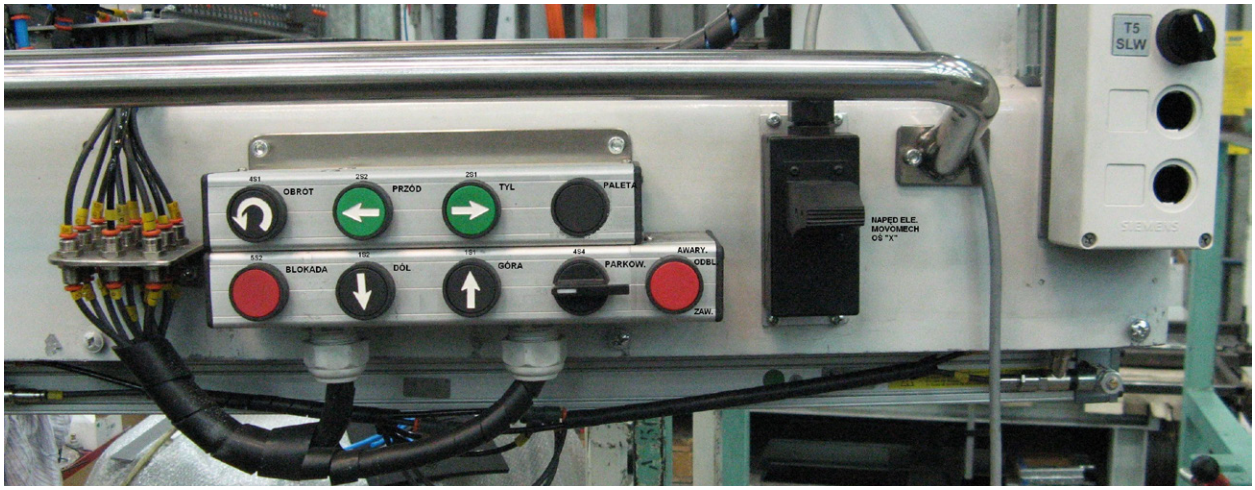
Manipulatory do montażu deski rozdzielczej są zbudowane podobnie. Manipulatory do zakładania i montażu drzwi samochodowych są wyposażone dodatkowo w mechanizm ustalający drzwi w otworze drzwiowym kadłuba nadwozia. Bardzo trudne w projektowaniu i wykonaniu są manipulatory do montażu kół w samochodzie montowanym w fabryce. Problem polega tu na synchronizacji ruchu manipulatora z ruchem ciągłym przenośnika, na którym wolno, bez przerwy, przesuwany jest montowany samochód. Sprawa nie jest łatwa do rozwiązania i wiele firm inżynierskich „połamało sobie zęby" na próbach poradzenia sobie z tym problemem, zwłaszcza przy krótkich taktach produkcji.

Spośród wielu podziałów robotów przemysłowych (ze względu na różne kryteria) jednym z podstawowych jest podział pod względem funkcji, na roboty:

- produkcyjne, np. do spawania, zgrzewania, malowania itp.,
- handlingowe, stosowane w celu usprawnienia i przyspieszenia procesów przenoszenia, ustalania i montażu elementów na różnych etapach zautomatyzowanej produkcji przemysłowej, najczęściej współpracujące w zrobotyzowanych gniazdach technologicznych lub liniach technologicznych z robotami produkcyjnymi,
- roboty współpracujące (*collaborative robots*) – coroboty, coboty – które wspomagają pracowników w czynnościach powtarzalnych, współpracując z pracownikiem na tym samym stanowisku i wykonując różne zabiegi w ramach tej samej operacji technologicznej.

Z tego zestawienia jedynie robot współpracujący – cobot może w jakiś sposób być porównywalny z manipulatorem, bo często wykonuje prace podobne jak manipulator, jednak z częściami zwykle o mniejszym ciężarze, wg zadanego programu. Są to np. podawanie pracownikowi detali, kontrola właściwego detalu do montażu, niekiedy kontrola techniczna, posmarowanie detalu klejem itp. Coboty łączą cechy bardziej skomplikowanych manipulatorów i prostych robotów. Roboty produkcyjne i handlingowe wymagają wygrodzonego stanowiska pracy, ze względów bezpieczeństwa osób znajdujących się w pobliżu ich przestrzeni roboczej. Coboty najczęściej pracują w przestrzeni bez wygrodzenia, często razem z pracownikiem. Występują coboty jednoramienne i dwuramienne.

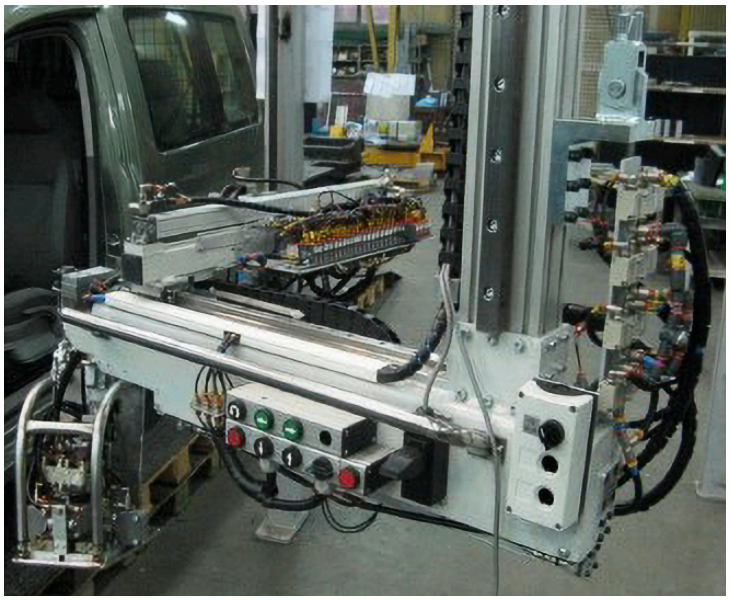
Roboty współpracujące zwykle wyposażone są w sensory i kamery, co umożliwia im podejmowanie ograniczonych decyzji dotyczących korekty realizowanego programu lub trajektorii, czy zachowania bezpieczeństwa ruchu. Dzięki sensorom i kamerom mogą współpracować z pracownikiem bez barier i wygrodzeń, gdyż czułe sensory zatrzymują pracę cobota przed dotknięciem pracownika lub przed kontaktem z maszyną lub inną częścią stanowiska.



Fot. 2 Pulpit sterowniczy umieszczony na ramieniu manimanipulatora (fot. Taskoprojekt SA)

Istnieje możliwość zaprogramowania w sterowaniu cobota wirtualnego wygrodzenia, gdy jest to potrzebne lub konieczne i nie utrudnia jego pracy. Są też łatwo programowalne, stąd możliwość szybkiego przezbrajania i przystosowania do nowego zadania. Programowanie polega na „uczeniu" cobota poprzez demonstrowanie mu zadań, jakie będzie wykonywał. Robot jest uczony przez przesuwanie jego ramienia, zapamiętywanie sekwencji ruchów i zadań, jakie mają być wykonane.

Możliwe jest stosowanie w cobotach wyposażenia wielu dostawców i łatwe podłączenie dowolnych akcesoriów, które umożliwiają zrealizowanie różnych aplikacji, na przykład: obsługi maszyn, pras, wtryskarek, obsługi linii produkcyjnych, spawania, klejenia, malowania, piaskowania, paletyzacji, przenoszenia, montażu, wiercenia, przykręcania, nitowania, testów i kontroli, automatyzacji laboratoriów i wielu innych. Cobot zapamiętuje programy pracy w zależności od zastosowania odpowiednich akcesoriów, np. chwytaka i po przezbrojeniu od razu jest gotowy do wykonania zadań związanych z tym chwytakiem.



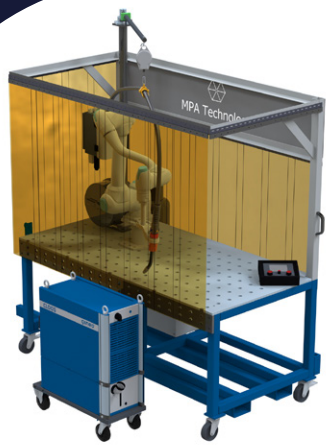
Fot. 3 Manipulator do siedzeń samochodowych, z rysunku 1 (fot. Taskoprojekt SA)

REKLAMA

CLOOS & TRANSITION TECHNOLOGIES
COBOTY SPAWALNICZE

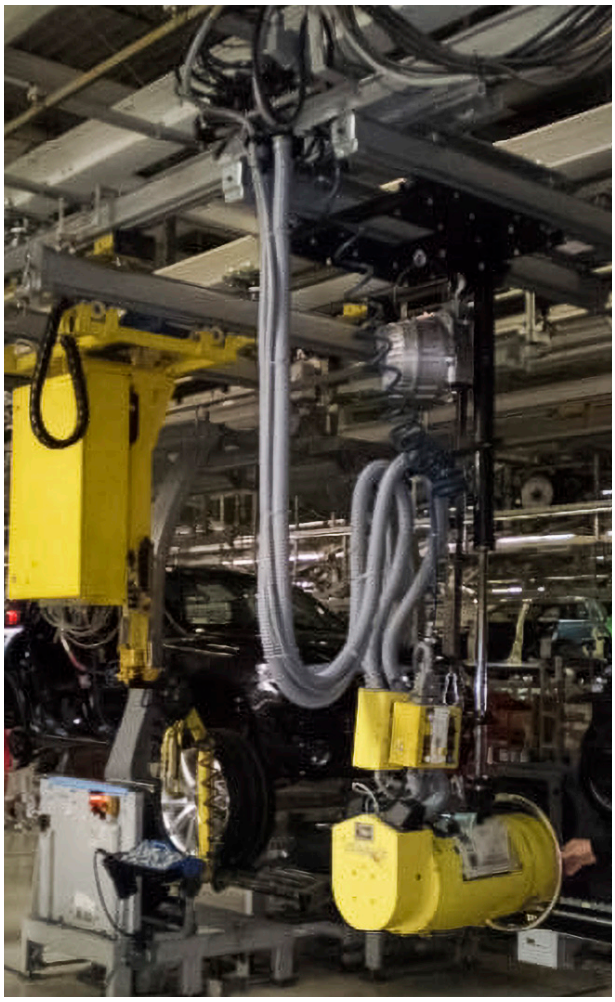
- PRECYZYJNE COBOTY DOOSAN
- W PEŁNI PROGRAMOWALNE
- KOMPAKTOWE I INTUICYJNE
- OBSŁUGUJĄCE SZEROKĄ GAMĘ PROCESÓW SPAWALNICZYCH

WWW.CLOOS.PL



30 1992 2022

CLOOS Polska



Fot. 4 Manipulator do montowania kół w samochodzie. Na pierwszym planie zakręcarka śrub pięciowrzecionowa. Manipulator na drugim planie (fot. Taskoprojekt SA)

Jak z tego opisu wynika roboty współpracujące mogą w dużej części wspomagać pracowników, wyręczając ich w trudnych, czasem brudnych i monotonnych zabiegach podczas wspólnego wykonywania operacji technologicznych. Mogą też w niektórych przypadkach zastępować manipulatory. Mimo wielkiego postępu technicznego i rozwoju techniki nie wszystkie operacje technologiczne mogą być wykonywane przez roboty produkcyjne. Ciągle jest jeszcze obszar technologii, w której pracownik jest niezastąpiony, zwłaszcza tam, gdzie podejmować trzeba decyzje niestandardowe. Jednak to dobrze, że udaje się tworzyć „trochę mądrzejsze" maszyny, które wyręczają pracownika w czynnościach nie wymagających samodzielnego myślenia i decyzyjności. Przyczyniają się one do podniesienia wydajności pracy stanowisk czy linii praktycznie w każdej gałęzi przemysłu. Coboty z reguły są tańsze w zakupie i wdrożeniu niż roboty przemysłowe. Wynika to z prostszej budowy i tańszej instalacji oraz niższych kosztów uruchomienia, przez brak skomplikowanych systemów bezpieczeństwa.

Problemem może być ocena zgodności cobota po wyposażeniu go w odpowiednią aplikację. Ocena ta leży po stronie integratora, który dopiero po integracji i zainstalowaniu wszystkich urządzeń na stanowisku oraz określeniu obszaru pracy cobota i pracownika jest w stanie taką ocenę wykonać. Utrudnieniem tu może być brak odpowiednich przepisów i norm dla cobotów, ale pewnie z czasem one powstaną.

Jeszcze prostsza sprawa jest w posługiwaniu się manipulatorami, które są maszynami prostszymi niż roboty współpracujące, ale odciążają operatorów od dźwigania i manipulowania ciężkich i nieforemnych detali i zespołów. Pracownik obsługujący manipulator bardzo często współpracuje jednak z innymi zautomatyzowanymi urządzeniami stanowiska, które robotami nie są, chociaż są sterowane za pomocą komputera przemysłowego. Jak stąd wynika, obszary pracy robota przemysłowego, cobota, manipulatora i innych zautomatyzowanych urządzeń technologicznych oraz pracowników coraz bardziej zaczynają się przenikać i zazębiać. Taka współpraca staje się dziś coraz częstsza.

Aleksander Łukomski

Fot. 5 Cobot Motoman HC10 we współpracy z operatorką (fot. Yaskawa)

Najwyższa wydajność i kontrola procesów spawania dzięki cobotom spawalniczym YASKAWA

Automatyzacja procesów spawania oznacza zwiększenie wydajności, szybkości i jakości. Zmniejsza również prawdopodobieństwo popełnienia błędów w porównaniu ze spawaniem ręcznym. Zautomatyzowane systemy mogą przynieść wiele korzyści, takich jak wyższa jakość spoin i przewidywalność produkcji, a co za tym idzie jej niższe koszty. Dlatego firma Yaskawa we współpracy z firmą Robotpol i Fronius stworzyła elastyczny system Weld4Me.

System spawalniczy Weld4Me (cobot Yaskawa HC10DT IP67 we współpracy z człowiekiem)

Weld4Me stanowi alternatywę lub uzupełnienie ręcznego spawania metodą MIG/MAG.
Łatwy w programowaniu i obsłudze cobot Yaskawa HC10DTIP67 zapewnia stałą jakość spawania i doskonałą wydajność niewielkim zakładom spawalniczym, które produkują małe partie różnych wariantów części, pozwalając utrzymać stałą i wysoką jakość spawania. System Weld4Me spełnia wysokie standardy dotyczące spoin, a dodatkowo może być łatwo dostosowany do potrzeb każdego rynku.

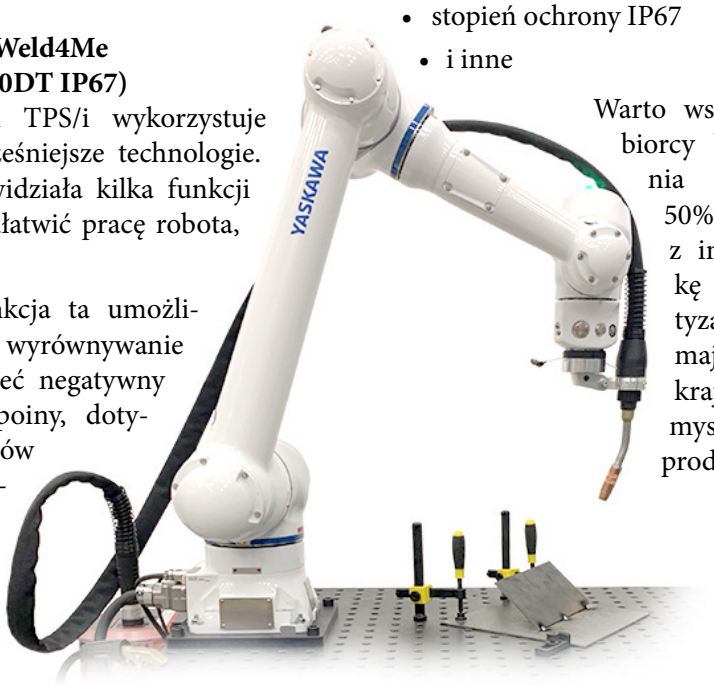
Niezliczone korzyści od trzech producentów
W Polsce system integruje firma Robotpol, która oferuje kompleksowe stanowiska zrobotyzowane z cobotami Yaskawa i urządzeniami spawalniczymi firmy Fronius.

System spawalniczy Weld4Me (cobot Yaskawa HC10DT IP67)
Zastosowany system TPS/i wykorzystuje wyłącznie najnowocześniejsze technologie. Firma Fronius przewidziała kilka funkcji pomocniczych, aby ułatwić pracę robota, takich jak:

- **Wiresense** – funkcja ta umożliwia rozpoznawanie i wyrównywanie różnic mogących mieć negatywny wpływ na jakość spoiny, dotyczących wymiarów elementów i ich zamocowania; pozwala uniknąć kosztownego usuwania wad spawania;
- **Teachmode** – znajduje się standardowo we wszystkich konfiguracjach TPS/i, a sprawia, że programowanie robota staje się dużo łatwiejsze. Zapobiega zginaniu drutu w przypadku niezamierzonego zetknięcia się z detalem, ponadto umożliwia automatyczne wycofanie drutu, gdy jego wolny wylot staje się mniejszy od zadanej wartości;
- **Touchsense** – pozwala robotowi obliczyć dokładną ścieżkę spoiny przed rozpoczęciem procesu spawania spoin pachwinowych i spoin doczołowych;
- **Seamtracking** – funkcja przeznaczona do samoczynnego korygowania przebiegu spoiny, co zapobiega błędom spawania związanym z tolerancjami mocowania i detali.

Spawanie zrobotyzowane przy użyciu systemu Weld4Me ma wiele zalet, wśród których można wymienić:

- intuicyjne uczenie bezpośrednie (prowadzenie ręczne)
- wyższą jakość spoin niż w przypadku spawania ręcznego
- kreator spawania ułatwiający programowanie
- kontrola i korekta procesu spawania
- bezpieczeństwo podczas pracy
- łatwą instalację i obsługę
- stopień ochrony IP67
- i inne



Warto wspomnieć, że przedsiębiorcy będą mogli od stycznia 2022 roku odliczyć 50% kosztów związanych z inwestycjami w robotykę dzięki uldze na robotyzację. Nowe przepisy mają na celu pobudzenie krajowej produkcji i przemysłu oraz zwiększenie produktywności.

www.yaskawa.pl

KLEJENIE STRUKTUR LOTNICZYCH

Wpływ metody przygotowania powierzchni kompozytów i aluminium na wytrzymałość połączeń klejonych cz. 1

Specyfika przemysłu lotniczego polega na rozwoju technologii materiałowych i procesowych poprzez poszukiwanie rozwiązań umożliwiających uzyskanie elementów o wysokiej trwałości i wytrzymałości przy jednoczesnej redukcji masy. Bardzo silny nacisk kładziony jest na zapewnienie bezpieczeństwa eksploatacji, dlatego przy projektowaniu konstrukcji lotniczych stosowane są rygorystyczne zalecenia, współczynniki bezpieczeństwa w odniesieniu do konstrukcji, zastosowanych materiałów, jak i metod łączenia elementów.

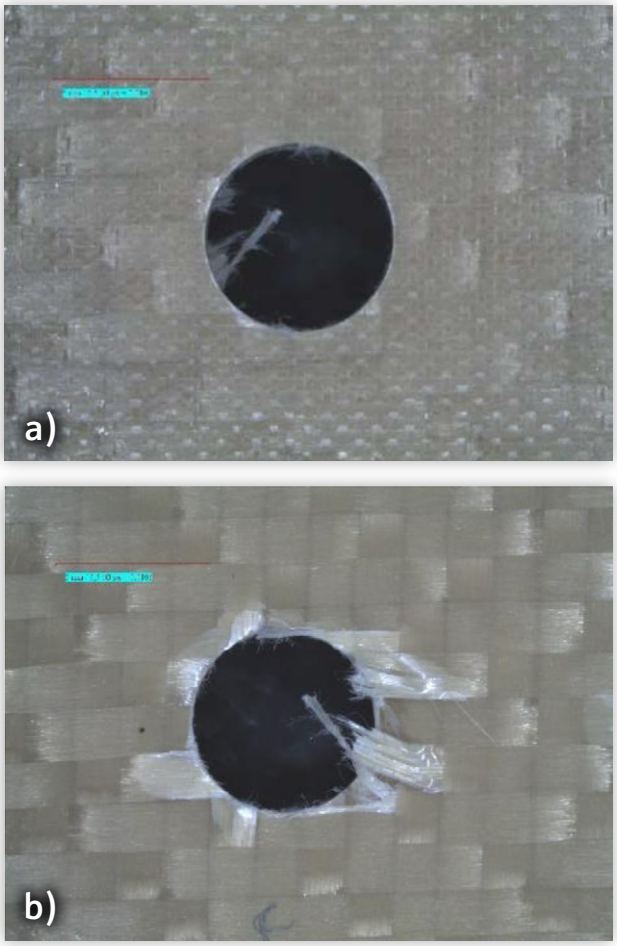
W konstrukcjach lotniczych zasadniczo możemy wyróżnić metody łączenia z zastosowaniem łączników, np. w postaci śrub i nitów, a także tzw. metody bezłącznikowe, takie jak zgrzewanie, spawanie oraz oczywiście klejenie.

Małgorzata Wilk

Początkowo technologię klejenia w metalowych konstrukcjach lotniczych stosowano w mało wymagających aplikacjach jako alternatywę dla procesu nitowania, w celu redukcji ilości procesów powiązanych z nitowaniem oraz w celu redukcji masy struktury.

Klejenie elementów metalowych stosowano od lat 50 XX wieku np. do mocowania podłużnic do kadłuba i poszycia skrzydeł, w celu usztywnienia konstrukcji przed wyboczeniem. Wykorzystywane jest również do wytwarzania sztywnych, lekkich metalowych konstrukcji przekładkowych z rdzeniem o strukturze plastra miodu (ang. *Honeycomb*). Jednak znaczny wzrost zastosowania technologii klejenia struktur lotniczych pojawił się wraz z rozwojem przemysłu tworzyw sztucznych i odkryciem wielu polimerów o dobrej przyczepności do różnych materiałów, oraz z coraz szerszym wprowadzaniem do konstrukcji lotniczych polimerowych materiałów kompozytowych, co miało miejsce od lat 70 XX wieku.

Zastosowanie kompozytów w konstrukcjach statków powietrznych wynika z ich właściwości, takich jak wysoka wytrzymałość, odporność na



Rys. 1 Zdjęcia otworów uzyskanych po wierceniu w kompozycie aramidowym: a) otwór wlotowy, b) otwór wylotowy z widocznymi uszkodzeniami

korozję, odporność na zmęczenie i uderzenia, stabilność wymiarowa, tolerancja temperatury, możliwość dostosowania do skomplikowanych kształtów. Relatywnie mała gęstość materiałów kompozytowych przyczynia się redukcji masy statku powietrznego, co następnie wpływa na redukcję zużycia paliwa, kosztów eksploatacji i emisji szkodliwych gazów do atmosfery.

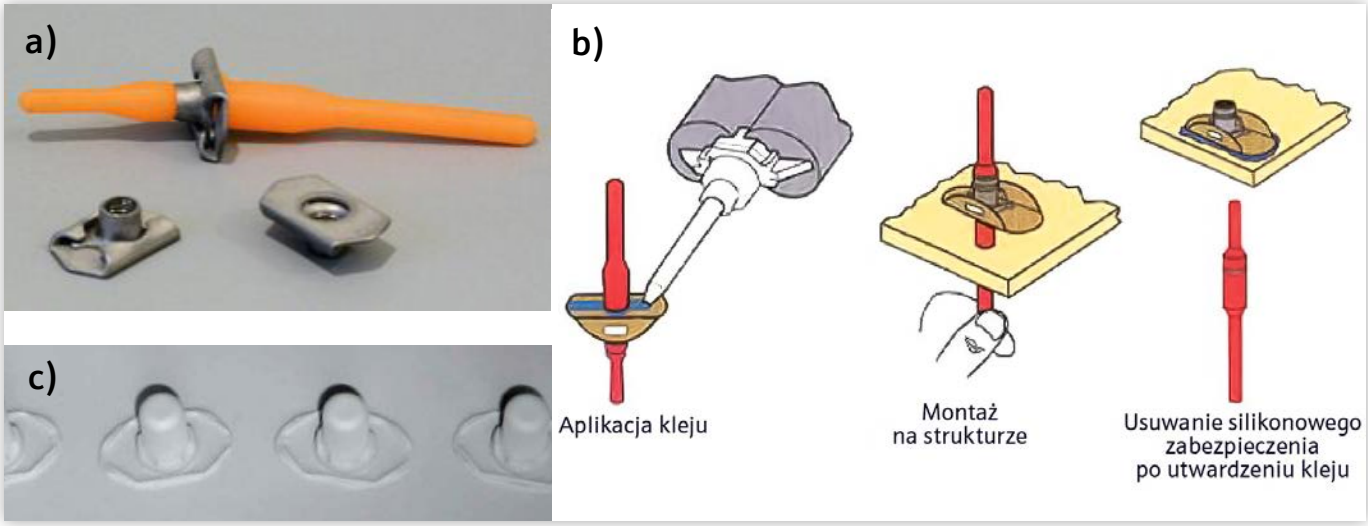
W porównaniu z klejeniem, zastosowanie połączenia mechanicznego w strukturach lotniczych jest przeważnie tańszą i mniej skomplikowaną opcją. Dodatkowo możliwy jest np. demontaż elementów połączonych śrubami w celu przeprowadzenia rewizji wewnątrz struktury lub w celu wykonania naprawy.

Jednakże w przypadku struktur kompozytowych, szczególne elementów cienkościennych, proces ten wiąże się z wieloma wyzwaniami. Otwory w strukturze laminatu wpływają negatywnie na jego wytrzymałość, stając się punktami koncentracji naprężeń. Zarówno obróbka mechaniczna jak i wykonywanie otworów wymaga zastosowania dedykowanych i często drogich narzędzi (np. frezy czy wiertła z węglików spiekanych). Nieodpowiedni dobór narzędzi i parametrów procesu wiercenia może również uszkodzić strukturę kompozytu, doprowadzając do powstania delaminacji pomiędzy warstwami kompozytu (Rys. 1). W czasie eksploatacji, gdzie występują obciążenia cykliczne, uszkodzenia mogą ulec dalszej propagacji i w efekcie mogą doprowadzić do znacznego uszkodzenia i zniszczenia struktury.

Należy pamiętać, że warstwowe kompozyty polimerowe są wrażliwe na działanie wilgoci, a obecność odsłoniętych włókien i pęknięć w polimerowej matrycy może stanowić ścieżki do migracji wilgoci w głąb materiału. W sytuacji gdzie dochodzi do zmian temperatury pracy struktury lotniczej (średnio od +50 °C na płycie lotniska, do –50 °C w locie) uwięziona wilgoć uszkadza kompozyt i osłabia strukturę.

Zastosowanie kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknami stwarza szereg trudności przy łączeniu z innymi materiałami, np. połączenie kompozytu zawierającego włókna węglowe z arkuszami ze stopu aluminium powoduje powstanie niepożądanego zjawiska korozji galwanicznej.

Opcją rozwiązującą powyższe kwestie stało się zastosowanie połączenia adhezyjnego (klejonego). Podstawową funkcją klejów jest łączenie części poprzez przenoszenie naprężeń z jednego elementu na drugi, z bardziej równomiernym rozkładem aniżeli ma to miejsce w przypadku połączeń z zastosowaniem mechanicznych łączników. Pomimo wielu wad, takich jak brak możliwości demontażu bez naruszenia konstrukcji oraz szereg wymagań odnośnie doboru materiałów, klejów, metod przygotowania powierzchni, jak i samego procesu klejenia, jest to technologia, która niesie ze sobą wiele możliwości i korzyści.



Rys. 3 Click Bond przed montażem (a), etapy montażu (b) oraz po instalacji łącznika i po malowaniu [2, 3]

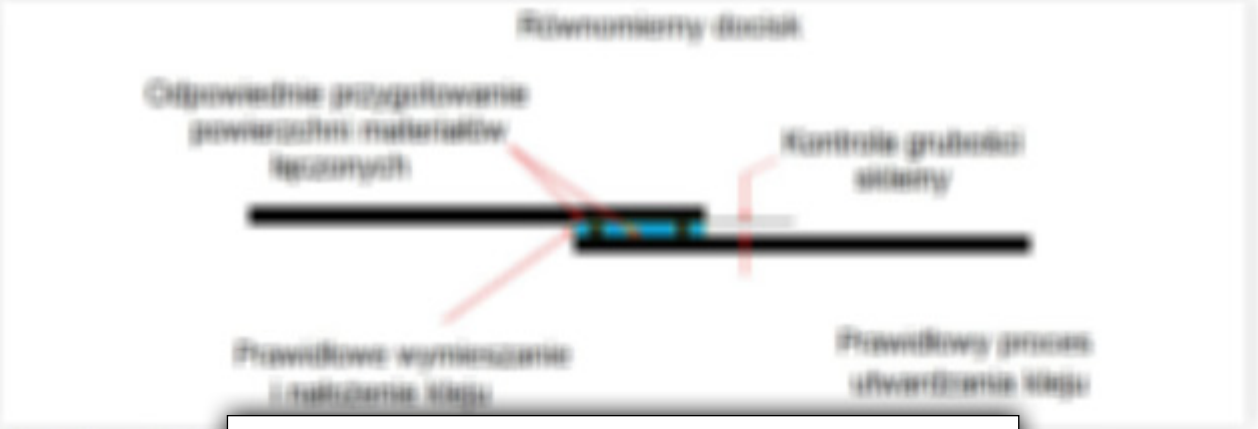
Prawidłowo wykonana spoina klejowa charakteryzuje się bardzo dużą wytrzymałością i elastycznością, dzięki czemu tłumi drgania oraz dodatkowo stanowi uszczelnienie. W przypadku struktur silnie obciążonych (struktury pierwszorzędowe) zalecane jest stosowanie tzw. połączeń hybrydowych, gdzie jednocześnie stosowane są łączniki mechaniczne oraz klej (ang. *bonded-bolted*). Ciekawym rozwiązaniem jest też stosowanie klejonych podkładek typu Click Bond do montażu łączników mechanicznych (Rys. 3).

PARAMETRY WPŁYWAJACE NA WYTRZYMAŁOŚĆ POŁĄCZENIA KLEJONEGO

O ile w przypadku łączonych mechanicznie lotniczych struktur metalowych znane są ogólne zalecenia projektowe, poparte latami badań i doświadczeń, o tyle w przypadku klejonych struktur kompozytowych pojawia się wiele niewiadomych, szczególnie jeśli chodzi o wytrzymałość zmęczeniową w aspekcie długotrwałej eksploatacji statków powietrznych. Wiąże się to z dużą ostrożnością i rezerwą w implementowaniu technologii klejenia w lotnictwie, szczególnie w przypadku struktur silnie obciążonych (pierwszorzędowych).

Technika klejenia pozwala na łączenie ze sobą różnych materiałów, takich jak metale, szkło, ceramika, tworzywa sztuczne, jednak uzyskanie prawidłowej, wytrzymałej skleiny wymaga realizacji wielu zabiegów oraz uwzględnienia wielu czynników w trakcie procesu klejenia. W przemyśle lotniczym proces klejenia jest procesem specjalnym i realizowany jest w tzw. pomieszczeniu czystym (ang. *Clean Room*), przy zachowaniu rygorystycznych procedur, odpowiedniej staranności i kontroli jakości. Zanieczyszczenia, które mogłyby pojawić się w skleinie lub pęcherze powietrza uwięzione w trakcie mieszania lub nakładania kleju, mogą znacznie osłabić wytrzymałość skleiny. Powierzchnie kompozytu i metalu są czyszczone i gruntowane (metal) przed wiązaniem. Utwardzanie jest zwykle prowadzone przy podwyższonych temperaturach i ciśnieniu (w autoklawie lub piecu z zastosowaniem worka próżniowego) lub w temperaturze pokojowej, z zastosowaniem docisków oraz dedykowanego oprzyrządowania do montażu.

Wytrzymałość połączeń klejonych może być osłabiona w wyniku powstałych wad produkcyjnych, jak również z powodu źle dobranego kleju i metody przygotowania powierzchni. Brak lub nieodpowiednie przygotowanie powierzchni elementów (źle przygotowana warstwa tlenku lub podkładu) może przyczynić się do uszkodzenia połączenia adhezyjnego. Złe przygotowanie powierzchni kompozytowych jest głównym problemem i jedną z głównych przyczyn uszkodzeń połączeń klejonych. Niewystarczający



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

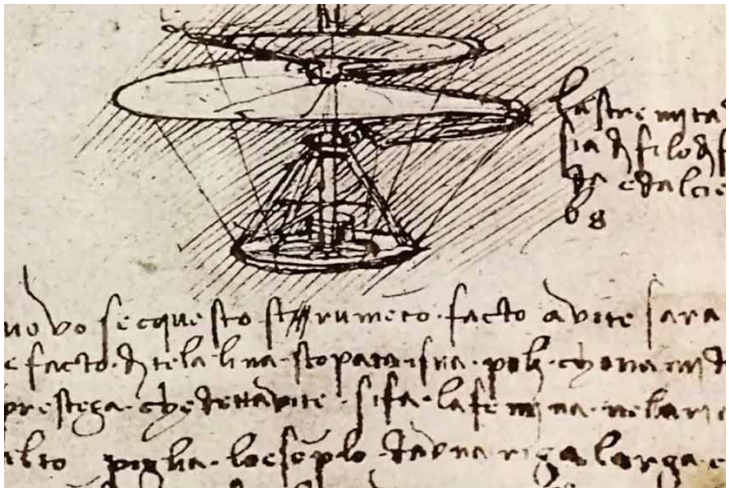
www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Cyklokopter powraca

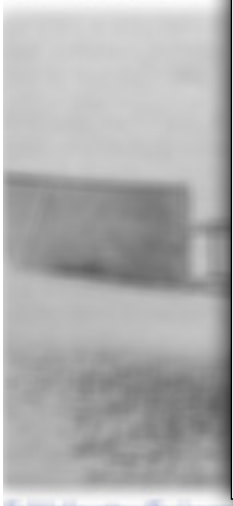
Historia lotnictwa jest pasjonująca. W dziejach techniki odnajdujemy wielkich i często niezwykle odważnych wizjonerów, z których wielu, dążąc do spełnienia marzeń o lataniu, szukało inspiracji w przyrodzie. Mityczni Dedal i Ikar, wykorzystujący skrzydła podobne do ptasich, przeszli z legend i literatury do świata realnego – znaleźli licznych następców. Dziś takie niejednokrotnie bardzo efektowne, ale raczej bezużyteczne projekty możemy oglądać jedynie na starych rycinach, fotografiach i archiwalnych nagraniach.

Ryszard Romanowski

Budowano maszyny naśladujące ptaki i urządzenia podobne do śmigieł. Pragnieniem wielu była możliwość latania podobna do niektórych ptaków i owadów: z pionowym startem i nieruchomym zawisem w powietrzu. Maszyna taka, wykorzystująca coś w rodzaju wirnika, opisana jest w chińskiej księdze Pao Phu Tau z IV wieku n.e. Najsłynniejszy w Europie jest szkic Leonarda da Vinci z maszyną o wirniku przypominającym śrubę. Zainspirował on kilku osiemnastowiecznych konstruktorów, z których najbardziej znany był inż. sir George Cayley w 1796 roku. rozważający teoretyczne zasady lotu pionowego. Być może pokusiłby się o budowę prototypu gdyby dysponował czymś lżejszym i efektywniejszym niż ówczesne maszyny parowe. Wiedział, że siła mięśni przenoszona nawet przez przekładnię rowerową nie wystarczy. W roku 1863 francuski wynalazca Gustave de Ponton d'Amecourt wymyślił nazwę helikopter – łącząc greckie słowa *ἕλιξ* (*helix* – spirala, helisa) i *πτερόν* (*pteron* –skrzydło, pióro) – na oznaczenie maszyny pionowego startu.



Austin Prete z Uniwersytetu Maryland, budując prostego drona, nazwanego Crimson Spin, udowodnił, że wirniki wg koncepcji Leonarda da Vinci nadają się do napędu aparatów powietrznych. Dron został zaprezentowany na konferencji Transformative Vertical Flight 2022 w Kalifornii



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Zabezpieczenie inwestycji

Stosowanie wielkogabarytowych łożysk przemysłowych wiąże się często z wysokimi nakładami inwestycyjnymi. Oto pięć prostych sposobów, które pozwolą zmaksymalizować pracę łożysk i wydłużyć cykl eksploatacji urządzeń w zakładzie – bez rozbijania skarbonki.

W obecnych warunkach ekonomicznych wszyscy jesteśmy zmuszeni do osiągania wysokich wyników przy mniejszych nakładach. Oznacza to konieczność zwiększania wydajności urządzeń przy zachowaniu niskich kosztów eksploatacji.

Trwałość łożysk w znacznym stopniu zależy od jakości i zakresu obsługi technicznej, szczególnie w zastosowaniach przemysłowych, charakteryzujących się trudnymi warunkami pracy, wysokimi obciążeniami oraz obecnością zanieczyszczeń. Dzięki prawidłowemu doborowi łożysk, ich konserwacji, smarowaniu i przeprowadzaniu regeneracji, można znacząco zwiększyć ich wydajność, obniżając tym samym koszty związane z nieplanowanymi przestojami, wymianą komponentów czy szerokim zakresem obsługi.

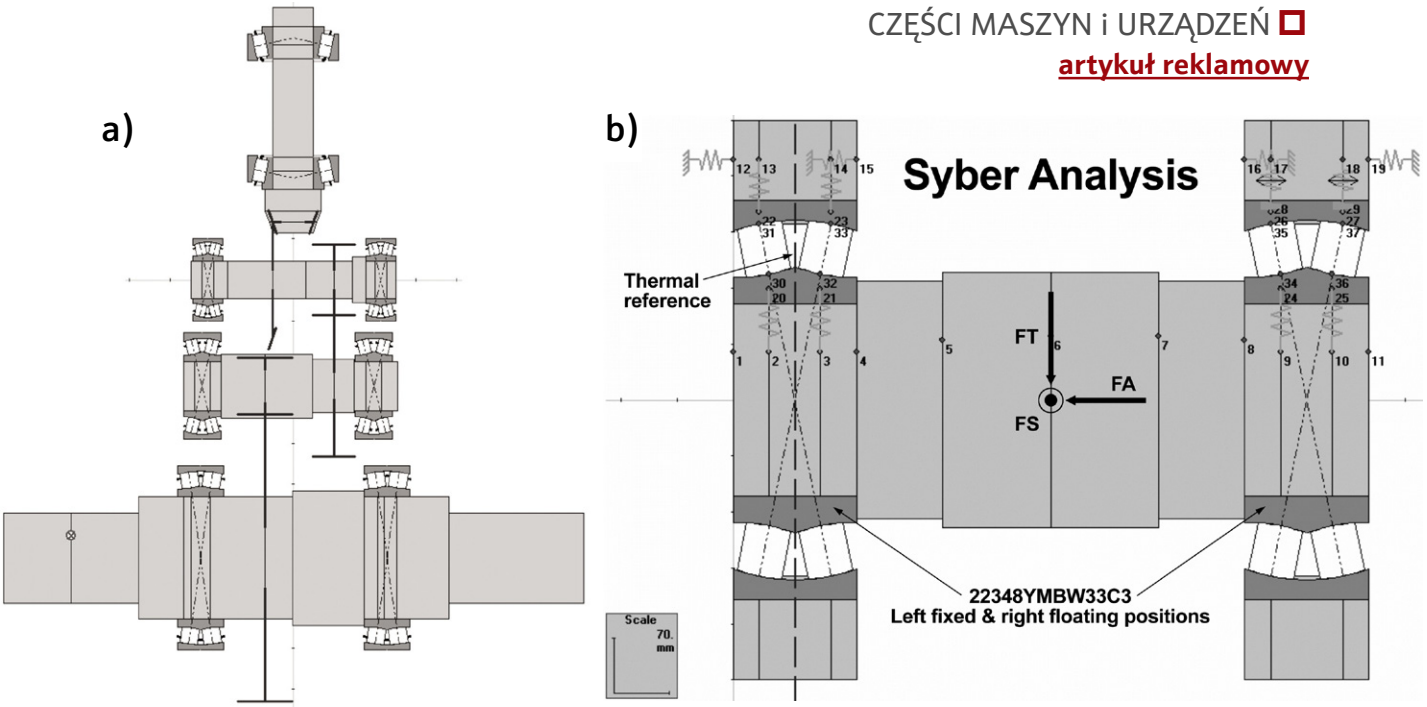
1. Dobór odpowiedniego łożyska

Proces doboru łożyska polega na ocenie jego właściwości dla określonego zastosowania oraz warunków pracy. Chociaż wiele rodzajów łożysk może być zabudowanych w danym zastosowaniu, istnieje szereg czynników mechanicznych i środowiskowych, które decydują o wyborze tego najlepszego.

Łożyska toczne, w zależności od kształtu elementu tocznego, można podzielić na kulkowe, igiełkowe, wałeczkowe, stożkowe, czy też baryłkowe. Właściwości takie jak sztywność czy dopuszczalne odkształcenie, wymogi dotyczące smarowania, statyczna i dynamiczna niewspółosiowość, prędkość obrotowa, nośność oraz wymagana trwałość, mają wpływ na wybór najlepszego łożyska dla danego zastosowania.

Łożyska baryłkowe są specjalnie projektowane do przenoszenia obciążeń osiowych i promieniowych. Charakteryzują się wysokimi nośnościami oraz możliwością pracy przy wysokiej prędkości i niewspółosiowości układu

Łożyska mogą pracować w szerokim zakresie prędkości i z wieloma kombinacjami obciążeń promieniowych i wzdłużnych. Na pracę łożysk wpływają także warunki środowiskowe, takie jak niskie i wysokie temperatury, zanieczyszczenia, wilgoć oraz sposób montażu.



Producenci łożysk mogą przeprowadzać analizę trwałości łożysk poprzez modelowanie (a) i prognozowanie jego pracy (b)

Z tego względu należy wziąć pod uwagę zarówno czynniki mechaniczne, jak i środowiskowe, które mogą znacząco wpłynąć na wybór łożyska i jego pracę. Pierwszym krokiem jest określenie właściwego typu elementu tocznego łożyska – czy ma to być łożysko kulkowe, igiełkowe, wałeczkowe, baryłkowe czy stożkowe. Każdy typ łożyska posiada cechy konstrukcyjne, które decydują o jego zdolności do przenoszenia obciążeń, prędkości oraz przewidywanej trwałości.

Drugim krokiem w doborze łożysk jest analiza ograniczeń związanych z wymiarami zabudowy. Należy wziąć pod uwagę minimalną średnicę wału, maksymalny otwór gniazda obudowy oraz dostępną szerokość. Dla danych wymiarów zabudowy może być dostępnych szereg łożysk o różnych wartościach nośności i przewidywanej trwałości. Po określeniu wielkości łożyska, trzecim krokiem jest ustalenie, które łożysko osiągnie wymaganą trwałość. Producenci łożysk mogą przeprowadzać analizę trwałości układów łożysk poprzez modelowanie i prognozowanie ich pracy (patrz rys. powyżej).

Ostatnim etapem przy doborze łożysk jest zdefiniowanie cech konstrukcyjnych. Będą to m.in. typ kosza, konstrukcja pierścienia (w przypadku łożysk walcowych i stożkowych), wewnętrzny luz promieniowy (RIC) lub sposób jego regulacji, poziom precyzji pracy oraz przewidziany sposób smarowania. Wybór powyższych cech następuje w oparciu o warunki pracy m.in. prędkość obrotową, temperaturę pracy, sposób montażu i wielkość obciążenia. Ma to na celu zapewnienie maksymalnej trwałości i wydajności pracy łożyska.

2. Przestrzeganie właściwych praktyk przy obsłudze łożysk

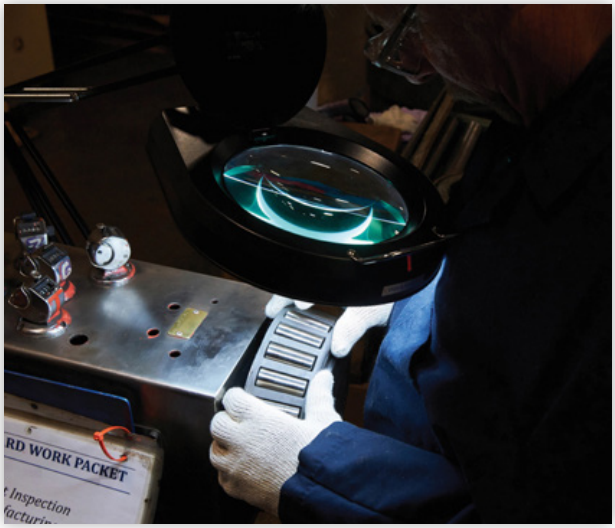
Właściwa obsługa łożysk obejmuje przechowywanie, demontaż, mycie, inspekcję i montaż.

„W zależności od typu łożyska, niektóre zalecenia związane z ich obsługą mogą się różnić, dlatego, w razie konieczności należy skonsultować się z dostawcą łożysk", wyjaśnia Mariusz Karcz, Główny Inżynier Serwisu firmy Timken. „Istnieją jednak ogólne zalecenia, które mają zastosowanie w przypadku wszystkich konstrukcji łożysk, na przykład dotyczące ich przechowywania. Obecność wilgoci lub chemikaliów może zapoczątkować uszkodzenie dowolnego łożyska, dlatego do chwili montażu należy je przechowywać w oryginalnych opakowaniach".

Nowe łożyska są zabezpieczone powłoką środka antykorozyjnego oraz zabezpieczeniem zewnętrznym. Dzięki temu pozostając w oryginalnym

opakowaniu są zabezpieczone przed korozją. Łożyska powinny być przechowywane na palecie lub regale w miejscach, gdzie nie będą narażone na wysoką wilgotność ani duże wahania temperatury, których efektem może być kondensacja pary.

Procedury montażu i demontażu mogą się różnić w zależności od typu łożysk. Właściwe obchodzenie się z łożyskami podczas montażu i demontażu jest kluczowe dla ochrony przed ich uszkodzeniem.



Właściwa obsługa obejmuje przechowywanie, demontaż, mycie, inspekcję i montaż

OLEJ	SMAR
Odprowadza ciepło z łożysk	Upraszcza konstrukcję uszczelnień i działa jako dodatkowe uszczelnienie
Wyprowadza wilgoć z łożyska	Umożliwia smarowanie wstępne łożysk uszczelnionych i osłoniętych
Łatwa kontrola smarowania	Z reguły wymaga częstego dosmarowywania

Olej i Smar – charakterystyka pod kątem doboru odpowiedniego środka smarnego dla danego łożyska

„W przypadku mniejszych łożysk istnieje szereg narzędzi, które ułatwiają ich demontaż i montaż", wyjaśnia Mariusz Karcz. „Większe łożyska wymagają użycia urządzeń do podnoszenia, takich jak zawiesia, haki, łańcuchy czy też innych bardziej specjalistycznych przyrządów. Wykorzystanie odpowiednich narzędzi pozwala zapobiec m.in. odkształceniu łożysk, których naprawa może być kosztowna lub nawet niemożliwa".

Po demontażu łożysko należy oczyścić z wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń i pozostałości środka smarnego – tak, aby wszystkie wewnętrzne elementy toczne były całkowicie czyste – to pozwala na przeprowadzenie właściwej inspekcji łożyska. Zawsze należy przestrzegać zaleceń producenta w kwestii mycia łożysk.

Po umyciu, należy sprawdzić stan łożyska pod kątem ewentualnych uszkodzeń i zużycia. Jest to dobry moment, aby dokonać pomiaru łożyska w celu sprawdzenia, czy jego wymiary zewnętrzne nadal spełniają wymogi specyfikacji dla danego zastosowania. W niektórych zastosowaniach trwałość łożyska może być czynnikiem krytycznym w całościowym harmonogramie obsługi urządzenia. Poprzez rutynowe inspekcje i pomiary można wykrywać i korygować problemy, zanim doprowadzą do nieplanowanych przestojów.

3. Maksymalizacja programu obsługi prewencyjnej

Opracowanie kompleksowego programu obsługi prewencyjnej również może wydłużyć czas eksploatacji łożyska, ostrzegając o potencjalnych problemach pracującego urządzenia. Monitorowanie stanu i pracy urządzeń można z łatwością zintegrować z istniejącym harmonogramem obsługi, tak aby ułatwić pracę ekip serwisowych. Przykładem mogą być bezprzewodowe systemy do monitorowania stanu urządzeń, które mogą wykrywać i monitorować temperaturę i poziom drgań w urządzeniach i zgłaszać nieprawidłowości w czasie rzeczywistym. Inne rozwiązanie, takie jak zdalne usługi monitorowania, zapewniają ciągłe monitorowanie urządzeń, gromadząc dane i analizując wyniki w celu ulepszenia procesu.

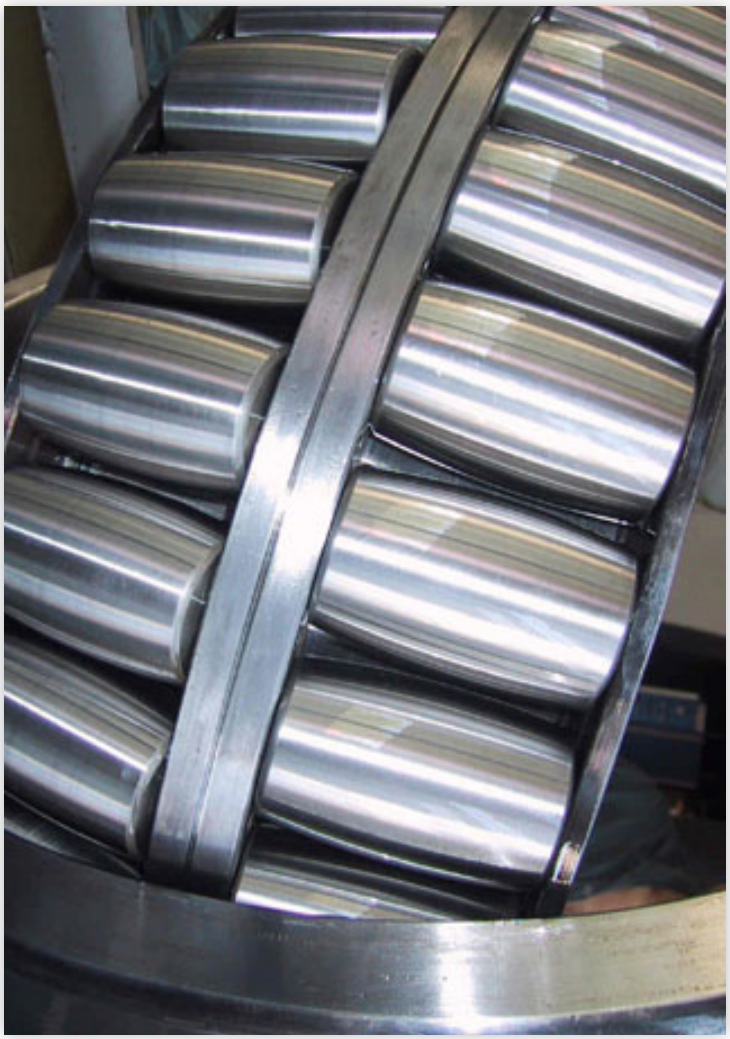
Urządzenia do obsługi prewencyjnej wymagają dużych nakładów inwestycyjnych, ale jest to dobra inwestycja, ponieważ każda interwencja z ich udziałem pozwala uniknąć nieplanowanych przestojów i awarii.

4. Przestrzeganie właściwych zaleceń smarowania

Nieprawidłowe smarowanie to jeden z najczęstszych powodów, dla których wiele łożysk przemysłowych nie osiąga zakładanego okresu trwałości. Gdy obraca się prawidłowo nasmarowane łożysko, powierzchnie styku jego elementów wytwarzają warstwę filmu smarnego, która oddziela elementy i zapobiega kontaktowi metal-metal. W niektórych przypadkach środek smarny może także pomagać w usuwaniu zanieczyszczeń z powierzchni styku elementów łożyska.

Dobór prawidłowego środka smarnego dla danego zastosowania zależy od konstrukcji łożyska i warunków jego pracy. Środkami smarnymi wykorzystywanymi do smarowania łożysk są olej lub smar. Oba rodzaje środków zapewniają określone korzyści, jak pokazano w tabeli u góry strony.

Łożysko baryłkowe przed regeneracją



Łożysko baryłkowe po regeneracji

5. Regeneracja łożysk w celu wydłużenia ich trwałości

Łożyska, które uległy uszkodzeniu lub nie spełniają wymogów, można nadal przywrócić do eksploatacji po przeprowadzeniu ich regeneracji. Niektóre łożyska da się zregenerować więcej niż jeden raz.

„Jeśli dojdzie do przedwczesnego zużycia lub uszkodzenia łożyska, nie należy go utylizować", zaleca Mariusz Karcz. „Analiza uszkodzeń może dostarczyć cennych informacji o potencjalnych przyczynach i rozwiązaniach, które zapewnią dłuższą trwałość nowego łożyska pracującego w danym zastosowaniu. Niewielkie uszkodzenia mogą zostać naprawione przez personel użytkownika. W przypadku poważniejszych uszkodzeń, może być potrzebne wykonanie całościowej usługi regeneracji.

Jak zauważa Mariusz Karcz, usługi regeneracji pozwalają zaoszczędzić od 20 do 80 procent kosztów zakupu nowego łożyska. To również prostsze i bardziej ekologiczne rozwiązanie niż zamówienie nowego produktu.

„Tam, gdzie czas dostawy nowego łożyska wynosi od kilku miesięcy do nawet kilku lat, regeneracja może skrócić czas dostawy do zaledwie kilku tygodni", wyjaśnia Mariusz Karcz. „Często jest tak, że możemy przywrócić łożysko do oryginalnej specyfikacji w około jedną trzecią czasu, jaki jest potrzebny do uzyskania nowego produktu. Proces regeneracji pozwala przywrócić łożysku trwałość na poziomie trwałości obliczeniowej L10, co oznacza, że zapewni ono wiele godzin pracy".

Wszystkie objaśnienia: Timken Company

Jak unikać przewymiarowania elementów konstrukcyjnych, oszczędzać czas i redukować koszty dzięki zastosowaniu lekkich pierścieni

Lekkie pierścienie przeznaczone do pracy z mniejszymi obciążeniami mogą być ekonomicznym rozwiązaniem alternatywnym dla pierścieni osadczych.

Jeśli przy projektowaniu złożeń mieli Państwo do czynienia z potrzebą utrzymania w miejscu przylegających do siebie komponentów, prawdopodobnie mieli Państwo okazję rozważać zastosowanie pierścieni ustalających. Dzięki swoim kompaktowym rozmiarom i nieskomplikowanemu procesowi produkcji (w porównaniu do innych mocowań) są one popularnymi elementami mocującymi.

Dobór właściwego pierścienia do Państwa zastosowań jest bardzo istotny – pozwala Państwu osiągnąć redukcję rozmiarów złożenia, czasu montażu i kosztów. W niniejszym artykule przyjrzymy się zjawisku przewymiarowanych elementów konstrukcyjnych i podzielimy się z Państwem wskazówkami w zakresie optymalizacji konstrukcji w celu oszczędności czasu i wydatków.

NOŚNOŚĆ PIERŚCIENIA I JEJ ZNACZENIE

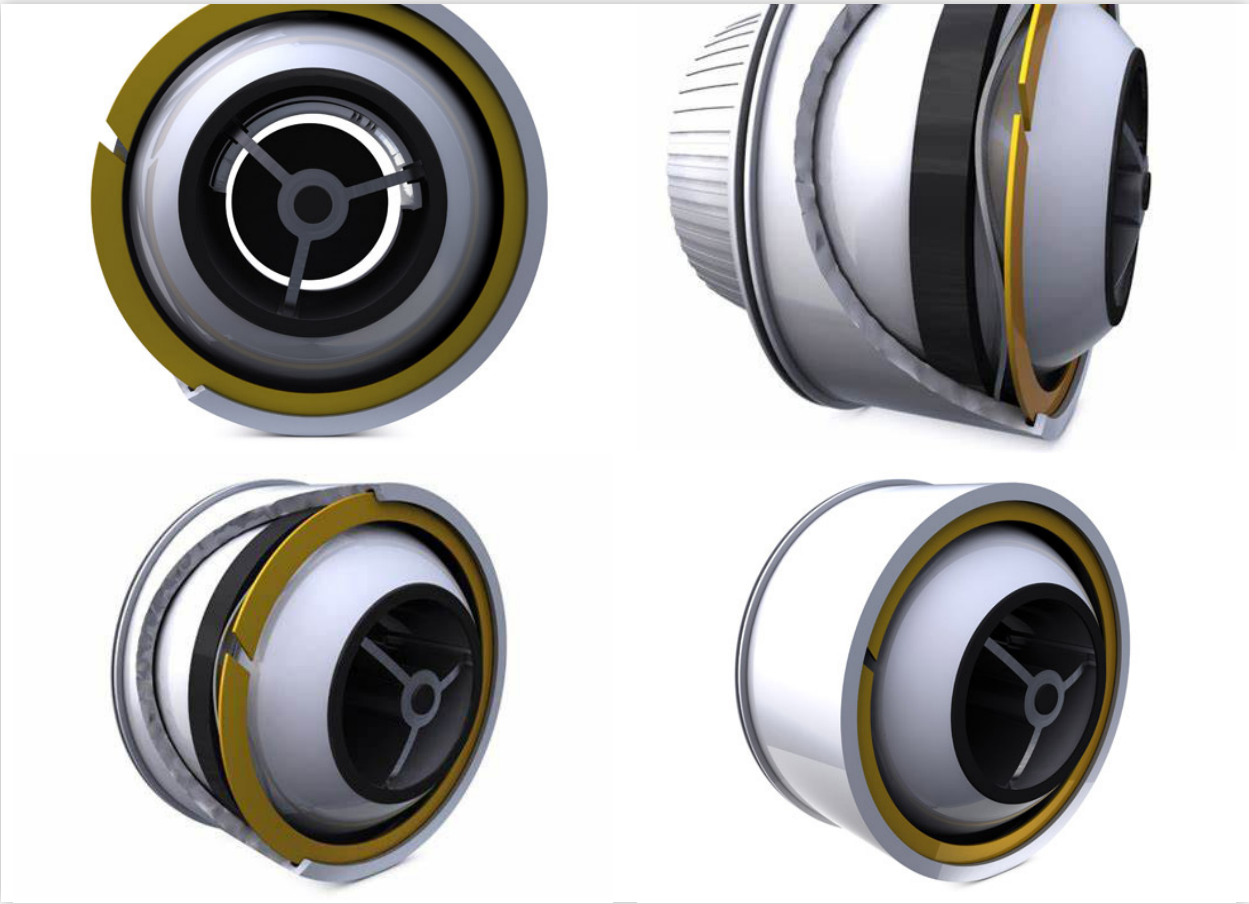
Zacznijmy od definicji nośności, czyli możliwości wytrzymania napierającej siły. Jest to maksymalna wartość siły, której może być poddany pierścień w sposób bezpieczny, bez uszkodzenia. Znajomość nośności stosowanych pierścieni jest istotna, a w pewnych przypadkach ma znaczenie krytyczne, gdyż wpływa na funkcjonowanie całego wyrobu, jego niezawodność i bezpieczeństwo. Jeśli Państwa zastosowanie wymaga elementów o dużej nośności, a użyty zostanie słabszy pierścień, może on wypaść z rowka. Należy także pamiętać, że w przypadku kiedy Państwa zastosowanie nie wymaga elementów o szczególnie dużej nośności, przy próbie użycia pierścienia o dużej nośności może okazać się on zbyt duży i nie zmieścić się w złożeniu. Taki przewymiarowany pierścień będzie także trudniejszy w aplikacji i, co najbardziej prawdopodobne, będzie kosztował więcej niż potrzeba w takiej sytuacji.

ZASTOSOWANIE DETERMINUJE NOŚNOŚĆ

W zależności od zastosowania nośność pierścieni będzie się różnić. Jeśli planują Państwo wykorzystać pierścienie ustalające w konstrukcji skrzyni biegów samochodu ciężarowego czy maszyny wiertniczej, wymagana nośność będzie znacznie większa, niż w przypadku mniejszych i lżejszych wyrobów, takich jak dysze nawiewne czy mierniki ciśnienia.

Lekki pierścień jednozwojowy to ekonomiczne rozwiązanie w konstrukcji dyszy nawiewnej stosowanej w kabinach samolotów. Taki komponent nie wymaga dużej nośności. Lekki pierścień dokładnie zaciska się w rowku biegnącym wokół obudowy dyszy, wykonanej z tworzywa sztucznego. Końcówki pierścienia zaprojektowane są tak, by ściśle przylegać do siebie, zapewniając niemal pełny obwód 360 stopni.

Lekki pierścień jednozwojowy zainstalowany w płytkim rowku zapewnia lekką siłę docisku np. w przypadku szklanej szybki w mierniku ciśnienia. To ekonomiczne rozwiązanie zapewnia optymalny docisk w każdym punkcie obwodu bez ryzyka pęknięcia szkła.



Lekki pierścień jednozwojowy to ekonomiczne rozwiązanie w konstrukcji dyszy nawiewnej stosowanej w kabinach samolotów. Taki komponent nie wymaga dużej nośności. Lekki pierścień dokładnie zaciska się w rowku biegnącym wokół obudowy dyszy, wykonanej z tworzywa sztucznego. Końcówki pierścienia zaprojektowane są tak, by ściśle przylegać do siebie, zapewniając niemal pełny obwód 360 stopni

CZY WIĘKSZY PIERŚCIEŃ ZAWSZE JEST LEPSZY?

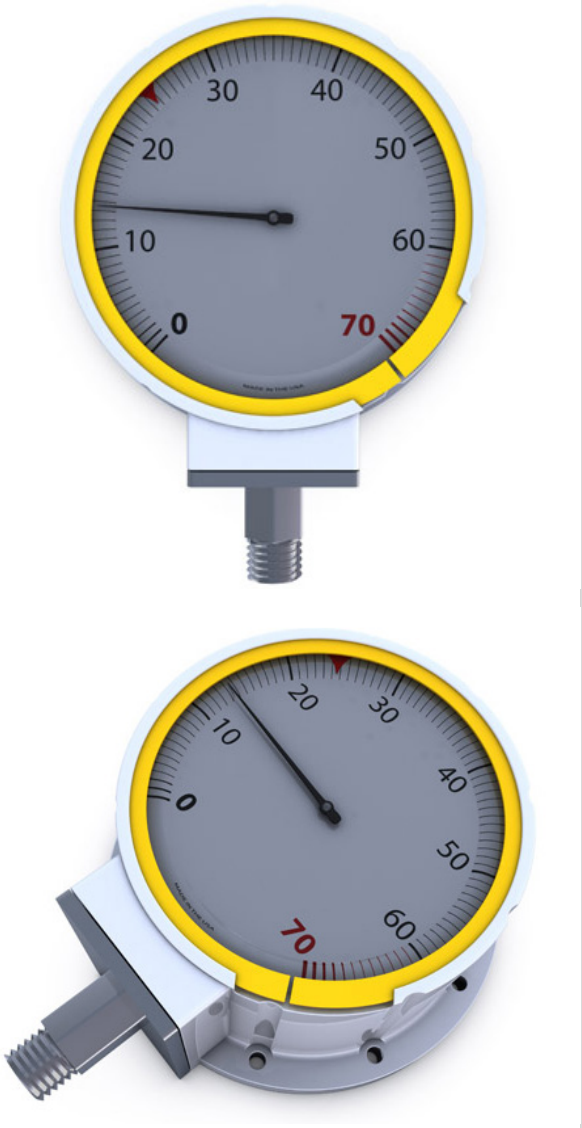
Mówi się, że im więcej tym lepiej, ale czy to sprawdza się w przypadku pierścieni? Zasadniczo im większy jest przekrój pierścienia i jego masa, tym większa będzie jego nośność. To dlatego czasami zdarza się, że nasi klienci przewymiarują swoje konstrukcje poprzez wybór pierścienia o nośności znacznie wykraczającej poza wymagania techniczne danego wyrobu.

JAKIE SĄ NEGATYWNE ASPEKTY STOSOWANIA PRZEWYMIAROWANYCH PIERŚCIENI?

Jeśli w Państwa zastosowaniu nie występują duże obciążenia lub siły naporu, masywne pierścienie nie są potrzebne i okazują się droższe, trudniejsze w instalacji i demontażu, powodując straty pieniędzy i czasu. Czemu przepłacać za dużą nośność masywnego pierścienia, skoro nie jest to konieczne, a projektowany wyrób będzie funkcjonował w warunkach lekkiego obciążenia?

JAKICH PIERŚCIENI UŻYWAĆ DO LEKKICH ZASTOSOWAŃ?

W firmie Smalley opracowaliśmy dwie serie lekkich pierścieni ustalających wg klasyfikacji wymiarowej w jednostkach imperialnych (VH i VS), jak też metrycznych (VHM oraz VSM), zaprojektowanych z myślą o zastosowaniach niewymagających dużej nośności. W takich przypadkach to raczej właściwe dopasowanie elementów, ich orientacja i przyleganie do siebie mają zasadnicze znaczenie, a nie nośność.



Lekki pierścień jednozwojowy zainstalowany w płytkim rowku zapewnia lekką siłę docisku szklanej szybki w tym mierniku ciśnienia. To ekonomiczne rozwiązanie zapewnia optymalny docisk w każdym punkcie obwodu bez ryzyka pęknięcia szkła

Lekkie pierścienie ustalające są:

- idealne w przypadku lekkich obciążeń i małych luzów
- ekonomiczne – nawet dwukrotnie tańsze od pierścieni osadczych
- łatwe w montażu – w porównaniu z masywnymi pierścieniami osadczymi
- łatwe w dopasowaniu parametrów – mogą Państwo zaprojektować dla siebie i zamówić dedykowane pierścienie bez naliczania kosztów narzędziowych

Oferujemy dostępne od ręki pierścienie w wymiarach standardowych od 6 do 300 mm, wykonane ze stali węglowej i nierdzewnej.

PODSUMOWANIE

Znajomość nośności pierścieni i wymagań konstrukcyjnych danego zastosowania pomoże Państwu dobrać właściwy pierścień.

W zastosowaniu, które nie jest narażone na duże obciążenia lub siły naporu, masywne pierścienie okazują się droższe, trudniejsze w instalacji i demontażu, powodując straty pieniędzy i czasu.

Serie lekkich pierścieni ustalających Smalley VH-VS (wg klasyfikacji wymiarowej w jednostkach imperialnych) i VHM-VSM (wg klasyfikacji wymiarowej w jednostkach metrycznych) to idealne rozwiązanie do lekkich zastosowań – ekonomiczne, lekkie, łatwe w dostosowaniu do potrzeb i w montażu.

Jeśli rozpatrują Państwo wybór pierścieni do lekkich zastosowań, mogą Państwo zamówić **darmowe próbki pierścieni Smalley**.

Jeśli nie są Państwo pewni odnośnie wyboru właściwego pierścienia, **zapraszamy do konsultacji z inżynierem firmy Smalley**.

INŻYNIERIA ODWROTNA (*Reverse Engineering*) w CATIA 3DEXPERIENCE cz. 1

Inżynieria odwrotna (*Reverse Engineering*) to dzisiaj coraz bardziej popularny proces rekonstrukcji modeli przestrzennych, zwłaszcza w połączeniu z możliwością szybkiego wykonania komponentu za pomocą technologii przyrostowych. Niestety zazwyczaj jest to żmudny proces definiowania kolejnych powierzchni, które definiują kształt rekonstruowanej części. Ale czy zawsze tak musi być? Lub inaczej – czy taki proces może być zautomatyzowany i czy rekonstruowane powierzchnie mogą być parametryczne?

Andrzej Wełyczko

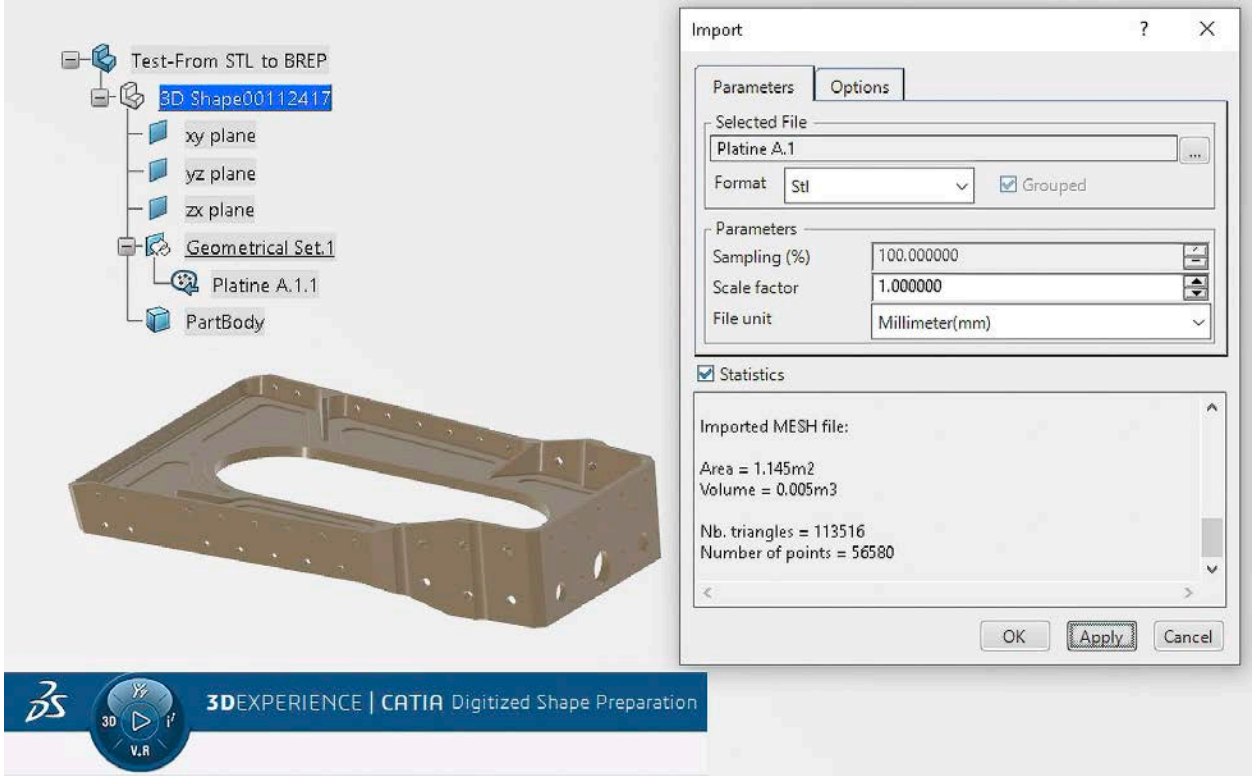
Automatyczna rekonstrukcja modelu przestrzennego to niewątpliwie marzenie każdego konstruktora. Nie można jednak oczekiwać, że konstruktor dostanie narzędzie/polecenie/magiczny klawisz, którego zastosowanie zrealizuje kompletny proces rekonstrukcji, bo ten zależy od odpowiedzi na wiele pytań. Na przykład:

- Co jest podstawą rekonstrukcji: rezultat skanowania rzeczywistego obiektu (chmura punktów) czy plik w formacie STL (siatka) wyeksportowany z systemu CAD?
- Czy kształt rekonstruowanego obiektu jest zdefiniowany za pomocą powierzchni swobodnych (*FreeStyle*) czy kanonicznych (powierzchnia płaska, cylindryczna, stożkowa, ...)?
- Jaka jest dokładność skanowania lub generowania siatki STL i wymagana dokładność rekonstrukcji?
- Czy zrekonstruowany model przestrzenny ma być parametryczny?

PRZYKŁAD 1

Szczególnym przypadkiem rekonstrukcji jest odtworzenie modelu przestrzennego na podstawie pliku w formacie STL, który jest rezultatem eksportu geometrii z dowolnego systemu CAD. W takim przypadku dokładność rekonstrukcji w systemie CATIA może być na poziomie 0,001 mm, ale to oczywiście zależy od tego jak precyzyjnie zdefiniowano siatkę STL.

Rozważmy przykład pliku *Platine.STL* (Rys. 1), który jest importowany do systemu CATIA (tu: na platformie 3DEXPERIENCE) za pomocą polecenia *Import* aplikacji *Digitized Shape Preparation*. Wizualizacja siatki STL pozwala stwierdzić, że elementy geometryczne definiujące kształt tego komponentu są kanoniczne (głównie powierzchnie płaskie i cylindryczne, ale być może także sferyczne, stożkowe lub toroidalne). Taki komponent może być wykonany na frezarce 3-osiowej, ale zanim to będzie możliwe potrzebny jest jego model przestrzenny.

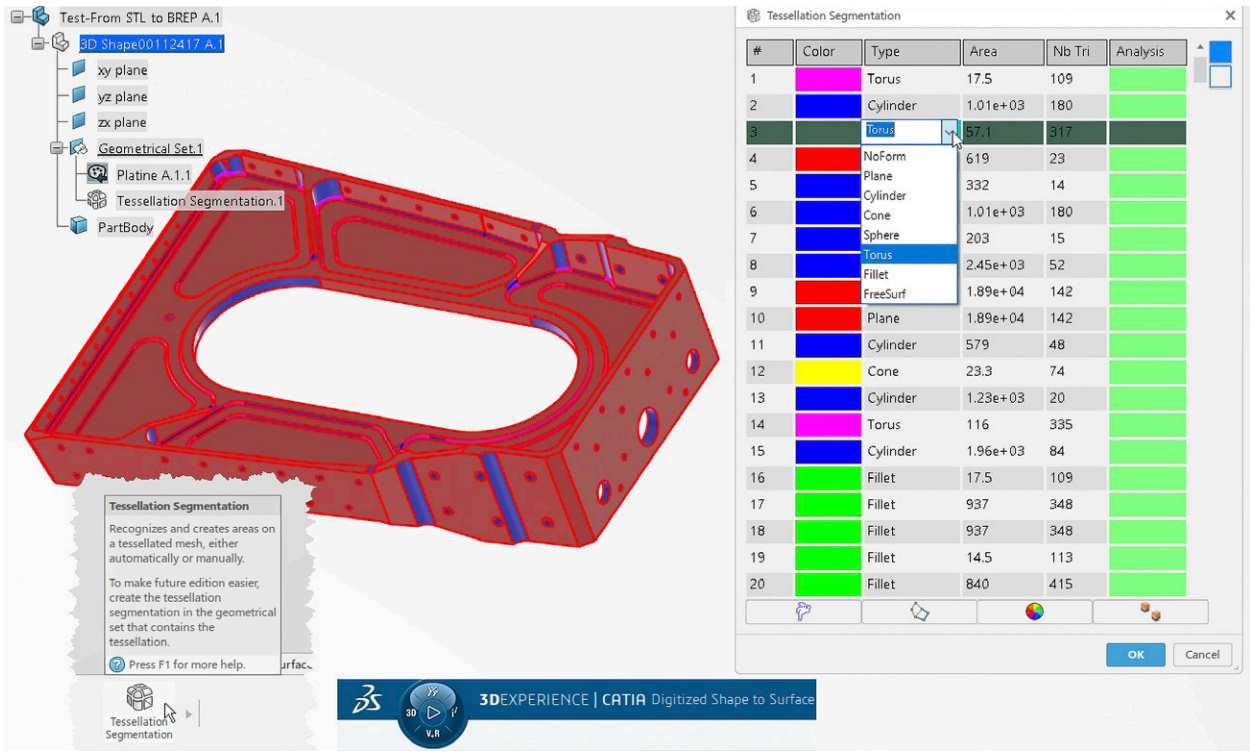


Rys. 1

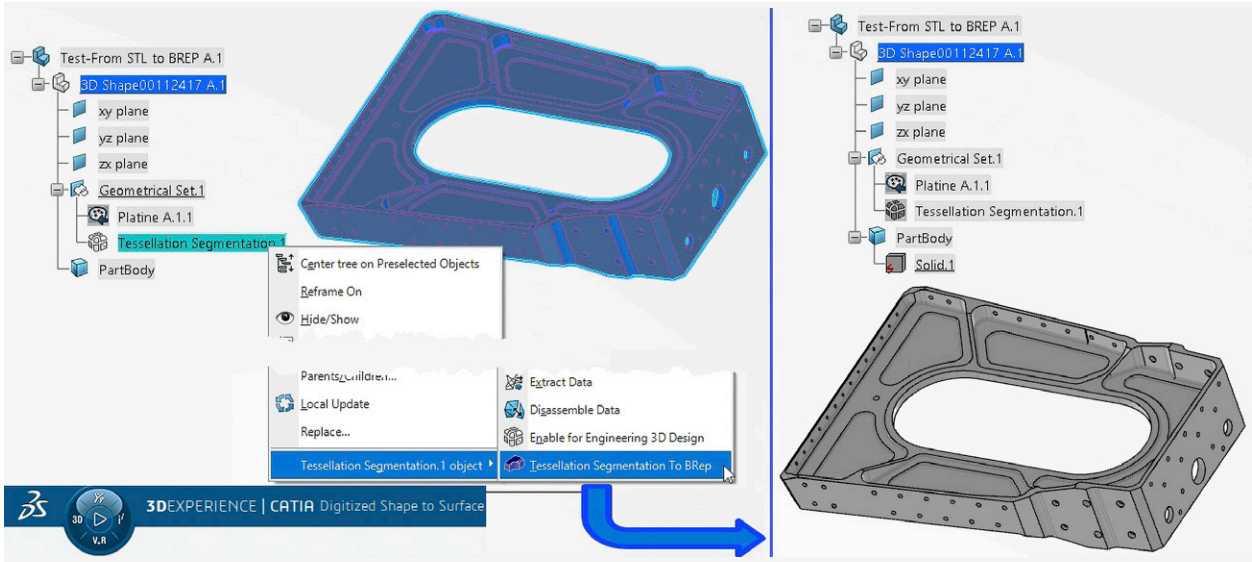
Rekonstrukcja takiego modelu nie jest w pełni automatyczna, ale składa się tylko z trzech kroków:

1. Automatyczne rozpoznanie kanonicznych obiektów geometrycznych, które dokładnie reprezentują różne fragmenty siatki STL

W tym celu zastosowano polecenie *Tessellation Segmentation*, dostępne w aplikacji *Digitized Shape to Surface* (Rys. 2), które generuje listę rozpoznanych obiektów – patrz: kolumna *Type* w oknie *Tessellation Segmentation*. Modyfikacja tej listy nie jest konieczna, bo w tym przypadku automatyczne rozpoznanie zwykle jest poprawne (bazujemy przecież na pliku STL, który został wygenerowany systemie CAD, a nie na rezultacie skanowania



Rys. 2



Rys. 3

rzeczywistego komponentu). Jeśli kształt komponentu jest złożony, czyli określony za pomocą powierzchni swobodnych, a nie tylko kanonicznych (*Plane, Cylinder, Cone, Sphere, Torus, Fillet*), to system rozpoznaje te obszary jako typ *FreeSurf*. Pomimo zastosowania trybu automatycznego, możliwa jest modyfikacja rezultatów rozpoznawania, czyli edycja obszarów rozpoznawania (wskazanie obszarów siatki, które powinny być rozpoznane jako wybrany typ geometrii) oraz, jeśli to możliwe, zmiana typu rozpoznanego fragmentu siatki.

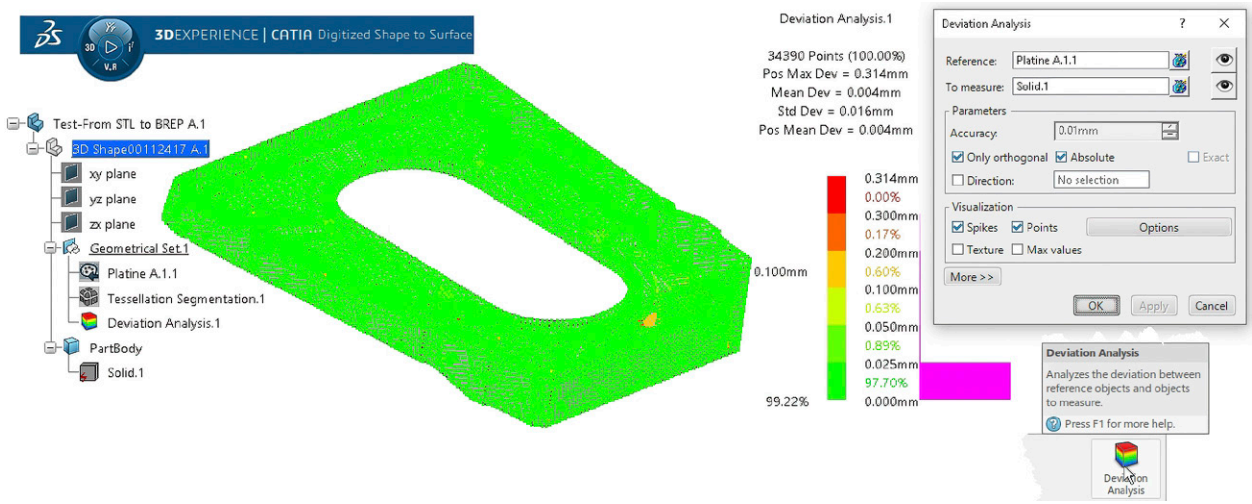
2. Konwersja rozpoznanych obiektów na model bryłowy

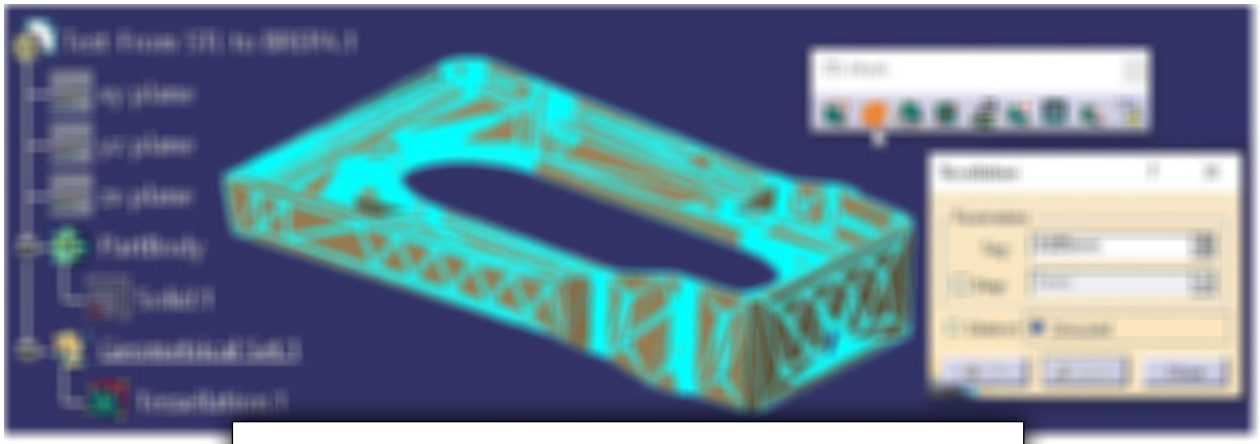
W tym celu zastosowano polecenie *Tessellation Segmentation to BRep* (Rys. 3), którego rezultatem jest wygenerowany w pełni automatycznie model bryłowy (tu: bryła *Solid.1*). Definicja tej bryły nie jest parametryczna, ale jeśli ostatecznym celem rekonstrukcji jest produkcja tego komponentu, to brak parametrów nie ogranicza w żaden sposób możliwości zastosowania technologii ubytkowych lub przyrostowych w procesie wytwarzania zrekonstruowanej części.

3. Analiza dokładności rekonstrukcji

Ten krok nie jest konieczny, ale przecież warto porównać pierwotną siatkę STL (tu: *Platine A.1.1*) z rezultatem rekonstrukcji, czyli bryłą *Solid.1*. W tym celu zastosowano polecenie *Deviation Analysis* (Rys. 4), którego rezultatem jest potwierdzenie, że dla 99,22% analizowanych punktów dokładność rekonstrukcji jest mniejsza od 0,1 mm, a maksymalna odchyłka (*Pos Max Dev*) to 0,314 mm. Dlaczego nie 100% i dlaczego pojawiają się odchyłki? Po pierwsze z powodu jakości siatki STL i po drugie dlatego, że automatyczna rekonstrukcja jest wykonana z globalnie zdefiniowaną dokładnością, czyli bez możliwości lokalnej modyfikacji tej dokładności w niektórych (problematycznych?) obszarach siatki

Rys. 4





Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

artykuł reklamowy

Połączenie między mechaniką a elektryką: SOLIDWORKS Electrical 2022

NOWE FUNKCJE I LEPSZA WYDAJNOŚĆ

Wyobraźmy sobie następujący scenariusz: projektant instalacji elektrycznych i projektant mechanik pracują równolegle nad projektem. Ponieważ nie koordynują swojej pracy, obaj niezależnie wprowadzają po jednym silniku elektrycznym do listy części, która jest tworzona ręcznie w programie Excel. Dopiero znacznie później, gdy komponenty są zamawiane na zewnątrz, błąd staje się oczywisty i pojawia się pytanie: który silnik jest tym właściwym?

To oczywiście fikcyjny przykład, ale w praktyce wcale niewykluczony. Takie nieporozumienie może mieć szczególnie fatalne skutki w przypadku mających miejsce obecnie trudności w zaopatrzeniu. Nikt nie może sobie pozwolić na złożenie niewłaściwego zamówienia, dlatego tym ważniejsze jest, aby listy części były sporządzane w sposób czytelny i prawidłowy.

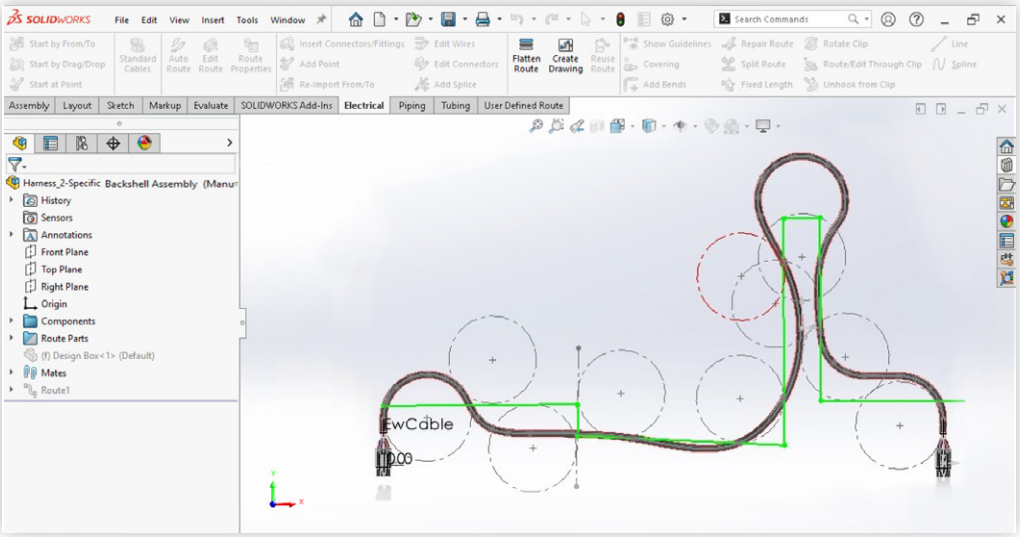
UPROSZCZONE PROCESY ZWIĘKSZAJĄ PRODUKTYWNOŚĆ

Narzędzia takie jak SOLIDWORKS Electrical pozwalają uniknąć podobnych błędów. Rozwiązania dostępne w aktualnej wersji SOLIDWORKS Electrical 2022 są dostosowane do potrzeb interdyscyplinarnych zespołów projektowych pracujących razem. Dzięki nim nad projektem elektrycznym może wygodnie pracować wielu użytkowników, dodatkowo ze znacznie większą wydajnością, dzięki szybszym przepływom pracy i uproszczonemu dostępowi do danych.

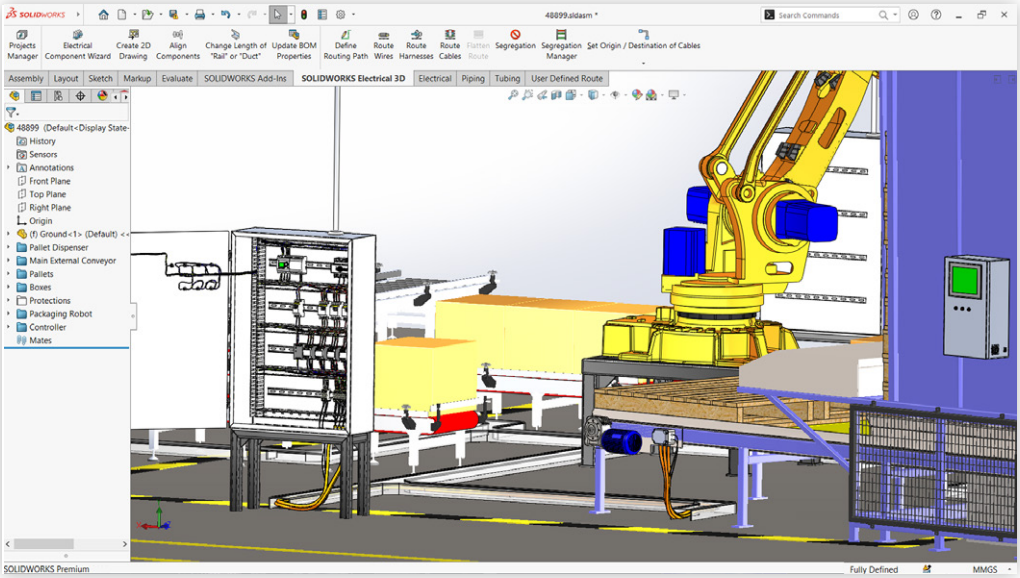
SOLIDWORKS Electrical – rozszerzenie dostępne od 2012 roku – to zintegrowane narzędzie do opracowywania i modelowania systemów elektrycznych, obejmujące całościowy model danych produktu mechatronicznego. W tym procesie wszystkie funkcje przedstawione na schematach obwodów wraz z odpowiednimi danymi 3D są dosłownie przenoszone do „prawdziwego" trójwymiarowego świata poprzez zintegrowanie modeli 3D komponentu elektrycznego z projektem mechanicznym.

System składa się z dwóch modułów: SOLIDWORKS Electrical Schematic, służącego do tworzenia dokumentacji elektrotechnicznej, począwszy od strony tytułowej, przez schematy połączeń, po dokumentację produkcyjną; oraz SOLIDWORKS Electrical 3D, dodatku do SOLIDWORKS CAD umożliwiającego realizację scenariusza wymiany danych 3D między projektem elektrycznym, a mechanicznym bez przerywania ciągłości procesu projektowego.

W wersji Standard SOLIDWORKS Electrical Schematic jest oferowany użytkownikom indywidualnym, a w wersji Professional zespołom projektanów. SOLIDWORKS Electrical Schematic Professional wraz z SOLIDWORKS Electrical 3D tworzą licencję SOLIDWORKS Electrical Professional.



Wyznaczanie promienia gięcia



WYKORZYSTANIE MOŻLIWOŚCI ROZWIĄZAŃ CHMUROWYCH

Dzięki narzędziom takim jak SOLIDWORKS Electrical współpraca w ramach zespołu projektowego w jednej lub wielu lokalizacjach ulega znacznemu uproszczeniu. Czasami jednak nawet to okazuje się niewystarczające. Szczególnie w przypadku zespołów działających globalnie poszukiwane są inne funkcje i bardziej wydajne możliwości współpracy. W inżynierii przyszłość stanowi chmura.

Dlatego też SOLIDWORKS Electrical istnieje teraz również jako niezależna aplikacja dostępna na platformie 3DEXPERIENCE firmy Dassault Systèmes, z pełną kompatybilnością danych ze znaną wersją desktopową. Platforma jest środowiskiem współpracy, które umożliwia firmom wprowadzanie innowacji w zupełnie nowy sposób. Dzięki połączeniu ze wspomnianą platformą SOLIDWORKS Electrical jeszcze bardziej usprawnia współpracę w zakresie tworzenia projektów elektrycznych, zwłaszcza w przypadku, gdy zespoły użytkowników są rozproszone po całym świecie.

NOWOŚCI

W nowej wersji, wprowadzonej w październiku 2021 roku, SOLIDWORKS udowadnia, że dalszy rozwój systemu jest ciągły i niezmiennie wynika z analizy potrzeb klientów. Praktyczną pracę ułatwiają użytkownikom liczne zmiany. Wśród ulepszeń wprowadzonych w SOLIDWORKS Electrical 2022 znajduje się panel Electrical Content Portal (ECP), który zapewnia szybszy dostęp do danych katalogowych komponentów elektrycznych bezpośrednio z poziomu aplikacji. Do tej pory portal ECP był dostępny jako strona internetowa, teraz został zintegrowany z oprogramowaniem. Dane dotyczące części można teraz pobierać bezpośrednio z tego panelu. Do pobrania są dostępne części pochodzące od różnych producentów, a także kable i widoki 2D aparatów. Pozwala to znacznie przyspieszyć tworzenie projektów elektrycznych dzięki optymalizacji zakupów elementów elektrycznych.

Kolejne usprawnienie dotyczy poruszania się po dokumentacji projektowej, często składającej się z tysięcy stron. Aby nie trzeba było przeglądać całości dokumentacji projektowej można ją połączyć z kartami katalogowymi komponentów za pomocą hiperłączy, dzięki czemu daje się szybko odnaleźć poszczególne elementy. SOLIDWORKS Electrical 2022 ma również ulepszone generowanie plików PDF. Trafiają do nich arkusze danych, takie jak instrukcje serwisowania, montażu, programowania czy obsługi, które można udostępniać klientom.

Ponadto w wersji 2022 oprogramowanie zostało jeszcze bardziej udoskonalone w zakresie wydajności. Widać to wyraźnie po szybszym wyznaczaniu tras 3D, czyli wirtualnym prowadzeniu przewodów, kabli i wiązek elektrycznych w maszynie lub produkcie. Dzięki zoptymalizowanemu, a tym samym szybszemu algorytmowi trasowania, użytkownicy mogą wypróbować więcej swoich pomysłów, co z kolei prowadzi do zredukowania liczby cykli rozwojowych produktu. Zwiększono także wydajność pracy z dużymi projektami elektrycznymi, które można szybciej przenosić z 2D do przestrzeni 3D.

Ponadto w niektórych obszarach ulepszony został proces tworzenia dokumentacji. Jednym z przykładów jest możliwość uwzględniania osłon złączek przy projektowaniu wiązek elektrycznych. □

INŻYNIER – *profesja dla odważnych*

Powiedzieć o zawodzie inżyniera, że wymaga dyscypliny, skupienia, umiejętności analitycznych i ponadprzeciętnej znajomości nauk ścisłych, to powiedzieć niewiele. Jest to zawód wymagający również wyobraźni i umiejętności podejmowania odważnych decyzji przy wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań w przemyśle. Spectrum zagadnień jakie obejmuje jest bardzo szerokie, wybór specjalizacji oraz charakteru przyszłej pracy bywa tu więc trudny. Na szczęście pole do działania oraz szanse na wprowadzanie korzystnych zmian w karierze tej grupy zawodowej są szczególnie duże.

Wojciech Podgórski

W niniejszym artykule opisałem wybrane zdarzenia z mojego życia zawodowego, które pokazują, że wybór określonego kierunku studiów inżynierskich nie musi raz na zawsze określać ścieżki kariery zawodowej. Kwalifikacje inżynierskie zdobyte w różnych miejscach i na różnych stanowiskach mogą być gdzie indziej równie skutecznie wykorzystywane. Motywacje do zmian w życiu zawodowym zawsze były i są różne. W moim przypadku, w okresie burzliwych zmian społeczno-gospodarczych w Polsce, wybór pracy, który pozwalał na zapewnienie rodzinie odpowiednich warunków bytowych, a jednocześnie wykonywanie satysfakcjonującej pracy stanowił duże wyzwanie.

Ukończyłem studia w Akademii Górniczo–Hutniczej w Krakowie, na wydziale o profilu mechanicznym, obejmującym również automatykę przemysłową (obecnie Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki). Doświadczenie w zawodzie inżyniera zdobywałem w wielu firmach – polskich i tych będących własnością dużych korporacji zagranicznych, zaczynając od pracy w dziale konstrukcyjnym jednostki badawczo-rozwojowej maszyn górniczych (liczne innowacyjne rozwiązania techniczne, patenty), a na kierowaniu projektami infrastrukturalnymi, w dużej korporacji międzynarodowej kończąc.

Proces projektowania i konstruowania urządzeń mechanicznych, projektowanie instalacji przemysłowych oraz kierowanie projektami infrastrukturalnymi mają wiele cech wspólnych. Dla poprawy przejrzystości artykułu starałem się pogrupować rodzaje wykonywanych prac, które wykonywałem lub którymi kierowałem. Moją intencją było pokazanie spektrum możliwości jakie daje wykonywanie zawodu inżyniera.

PROJEKTOWANIE I KONSTRUOWANIE URZĄDZEŃ

Praca w przemyśle budowy maszyn jest zawsze dobrym wyborem dla inżyniera z branży mechanicznej. Być zatrudnionym w dużym kombinacie, gdzie odbywa się produkcja urządzeń specjalnego przeznaczenia, o najwyższym stopniu skomplikowania, gdzie kadrę techniczną tworzą najwyższej klasy konstruktorzy i technolodzy produkcji, z ogromnym,

wieloletnim doświadczeniem (bywa, że o twardych charakterach), to niepowtarzalna szansa dla każdego, zwłaszcza młodego inżyniera. To okazja na skorzystanie z cennych rad fachowców projektujących i konstruujących często jedyne w swoim rodzaju, skomplikowane urządzenia do obsługi produkcji, wszelkiego rodzaju narzędzia, przyrządy i uchwyty obróbcze. Okazja również do tego, szczególnie w przypadku gdy produkcja urządzeń odbywa się również na podstawie licencji, żeby przekonać się o światowej klasie polskich inżynierów. Zwłaszcza jeśli istnieje możliwość bezpośredniego porównania własnych, często lepszych rozwiązań technicznych, z rozwiązaniami dostawcy licencji. Problemy techniczne związane z produkcją urządzeń licencyjnych, w której uruchomieniu uczestniczyłem, związane były zarówno z samą ich konstrukcją, jak i z zastosowanymi technologiami, w tym technologiami montażu. Należały do nich między innymi:

- konieczność zaprojektowania większości oprzyrządowania technologicznego,
- dobór dostępnych zamienników krajowych dla elementów i całych podzespołów,
- wprowadzenie zmian korygujących ewidentne błędy wynikające z nieprzestrzeganie zasad sztuki i z wiedzą inżynierską,
- odtworzenie brakującej dokumentacji wykonawczej elementów,
- zmiany konstrukcyjne zapobiegające konieczności demontażu nadmiernej ilości elementów, czyli zadaniu trudnemu do zrealizowania w warunkach... polowych.

To było jedno z najważniejszych doświadczeń w moim życiu zawodowym.

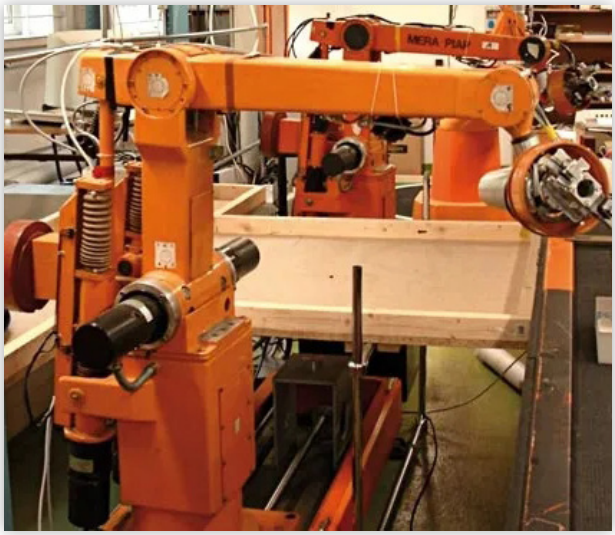
W innym czasie ciekawym doświadczeniem okazała się praca w fabryce produkującej maszyny przepływowe i urządzenia dla ochrony środowiska. Zmniejszenie kosztów produkcji, szczególnie seryjnej, jeden z głównych celów wszystkich firm na świecie, można było próbować osiągnąć poprzez zastosowanie zunifikowanych części i podzespołów. Nie zawsze się to udaje w równym stopniu. Co jest dobre i wygodne dla producenta, nie zawsze spotyka się z aprobatą klientów. Przy projektowaniu i konstruowaniu urządzeń prototypowych duże znaczenie miało zawsze doświadczenie technologiczne konstruktora, ułatwiające skonstruowanie oprzyrządowania technologicznego dla potrzeb produkcji i ewentualnych napraw serwisowych. W przypadku prototypów często zadaniem konstruktora jest znalezienie na rynku producenta odpowiednich części do konstruowanego urządzenia, bywa, że w całkiem innej branży (w moim przypadku była to branża lotnicza).

W tym okresie ustanowiony został przez firmę IBM standard PC, a firma Autodesk zademonstrowała pierwszy system CAD dedykowany dla komputerów klasy PC. Zainicjowanie stosowania w fabryce techniki CAD do projektowanie prototypów zachęciło kierownictwo firmy do wprowadzenia jej na coraz większą skalę i późniejsze efektywne wykorzystanie zaawansowanych systemów CAD/CAM.

Ciekawe okazje w życiu pojawiają na chwilę i trzeba umieć szybko z nich skorzystać. Taką okazją dla mnie była praca na kontrakcie w Niemczech, na terenie dawnej Niemieckiej Republiki Demokratycznej; w firmie znanej na świecie z produkcji urządzeń dla zakładów przeróbczych przemysłu wydobywczego oraz urządzeń dźwigowych. Znalazłem się tam wraz z zespołem polskich inżynierów i młodych naukowców. To szczególnie oni, naukowcy z Politechniki Śląskiej, pomogli firmie rozwiązać wiele skomplikowanych problemów obliczeniowych. Problemów, które pozostawały nierozwiązane pomimo zatrudnienia poprzednio zespołów z innych krajów. Potwierdzili kolejny raz wysoką jakość polskiej myśli technicznej. Firma miała już wtedy nowoczesne stacje robocze CAD, których nie wykorzystywała w pełnej skali. Chęć kontynuowania kariery zawodowej w Polsce sprawiła, że nie skorzystałem z oferty stałego zatrudnienie w tamtej firmie po wygaśnięciu kontraktu.

Ciekawym, wymagającym pomysłowości i inwencji obszarem, wpływającym na postęp techniczny w Polsce było zastosowanie robotów przemysłowych. Aplikacją robotów przemysłowych zająłem

się w firmie z przemysłu obrabiarek i narzędzi, która postanowiła uruchomić nowy dział zajmujący się robotyzacją i automatyzacją produkcji. Robot IRp 6, produkowany w Polsce na licencji od firmy ASEA, był pierwszym na świecie, w którym zastosowano zasilanie elektronicznie i sterowanie mikroprocesorowe. Niestety wysoki koszt robotów w porównaniu z kosztami pracy ludzkiej w tamtym czasie bardzo ograniczał wdrażanie stanowisk zrobotyzowanych w Polsce. Zakładom produkcyjnym zwyczajnie nie opłacało się ich instalować. Jedyną szansą na posiadanie przez firmę stanowiska zrobotyzowanego było pozyskanie dofinansowania z krajowych funduszy centralnych. Przy staraniach o te fundusze najistotniejsze były argumenty dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Zaprojektowane przeze mnie stanowisko do napawania regeneracyjnego dużych elementów maszyn górniczych, gdzie proces w dotychczasowych warunkach trwał kilka godzin i narażał spawacza na promieniowanie jonizujące, stanowił oryginalną próbę zmierzenia się z tym niewątpliwie skomplikowanym wówczas zadaniem. Automatyzacja prac na takim stanowisku wymagała zastosowania specjalnych pozycjonerów i skonstruowania dla nich złożonych uchwytów do mocowania napawanych elementów. Dziś wiem, że gdyby istniała wówczas możliwość zastosowania robotów przemysłowych o większej liczbie stopni swobody, z możliwością ich programowania poprzez funkcje uczenia, z kamerami śledzącymi wodzenie palnika, jak to ma miejsce w obecnych czasach, zadanie to byłoby niewątpliwie dużo łatwiejsze do zrealizowania. Faktem jest, że projekt ten stał się ważnym etapem na drodze do unowocześnienia i zwiększenia bezpieczeństwa pracy w fabryce naszego klienta. Obecnie robotyzacją w Polsce zajmują się wyspecjalizowane krajowe firmy. Ich poziom i wiedza techniczna nie odbiegają od poziomu najlepszych w tej dziedzinie na świecie. Metody i sposoby jakie wykorzystują przy realizacji swoich projektów nie odbiegają znacząco od tych, stosowanych w większości projektów na świecie, nawet tych największych. Dotyczy to także projektów wewnętrznych realizowanych we własnej organizacji, w której powinien być zachowany rygor i precyzyjny podział odpowiedzialności za wykonanie zadań i gdzie powinna panować powszechna świadomość ponoszonych kosztów.



Robot IRp 6 produkowany w Polsce na licencji ASEA

PRODUKCJA W PRZEMYŚLE SAMOCHODOWYM

Kierowanie działem zapewniającym wsparcie techniczne dla procesów produkcyjnych w firmach samochodowych to był kolejny etap w moim życiu zawodowym. Bardzo istotne w takiej pracy były zawsze informacje o tym, czy proces produkcyjny przebiega w warunkach uregulowanych, czy nie. Zbieranie takich informacji oraz ich analizę umożliwiają statystyczne metody kontroli procesu. Zajmują się tym odpowiednie służby odpowiedzialne za jakość w firmach. Najbardziej pożądane warunki produkcji to takie, w których parametry produkowanych wyrobów tylko nieznacznie odbiegają od zakładanych. Niestety, jak wiadomo, rozrzut pomiędzy parametrami zakładanymi i uzyskiwanymi na poziomie zero, dla całej partii produkowanych wyrobów jest niemożliwy.

W skali makro, tam gdzie istnieje oddziaływanie wielu czynników zewnętrznych, można mówić jedynie o prawdopodobieństwie zajścia jakiegoś zdarzenia. Różne rozkłady prawdopodobieństwa, z uznanym za symbol statystyk przemysłowych – rozkładem normalnym Gaussa na czele, wykorzystywane są obecnie szeroko przy ocenie zdolności procesu, czyli stopnia spełnienia przez proces

założonych wymogów jakościowych. Zdolność procesu monitoruje się regularnie w produkcji bieżącej, jak i przy uruchamianiu nowej produkcji. Uruchamiając produkcję nowych wyrobów, gdzie proces technologiczny ulega czasem dość radykalnym zmianom, uwzględniać należy zmiany konfiguracji linii, gniazd produkcyjnych oraz rozważyć czy należy wyposażyć zakład w nowe urządzenia. Nowa produkcja to nowy projekt. W każdym przypadku w celu minimalizacji ryzyka niepowodzenia należy przeprowadzać analizę możliwych zagrożeń dla projektu. Do licznych metod analizy zagrożeń niewątpliwie należy FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) – analiza rodzajów i skutków możliwych błędów, którą zaczęto stosować w latach 60 w USA przy wyrobach dla astronautyki. W latach dziewięćdziesiątych została zaadaptowana w ramach normy ISO 9000, a w szczególności w QS-9000, przeznaczonej dla przemysłu samochodowego. Jest nią także analiza Pareto, która umożliwia określenie głównych powodów wystąpienia problemów produkcyjnych, wad produktów czy źródeł opóźnień. Ze swoją zasadą 80/20 pokazuje, że 80% skutków wynika z 20% przyczyn. Ułatwia to znakomicie projektantom ustalanie priorytetów przy rozwiązywaniu problemów. Zaadoptowanie tych metod również do dużych projektów infrastrukturalnych było tylko kwestią czasu. Wkrótce, pracując w innym charakterze – przy zarządzaniu projektami – mogłem stwierdzić, że stosowane w przemyśle samochodowym metody analizy zagrożeń oraz sposoby ustalania priorytetów dla ich rozwiązywania są również w tym obszarze bardzo przydatne. Miedzy innymi przy uzupełnianiu komputerowej bazy danych gromadzącej doświadczenia na potrzeby przyszłych projektów.

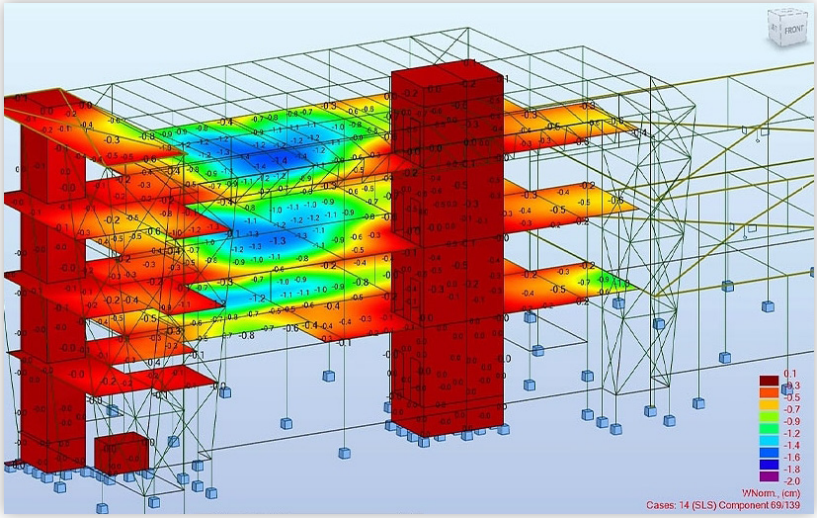
Tu dygresja: takie bazy danych powinny być tworzone w każdej firmie, by zapobiegać utracie unikalnej nieraz wiedzy, często także na skutek naturalnego procesu wymiany pokoleniowej kadr. Przypominania o tym nigdy dość.

Jeszcze raz, na pewien okres powróciłem do projektowania. Tym razem dużych instalacji infrastrukturalnych.

PROJEKTY INFRASTRUKTURALNE

Jeśli ktoś uważa, że projektowanie i konstruowanie urządzeń mechanicznych, gdzie tolerancje, pasowania, chropowatości wyrażane są w mikronach i gdzie wymaga się specjalnych materiałów oraz testów na skomplikowanych stanowiskach badawczych, stoi w hierarchii specjalności inżynierskich o klasy wyżej od projektowania instalacji infrastrukturalnych to się bardzo myli. Projekty infrastrukturalne, gdzie tolerancje wykonania podaje się w centymetrach czy nawet w metrach, wymagają od biorących w nich udział inżynierów równie ogromnej dyscypliny, skupienia i odpowiedzialności. Wielkie konstrukcje budowlane, elektrownie, fabryki, instalacje przemysłowe, z ich wpływem na środowisko, mówią same za siebie.

W pewnym okresie specyfiką rynku pracy w Polsce były firmy innowacyjne, z dynamicznym kierownictwem, mające dzięki swoim kontaktom zagranicznym dostęp do kapitału, którego wówczas u nas brakowało. Zatrudniały one najlepszych fachowców z upadających firm, którym często powierzano realizacje zadań spoza dziedzin, w których się specjalizowali, w celu minimalizacji swoich kosztów. Kolejnym zadaniem, z którym przyszło mi się zmierzyć był projekt dla przemysłu stalowniczego. Realizowany na



podstawie dość szczegółowych wytycznych, opracowanych przez jedną z największych na świecie firm z tej branży, miał umożliwić (stosunkowo niskim kosztem) stworzenie całej dokumentacji wykonawczej dla projektowanej instalacji. Tu rada szczególnie do młodych inżynierów, choć to zawód dla odważnych: uwaga na autorytety; w tym zawodzie należy być zawsze ostrożnym. Cóż to takiego dla inżyniera z branży innej niż budowlana zaprojektować konstrukcję stalową o rozmiarach kilku tysięcy metrów sześciennych? Inżynierowie zajmujący się obliczeniami wytrzymałościowymi złożonych konstrukcji (*Structural Engineers*) uśmiechnęliby się z politowaniem. Błędy jakie wtedy „udało się" popełnić zostały ostatecznie naprawione ale wymagało to dużej inwencji. Poprawność zastosowanych wzmocnień sprawdziłem przy pomocy specjalistycznego programu do obliczania konstrukcji budowlanych – opanowanie go w dostatecznym stopniu zajęło mi trochę czasu. Program, który zastosowałem został stworzony przez polskiego naukowca – Andrzeja Niżnika, założyciela firmy, której potencjał zauważył i docenił jej późniejszy partner – amerykański koncern będący liderem na rynku oprogramowania CAD, który też ostatecznie kupił ten produkt, będący standardem do dziś.

W tym okresie również zaprojektowałem zakład produkcji wyrobów odlewanych z magnezu dla firmy z Norwegii; produkcji bardzo niebezpiecznej ze względu na zagrożenie wybuchowe, jakie tworzyły drobiny magnezu w zetknięciu z wilgocią. Projekt obejmował opracowanie technologii, systemu logistycznego dla zaopatrzenia zakładu w materiały do produkcji i wysyłkę wyrobów gotowych oraz plan rozmieszczenia maszyn i urządzeń. Zawierał również wytyczne dotyczące zasad bezpieczeństwa pracy i spełnienia wymogów w zakresie ochrony środowiska. Przydała się również (jak zawsze) umiejętność konstruowania przyrządów, które po wykonaniu i zademonstrowaniu ich działania kierownictwu firmy umożliwiły akceptację projektu.

KIEROWANIE PROJEKTAMI

Przez ostatnich kilkanaście lat pracowałem w dziale kierownictwa projektów, w polskim biurze projektowym, należącym do korporacji zatrudniającej, w swoich licznych biurach rozsianych po całym świecie, ponad 70 tysięcy osób o najwyższych kwalifikacjach zawodowych, z niemal wszystkich branż i gałęzi przemysłu. Zakres jej działania obejmował realizację pełnego cyklu projektów infrastrukturalnych, począwszy od projektowania, poprzez zakupy materiałów i usług, a na budowie instalacji i zarządzaniu wszystkimi fazami projektu kończąc.

Obejmował również wszelkiego rodzaju doradztwo oraz realizację usług utrzymania ruchu w wybudowanych i uruchomionych instalacjach. Praca w takiej korporacji ma swoje zalety i wady. Pomijając aspekt finansowy i stabilność zatrudnienia, niewątpliwą zaletą był tam dostęp do ogromnej bazy wiedzy jaką zgromadziła ona w ciągu dziesiątek lat swej działalności. Do wad należało ograniczanie aktywności twórczej polskiej kadry inżynierskiej, wynikające z przestrzegania zasady by minimalizować ryzyko związane z wdrażaniem oryginalnych i prototypowych rozwiązań technicznych.

Realizacja każdego projektu infrastrukturalnego musi obejmować spełnienie minimum następujących, opisanych w dużym skrócie, czynności:

- Zawarcie kontraktu, pozwalające na przystąpienie firmy do realizacji projektu. Przygotowanie kontraktu poprzedza intensywna praca całego zespołu specjalistów pod kierunkiem kierownika oferty (*Proposal Manager*). Osoba ta może ale nie musi pełnić w przyszłości funkcję kierownika projektu (*Project Manager*). To w fazie przygotowania oferty, w serii spotkań z klientem, gromadzone są wszelkie niezbędne informacje do realizacji zadań zgodnie z założeniami.
- Sporządzenie dokładnego opisu zakresu prac do wykonania dla osiągnięcia celu projektu. Maksymalnie precyzyjne określenie wymagań i założeń projektowych, we wszystkich branżach.
- Opracowanie planu realizacji projektu. Określenie jakimi zasobami i środkami będzie on realizowany, czy tylko własnymi siłami, czy przy udziale podwykonawców.
- Przeprowadzenie oceny wszystkich kosztów wykonania projektu: kosztów prac projektowych we wszystkich branżach, kosztów urządzeń i materiałów, kosztów budowy, zarządzania i wielu innych.
- Opracowanie harmonogramu realizacji całego projektu: od ogólnego poziomu – dla kadry zarządzającej, do poziomu najbardziej szczegółowego, wykorzystując do tego celu podział zadań na mniejsze, wg różnie zdefiniowanych kryteriów (*Work Breakdown Structure*).
- Ocena ryzyka projektu, przy wykorzystaniu wielu dostępnych metod statystycznych, w tym np. wcześniej wymienionej metody FMEA, czy specjalnych programów komputerowych na niej opartych, statystycznej analizy wrażliwości, pozwalającej na określenia niezbędnych rezerw finansowych na wypadek trudnych do przewidzenia zdarzeń (*Force Majeure*).
- Określenie ceny za realizację projektu wraz z wszelkimi niezbędnymi warunkami finansowymi.

Praca w dziale kierownictwa projektów, czy to w charakterze kierownika projektu, czy kierownika działu inżynieryjnego to jedno z największych wyzwań, z jakimi przyszło mi się zmierzyć. Ale też źródło dużej satysfakcji. Cenię sobie to doświadczenie równie wysoko jak pracę przy konstruowaniu urządzeń.

Kadra kierownicza biura powierzyła mi również zadanie rozpoznania możliwości działania w nowych gałęziach przemysłu, w których biuro mogłoby wykorzystać doświadczenie całej korporacji. Wkrótce udało się zainicjować działalność biura w energetyce, wydobyciu surowców oraz biotechnologii. Część z tych działań, na skutek globalnych interesów korporacji na pewien czas została chwilowo wstrzymana, ale działalność w dziedzinie energetyki, w tym przy wdrażaniu małych reaktorów atomowych w Polsce (technologii, wbrew wyobrażeniom wielu, znanej od dawna polskim naukowcom), oraz ta, dotycząca rozwoju branży farmaceutycznej i biotechnologii w Polsce, nadal się rozwija.

Na zakończenie chciałbym wyrazić nadzieję, że opis przygody jaką zawsze było dla mnie wykonywanie mojego zawodu, pomoże uświadomić młodym ludziom wybierającym wspaniałą profesję inżyniera, że mają szczególnie wiele szans na spełnienie się w życiu zawodowym i wynikające stąd zadowolenie w życiu swoim i swoich rodzin.

Wojciech Podgórski

Aspekty i elementy HYDRAULIKI OBRABIARKOWEJ

cz. 4: Zawory, rozdzielacze, akumulatory

Zawory i rozdzielacze są tymi elementami układów hydraulicznych, które bezpośrednio tworzą automatykę hydrauliczną. Zawory są regulatorami ciśnienia, przepływu lub kierunku ruchu cieczy. Rozdzielacze natomiast, jak wynika z nazwy, rozdzielają strumień cieczy do odpowiednich miejsc, siłowników hydraulicznych, powodując zadane ruchy tłoków dla wykonania przez nie zaprogramowanej pracy. Są więc elementami sterującymi. Z kolei akumulatory hydrauliczne mają za zadanie wspomaganie układu hydraulicznego w zaprojektowanych momentach zwiększonego zapotrzebowania oleju. Szczegóły budowy i działania tej aparatury opisane są w podręcznikach dotyczących hydrauliki. W artykule podajemy niektóre aspekty praktyczne zastosowania tych elementów*.

Aleksander Łukomski

Zawory hydrauliczne to regulatory, których zadaniem jest zabezpieczenie układu hydraulicznego przed przeciążeniem lub regulacja prędkości tłoka. Zawory hydrauliczne dzielimy na ciśnieniowe oraz do nastawiania i regulacji prędkości przepływu. Występują różne rodzaje zaworów o różnej budowie i działaniu.

Zawory ciśnieniowe to zawory bezpośredniego działania. Ograniczają ciśnienie występujące w układzie, zabezpieczając podzespoły przed uszkodzeniem. Są to:

- Zawory przelewowe, które ograniczają ciśnienie przed zaworem, odprowadzając nadmiar oleju do zbiornika lub do gałęzi układu, gdzie panuje mniejsze ciśnienie. Zawory te mogą służyć także jako zawory bezpieczeństwa, gdy ich działanie jest odpowiednio szybkie. Zabezpieczają wtedy układ przed przeciążeniem.
- Zawory redukcyjne, które umożliwiają utrzymanie stałego ciśnienia za zaworem, niezależnie od zmian większego ciśnienia panującego przed tym zaworem.
- Zawory różnicowe, które reagują na różnicę ciśnień między dwiema gałęziami układu hydraulicznego, np. służą do utrzymania stałego spadku ciśnienia na dławiku.
- Zawory zwrotne, które umożliwiają przepływ cieczy w jednym kierunku. Zawory zwrotne sterowane mogą zostać otwarte ciśnieniem oleju w kanale sterującym, umożliwiając przepływ

* Obecnie wszystkie elementy układów hydraulicznych, a zwłaszcza ich przyłącza powinny być wykonywane według zaleceń CETOP (*Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques*). Jest to Europejski Komitet Energetyki Płynnej, do którego należą wszystkie znane firmy zajmujące się hydrauliką siłową w Europie. CETOP wydaje wytyczne do projektowania elementów hydrauliki i pneumatyki oraz budowy układów, unifikacji i normalizacji elementów hydrauliki, a także zajmuje się wydawaniem materiałów szkoleniowych.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Moto Major
motocykl Fiata

W najbardziej prestiżowym konkursie elegancji pojazdów mechanicznych Concorso d'Eleganza Villa d'Este w Cernobbio od kilku lat udział biorą również motocykle. Oceniana jest zarówno stylistyka, jak i rozwiązania mechaniczne. Jury stanowią doświadczeni sędziowie FIVA i publiczność zgromadzona na terenie pobliskiej Villa Erba.

Ryszard Romanowski

Jedyny prototyp Moto Major jest zachowany w stanie oryginalnym (fot. Giorgio Sarti)

W edycji 2018 bezkonkurencyjnym został prototyp z 1948 roku – Moto Major. Zdobył pierwsze nagrody zarówno w najbardziej prestiżowej klasyfikacji „Best of Show", jak i w klasyfikacji „New Ideas for the 1950". Maszynę eksponowało Niemieckie Muzeum Dwukołowców we współpracy z Muzeum NSU z Neckarsulm.

Pojazd, którego stylistyka niezbyt się zestarzała jest przedstawicielem zupełnie niekonwencjonalnych rozwiązań inżynierów, które opracowywano w trudnych latach odbudowy przemysłu po II wojnie światowej. Mimo że pierwszy godny swojej nazwy skuter podobno powstał u Fiata w 1938 roku, a m.in. firma Volugrafo z Turynu już również w tych czasach budowała niewielkie jednoślady, to prawdziwy rozwój niekonwencjonalnej myśli technicznej nastąpił po wojnie. Pracujące dla potrzeb militarnych znane firmy i koncerny utraciły swoje możliwości produkcyjne m.in. w wyniku bombardowań. Ponadto panująca i wszechobecna bieda sprawiła, że nikt nie myślał o samochodach. Należało zbudować tanie i niezawodne środki transportu, dostępne dla jak największej rzeszy nabywców. Tu pojawiło się coś niespotykanego w żadnym innym kraju. Za konstrukcję nowych pojazdów wzięli się inżynierowie lotniczy, przed wojną szeroko znani w światowej awiacji. Właśnie oni odnieśli największe sukcesy na rynku jednośladów. Dawne koncerny lotnicze Piaggio i Innocenti zaprezentowały skutery Vespa i Lambretta, które opanowały włoskie drogi, aby szybko stać się przebojem eksportowym. Warto przypomnieć jedną z anegdot dotyczącą konstruktora Vespy, inż. Corradino d' Ascanio, który przyjmując zlecenie od szefa Enrico Piaggio przypomniał, że nigdy nie lubił motocykli. Czuł do nich głęboką niechęć. Nie zmienił zdania nawet wtedy gdy Vespa stała się przedmiotem pożądania klientów z całej Europy.

Koncern FIAT również zaczął rozglądać się za czymś, co byłoby tańsze od Topolino. Zrujnowane zakłady nie dysponowały mocami produkcyjnymi takimi jak kilka lat wcześniej. Do tego dotychczasowy szef Giovanni Agnelli został zmuszony do odejścia z firmy za to, że był senatorem w czasach Mussoliniego. Koncernem rządził Vittorio Giuseppe Valletta, który bardzo szybko ujawnił swoje liczne talenty. Ofertę samochodową postanowił rozszerzyć o niekonwencjonalny motocykl. Pracę zlecił inżynierowi Salvatore Maiorca z Piemontu, zatrudnionemu w zależnej od Fiata firmie lotniczej Fiat Aviazione, z której w latach sześćdziesiątych powstała Aeritalia.

Moto Major w całej okazałości

W Moto Major opływowa sylwetka idzie w parze z wyprzedającą swoje czasy estetyką

Eleganckie tłumiki typu fishtail

Inżynier Maiorca wcześniej był konstruktorem w takich firmach jak np. Aquila i Agusta. Zasłynął również z konstrukcji układów hamulcowych, zawieszeń i kół do samolotów, szczególnie uważnie analizując zjawiska zachodzące podczas lądowania.

Dysponując tunelem aerodynamicznym i całym dostępnym wówczas zapleczem technicznym inżynier szybko wziął się do pracy. Aby przyspieszyć budowę i testy prototypów przydzielono mu do pomocy specjalistę od silników lotniczych, inż. Angelo Blatto.

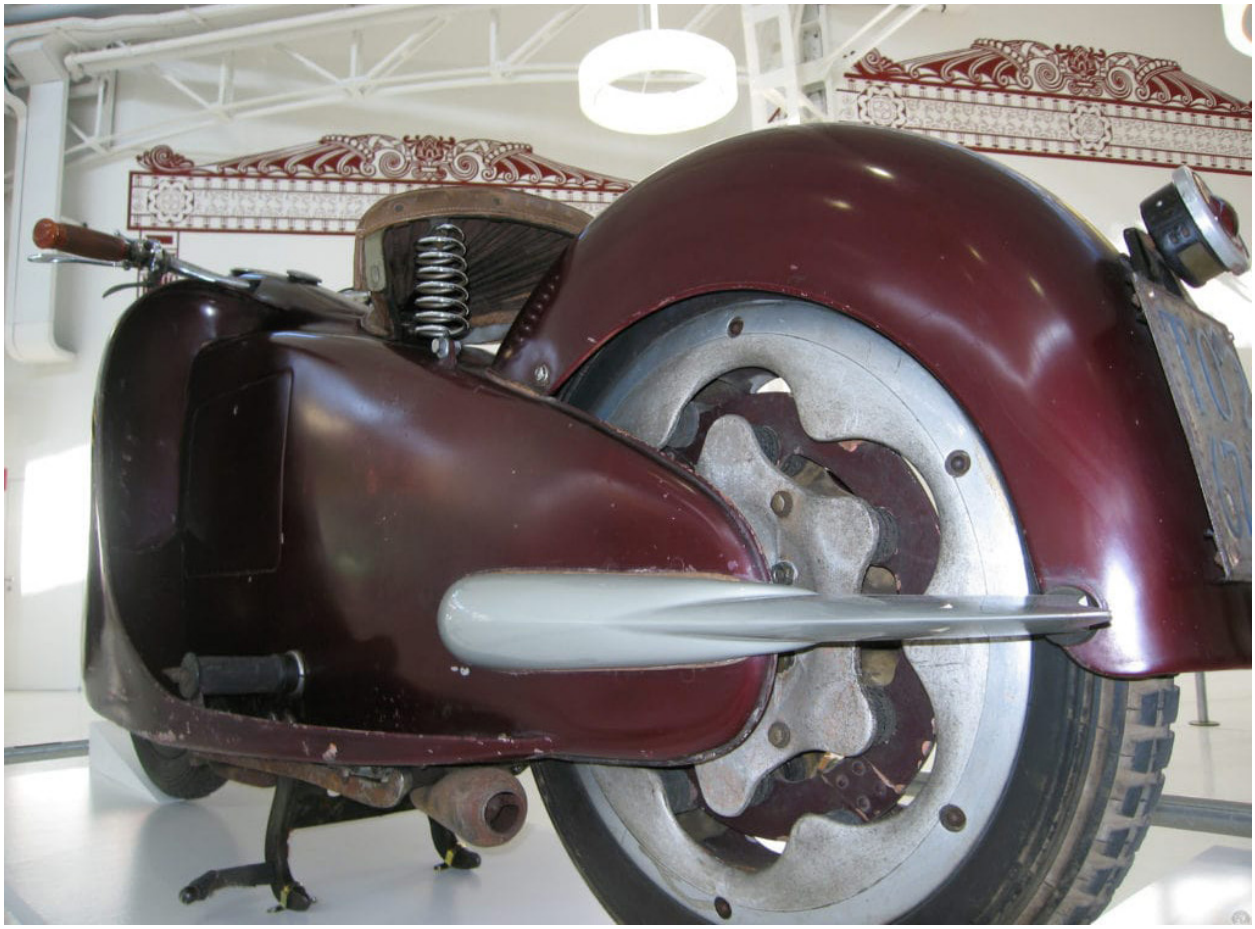
W roku 1947 powstał prototyp, który wywołał piorunujące wrażenie. Mała Vespa miała blaszane nadwozie samonośne i duży Moto Major też je miał. Przy tym spełniało ono ówczesne wymagania aerodynamiki, a jego estetyka daleko wyprzedzała inne światowe konstrukcje. Układ kierowniczy składał się ze sferycznej piasty sterowanej drążkami. Mimo że w tych czasach zawieszenia tylne z parą amortyzatorów

Budowa koła budzi słuszne skojarzenia z inżynierią lotniczą

i widelec teleskopowy nie były już żadną nowością, inż. Maiorca zastosował rozwiązanie podobne do tego, które zaprojektował do samolotów w 1931 roku. Na różne sposoby dążono do obniżenia tzw. masy nieresorowanej. Eksperymentowano z rozwiązaniami, w których koło miało absorbować nierówności i je tłumić. Słynne i chwalone było rozwiązanie Triumpha, zwane Sprung Hub. Przednie koło zawieszone było tradycyjnie na trapezie lub nieco później na widelcu teleskopowym. Tylne mocowano sztywno do ramy, ale w jego piaście był element gumowy i zestaw sprężyn. Wielu motocyklistów, którzy mieli okazję jeździć Triumphami z tym rozwiązaniem, oferowanym za dopłatą, twierdziło, że działało to lepiej niż zestaw dwóch amortyzatorów hydraulicznych.

Salvatore Maiorca zastosował inne rozwiązanie. 19-calowe koła wykonano ze stopu aluminium. Składały się one z dwóch kołnierzy, które zaciskały centralną tarczę poprzez sześć par gumowych zderzaków. Przeprowadzono badania pod obciążeniem, które wykazały możliwość ruchu obręczy w płaszczyźnie pionowej o 50 mm, bez ryzyka jej deformacji. Obliczono, że waga motocykla wynosząca 150 kg wraz z masą kierowcy np. 80 kg daje łącznie 230 kg, co obciąża każdy z dwudziestu czterech gumowych elementów na każdym kole masą zaledwie 4,8 kg.

Inspirowany konstrukcjami lotniczymi silnik miał żeliwny cylinder i aluminiową głowicę. Jego pojemność wynosiła 349,3 cm^3, średnica cylindra



Konstrukcja zawieszenie opiera się na zestawie 24 gumowych cylindrów w każdym kole

Główkę ramy kryje owiewka

76 mm, a skok tłoka 77 mm. Zasilany gaźnikiem Dell'Orto, ze smarowaniem podwójną pompą olejową rozwijał 14 KM przy 5200 RPM. Ciekawie zaprojektowany wał napędzał wentylator, a główny wał korbowy przenosił napęd na czterobiegową skrzynię z nożną zmianą, a następnie na wał, który poprzez zwolnicę i przekładnię stożkową napędzał tylne koło. Silnik ważył 43 kg.

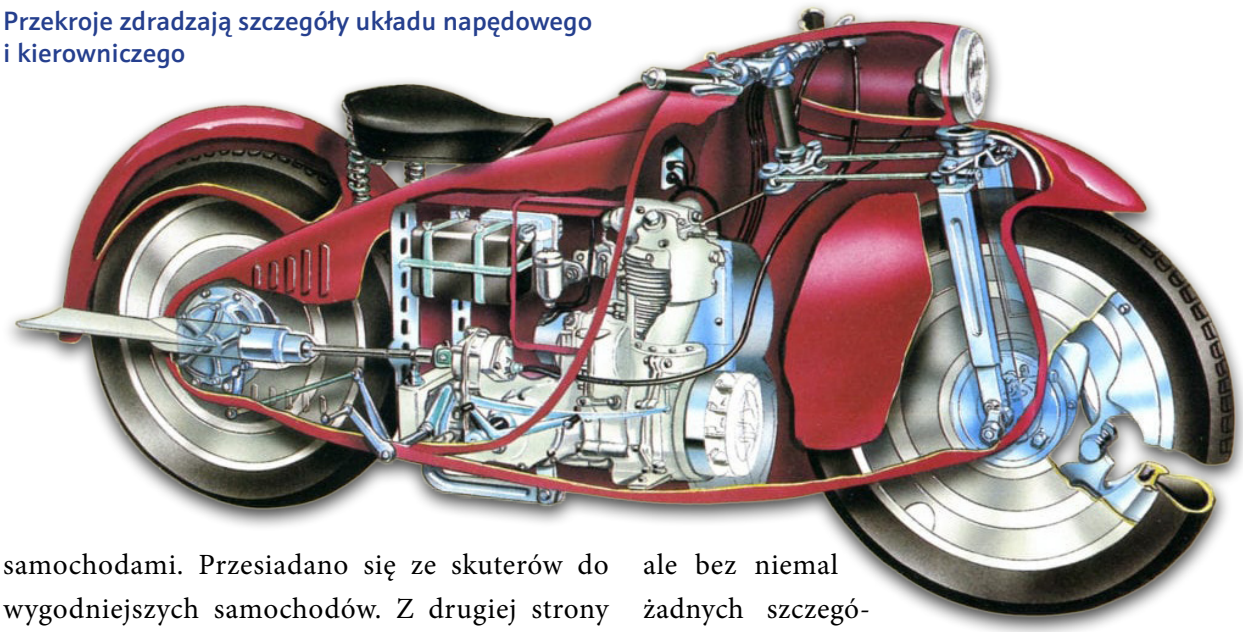
W tylnej części nadwozia umieszczono eleganckie chromowane tłumiki typu fishtail, z których tylko jeden był działający. Drugi umieszczono wyłącznie ze względów stylistycznych. Być może miał on działać w kolejnym, dwucylindrowym prototypie, o którym niewiele wiadomo. Pozostało trochę relacji naocznych świadków, którzy twierdzą, że ten prototyp był brzydszy od testowanego motocykla. Miał silnik o dwóch cylindrach w rzędzie i duże otwory w nadwoziu do ich chłodzenia, które psuły wygląd. Być może opis dotyczy prototypu, który nigdy nie został ukończony, a opisywana maszyna służyła wyłącznie do testów silnika. Tego się chyba już nigdy nie dowiemy.

Moto Major 350 został zaprezentowany na targach w Mediolanie w 1948 roku. Błyskawicznie stał się gwiazdą porównywalną do BMW R7. Ironią losu jest to, że żadna z tych maszyn nie trafiła do seryjnej produkcji.

W roku 1948 coraz większa liczba klientów rozglądała się za małymi, tanimi i ekonomicznymi

Obszerna owiewka zakrywa wszystkie podzespoły motocykla. Widoczne klapki z dostępem do silnika

Przekroje zdradzają szczegóły układu napędowego i kierowniczego



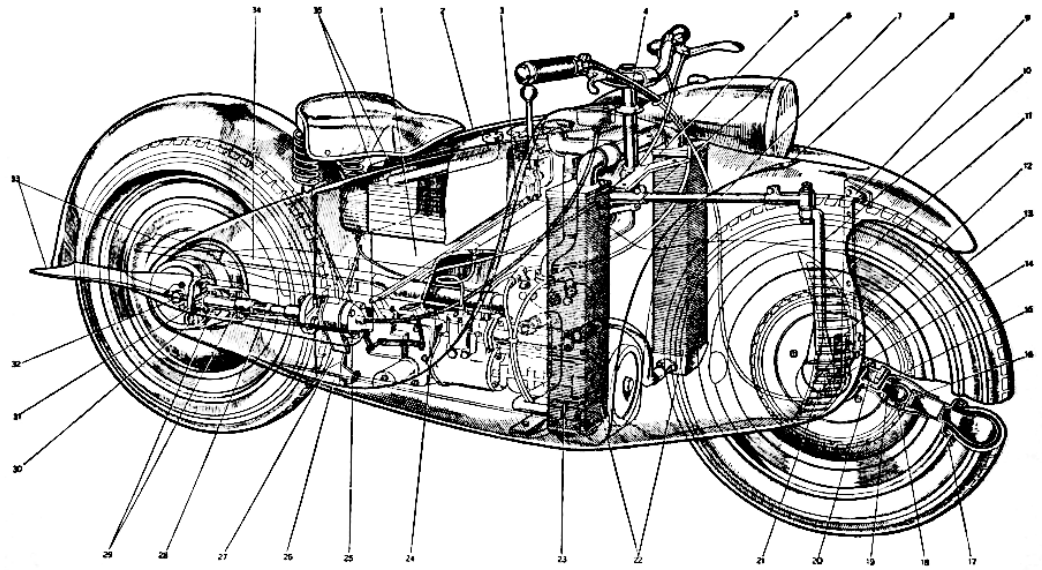
samochodami. Przesiadano się ze skuterów do wygodniejszych samochodów. Z drugiej strony wejście Fiata na włoski rynek motocykli wiązało się z dużym ryzykiem. Uznane marki, takie jak np. Moto Guzzi i Benelli, powoli umacniały się na rynku i wprowadzały nowe modele. Zakup maszyny nieznanego dotąd na rynku motocyklowym producenta zawsze wiąże się z ryzykiem, nawet jeśli producent jest doskonale znany z produkcji samochodów. Motocykle to trochę inny świat.

Prototyp inż. Maiorca przejechał bezawaryjnie w testach ponad 40 tys. km. Po tym przebiegu rozebrano koła aby sprawdzić stan elementów gumowych. Nie wykazały one oznak zużycia. Mimo to o prototypie zapomniano. Wzmianki o nim można było znaleźć w dobrej literaturze motocyklowej, ale bez niemal żadnych szczegółów technicznych.

Maszyna czekała do 2018 roku, aby znowu stać się sensacją. Po konkursie w Cernobbio motocykl znalazł się w ekspozycji „Concept Cars Pure Beauty" na zamku w Compiègne. Jednak obecnie znowu trudno go odszukać, bo nie wymienia się go ani w zbiorach muzeum w Neckarsulm ani w muzeum w Compiègne.

Ryszard Romanowski

concosodelegazavilladeste.com
digital.library.unt.edu
moto-collection.org
thevintagent.com



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: 17,50 zł

WYDANIA ARCHIWALNE

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

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

DANE DO ZAMÓWIENIA

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

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

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

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