ISSN 1899-699X

cena 17,50 zł (w tym 8% VAT)

# projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

10 (157) październik 2020

- Elektryka i wodór – przyszłość linii pasażerskich?
- Silniki na medal: V8 Gibson Technology
- Analiza wyboczenia konstrukcji; porównanie metod numerycznych

## WTRYSK SILIKONÓW stałych i ciekłych

## Rakieta na dwóch kołach – Ducati Superleggera V4

## ZROBOTYZOWANE linie technologiczne

ISSN 1899-699X

10 >

9 771899 699002

CREAFORM

NOWOŚĆ

# MetraSCAN3D™

## NOWY STANDARD METROLOGICZNYCH SKANERÓW 3D

DOKŁADNOŚĆ | PRĘDKOŚĆ

WSZECHSTRONNOŚĆ | PROSTA OBSŁUGA

CREAFORM
STRATEGIC PARTNER
AUTHORIZED DISTRIBUTOR
2020

ITA spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp. k.
ul. Poznańska 104, Skórzewo, 60-185 Poznań
Tel.: +48 61 222 58 00
e-mail: info@ita-polska.com.pl

www.ita-polska.com.pl

**Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie**

**miesięcznik**

**Nr 10 (157)**
**październik 2020**

**rok XIV**
**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 przedostatniej stronie (III strona okładki)

**wydawca**
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

**DTP**
Chisel

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

**Na okładce:**
Ducati Superleggera V4 w tunelu aerodynamicznym.
fot. Ducati

ITER © 2020



# Drodzy Czytelnicy,

Złota polska jesień, tradycyjnie piękna jeszcze we wrześniu, teraz jest trochę smutna, jakby płacząca nad naszą współczesną niedolą. Ale nadal cieszy oczy i duszę. Przypomina bowiem o sprawach najważniejszych, o naturalnej kolei rzeczy, o znikomości tego świata.

Przyroda stanowi jeden z niewielu już przejawów normalności, którymi możemy się dziś cieszyć. Pozwala kontemplować Boży geniusz, jest przewidywalna, i mimo że dzika, to taka swojska. Na szczęście, jest poza zasięgiem rządzących, bo gdyby mogli, to pewnie zabroniliby liściom się zielenić, ptakom śpiewać, a słońcu świecić.

Wbrew odgórnie krzewionym wynaturzeniom, rozumna obserwacja natury pozwala zachować właściwe pojęcie o prawach i rzeczywistości, a z kolei prawo naturalne pozwala ludziom odróżnić dobro od zła.

Dzisiejszemu człowiekowi coraz trudniej to odróżnianie przychodzi; dał sobie wmówić, że wszystko jest względne i zależy od tego, co się komu aktualnie wydaje. Jak jest to absurdalne i zwyczajnie głupie, nietrudno zauważyć.

Gdy nie będziemy umieli odróżniać dobra od zła, to czym się będziemy kierować w naszym życiu?

Przed Państwem kolejny, październikowy numer "Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich".

Następne wydanie będzie ostatnim w tym roku i ukaże się w grudniu.

Szczegóły dotyczące planów na przyszły rok przedstawiamy na przedostatniej stronie magazynu.

Zapraszam do lektury,

Przemysław Zbierski

# Spis treści

NR 10 (157)
PAŹDZIERNIK 2020

Nowa elektroda NAWA ..... 6
Nieograniczona energia z grafenu ..... 6
Symkom Conference 2020 – dla użytkowników oprogramowania ANSYS ..... 7
Celera 500L w powietrzu ..... 7
Pływający Drozd ..... 8
Autonomiczny podwodny robot ..... 8
MAMBO ..... 9
Porsche wprowadza biokompozyty na Nürburgring ..... 10
Stacja dokująca dla robotów ..... 11
Przekładnie kriogeniczne ..... 12
Wytwarzanie przyrostowe tłoków o zoptymalizowanej konstrukcji ..... 13
Nowy skaner 3D Creaform: MetraSCAN BLACK ..... 14
Jachty z generatorem wodoru ..... 15
System MJI Mahle ..... 15

Zrobotyzowane linie technologiczne ..... 16
Aleksander Łukomski

Elektryka i wodór – przyszłość linii pasażerskich? ..... 24
Ryszard Romanowski
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Symulacja komputerowa jako klucz do przeciwdziałania skutkom zdarzeń krytycznych w przemyśle ..... 26
Wojciech Danek

Analiza wyboczenia konstrukcji ..... 30
Maciej Majerczak
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

V8 Gibson Technology ..... 32
Ryszard Romanowski
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Wtrysk silikonów stałych i ciekłych ..... 34
Andrzej Zwierzyński
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Rakieta na dwóch kołach czyli Ducati Superleggera V4 ..... 36
Jacek Zbierski

Podwozie kołowe chowane w pływakach wodnosamolotów, cz. 2 ..... 42
Jakub Marszałkiewicz

Pozostał śmiech? ..... 50
Tomasz Gerard
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

KONSTRUKCJE

## 32 V8 Gibson Technology

Ryszard Romanowski

Większości z silników Gibson nie można kupić. Przekazywane są zespołom wyścigowym na zasadzie czegoś w rodzaju wynajmu. Nie można również kupić do nich części, a jedynie zlecić naprawę producentowi.

KONSTRUKCJE

## 36 Rakieta na dwóch kołach, czyli Ducati Superleggera V4

Jacek Zbierski

TECHNOLOGIE

## 16 Zrobotyzowane linie technologiczne

Aleksander Łukomski

ANALIZY, SYMULACJE

## 30 Analiza wyboczenia konstrukcji

Maciej Majerczak

W celu oszacowania siły krytycznej potrzebnej do wyboczenia konstrukcji, najłatwiejszą i zdecydowanie najszybszą metodą jest analiza *linear-buckling*. Jednak w celu przeprowadzenia analizy *post-buckling* należy użyć którejkolwiek z pozostałych metod – RIKS lub *explicit*.

TECHNOLOGIE

## 34 Wtrysk silikonów stałych i ciekłych

Andrzej Zwierzyński

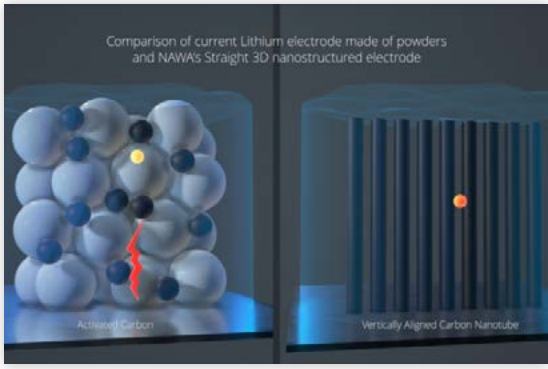
W celu sprawnego usuwania wyprasek z formy, oprócz rozwiązań integralnie związanych z formą wtryskową (matowa powierzchnia gniazd, wypychacze, płyty zdzierające) stosuje się dodatkowe urządzenia odbierające i roboty, oraz wspomaganie usuwania za pomocą sprężonego powietrza.

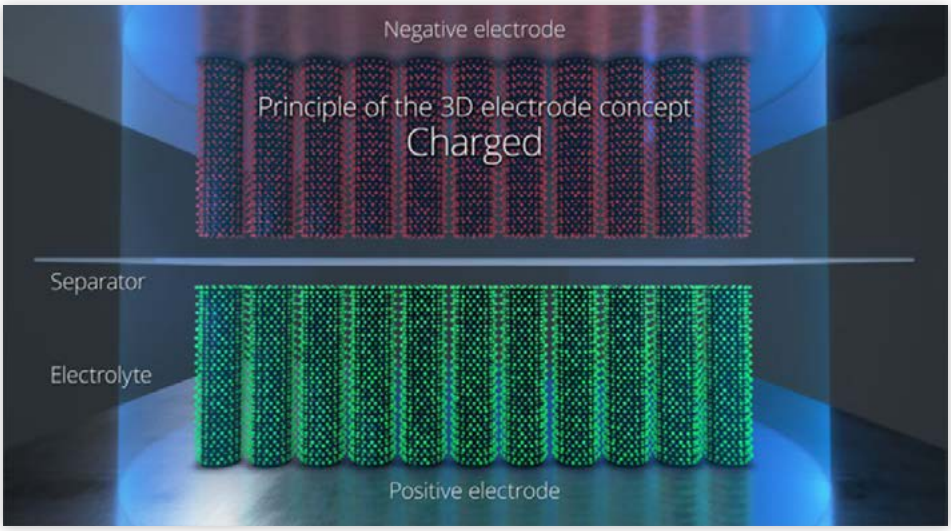
## Nowa elektroda NAWA

NAWA Technologies z Aix-en-Provence zaprezentowała komercyjną wersję elektrody, która może odmienić dotychczasowe konstrukcje akumulatorów, nie tylko w samochodach elektrycznych.

Stanowi ją nanorurka węglowa (VACNT) mająca najwyższą jak dotąd przewodność jonową, elektryczną i cieplną. Konstrukcja 3D w rozmiarze nano nie ogranicza rozmiarów, tak jak powszechnie używane proszki, i może zwiększyć wydajność wszystkich rodzajów akumulatorów. Można również budować akumulatory znacznie mniejsze i łatwiej konfigurowalne w środkach transportu niż obecne.

Podczas porównań stwierdzono dziesięciokrotne zwiększenie mocy, trzykrotne – wielkości magazynowanej energii i co najmniej pięciokrotne przedłużenie żywotności akumulatora. Ponadto ładowanie trwa minuty, a nie jak dotychczas godziny.



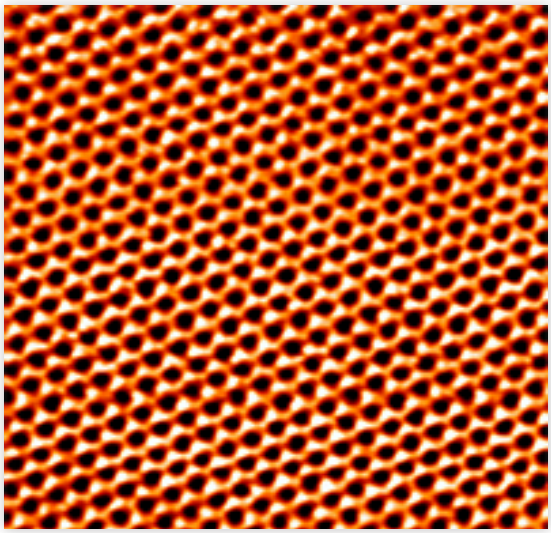




Rozwiązanie nie wymaga stosowania tzw. materiałów ziem rzadkich, a jego koszty są o 25% niższe od kosztów dotychczas wytwarzanych akumulatorów.

*nawatechnologies.com*

## Nieograniczona energia z grafenu

Profesor fizyki Paul Thibado z uniwersytetu Arkansas pracuje nad nowym źródłem czystej i nieograniczonej energii, zdolnej do zasilania niewielkich urządzeń, czujników i np. rozruszników serca, bez konieczności wymiany źródła prądu. Wykorzystuje do tego ruch atomowy grafenu.



Arkusz grafenu widziany przez tunelowy mikroskop skaningowy

Obwód zbierający energię, włączony do chipa, jest w stanie zapewnić nieograniczoną energię niskiego napięcia. Zbudowany przez niego *Vibration Energy Harvester* składa się z dwóch metalowych płytek, pomiędzy którymi umieszczony jest naładowany ujemnie arkusik grafenu. W efekcie grafen wpada w drgania, generując prąd zmienny. Zjawisko występuje, mimo że nie jest zgodne z zasadami fizyki, mówiącymi np. że tzw. ruchy Browna nie mogą generować energii. Pozornie podważa również drugą zasadę termodynamiki. Mimo to odkryto, że w temperaturze pokojowej ruch termiczny grafenu indukuje w obwodzie prąd zmienny. Na razie wszystko dzieje się w mikroskali i podstawowym narzędziem badań jest zaawansowany mikroskop skaningowy.

*uark.edu*

# Symkom Conference 2020 – dla użytkowników oprogramowania ANSYS

W tym roku spotkanie użytkowników oprogramowania ANSYS, organizowane tradycyjnie w listopadzie przez firmę Symkom, będzie tym razem wydarzeniem on-line.

20 listopada, od godziny 9.30 prezentowane będą nowości w oprogramowaniu i konkretne zastosowania systemów. Podział na odbywające się równolegle panele tematyczne – analizy przepływowe, analizy wytrzymałościowe, modelowanie systemowe oraz analizy elektroniczne i elektrotechniczne umożliwi szersze przedstawienie zagadnień z poszczególnych obszarów.

Wśród tematów tegorocznej konferencji, oprócz omówienia najnowszej wersji ANSYS'a, znajdą się m.in.: modelowanie filmu wodnego, modelowanie przepływów z reakcjami chemicznymi, sposoby skuteczniejszej weryfikacji technologii pojazdów autonomicznych, modelowanie i symulacja materiałów kompozytowych, analizy akustyczne oraz analizy elektromagnetyczne.

*Szczegóły – na stronie organizatora: www.symkom.pl/konferencja2020*

# Celera 500L w powietrzu

Kalifornijska firma Otto Aviation poinformowała o zakończeniu prób w locie prototypowego egzemplarza samolotu Celera 500L. Aerodynamiczny płatowiec, zbudowany z myślą o możliwie najbardziej zoptymalizowanym opływie laminarnym i najniższych kosztach eksploatacyjnych w swojej klasie, napędzany jest tłokowym silnikiem RED A03 w układzie V12, o mocy ponad 500 KM, napędzającym śmigło pchające. Samolot rozwija prędkość przelotową 724 km/h, a jego zasięg wynosi ponad 7200 km. Na jednym galonie paliwa (3,78 l) może przelecieć od 28 do nawet 40 km. Został skonstruowany jako środek indywidualnego transportu lotniczego, o komforcie i osiągach typowych dla odrzutowców klasy biznes, przy czym koszty jego eksploatacji mają być zbliżone do cen biletów linii lotniczych. Samolot odbył już ponad trzydzieści lotów testowych, podczas których potwierdził zakładane osiągi i parametry eksploatacyjne.

*ottoaviation.com*

## Pływający Drozd

Bałtyckie Przedsiębiorstwo Budowy Maszyn z Petersburga zaprezentowało prototypowy pojazd Drozd, będący nawiązaniem do obecnie nieistniejącej kategorii pływających samochodów transportowych, reprezentowanych m.in. przez amerykańskie pojazdy DUKW i Ford GPA z czasów II wojny światowej, czy ich sowieckie odpowiedniki ZiS-485 BAV i GAZ 46 MAV z lat 50-tych.

fot. naukatehnika.com

Drozd to wyjątkowy pojazd, łączący w sobie cechy samochodu terenowego i szybkiej łodzi, napędzany silnikiem wysokoprężnym o mocy 260 KM. Na lądzie samochód rozwija prędkość 100 km/h. Podczas gdy większość konwencjonalnych pojazdów amfibijnych może pływać z prędkością nie większą niż 15 km/h, Drozd w wodzie rozpędza się do 70 km/h. Jest to możliwe dzięki systemowi chowania kół w otworach kadłuba. Konwersja z trybu drogowego na pływający trwa ok. 12 sekund.

Drozd ma wytrzymały kadłub, wykonany w znacznej mierze z kompozytów karbonowych. Dysponuje ładownością 1,5 t oraz zasięgiem 800 km podczas jazdy po lądzie i 300 km na wodzie. Pojazd wyposażono w unikalny system napędu na wszystkie koła, z międzyosiowymi i międzykołowymi blokadami mechanizmów różnicowych, umożliwiający wciąganie kół do kadłuba. Może być eksploatowany w trudnych warunkach klimatycznych, z temperaturami dochodzącymi do –50 °C. Na razie nie wiadomo, czy trafi do produkcji, czy podzieli los wielu interesujących konstrukcji z Rosji i krajów dawnego bloku wschodniego.

*bmc4x4.ru*

## Autonomiczny podwodny robot

Roboty do prac podwodnych pracują zwykle na uwięzi, a do tego ich twarde obudowy często wchodzą w kolizję z badanymi przedmiotami. Profesor wydziału inżynierii mechanicznej i lotniczej Uniwersytetu Kalifornijskiego w San Diego, Michael Tolley, z zespołem inżynierów, zaprojektował i zbudował robota odtwarzającego część funkcji kałamarnicy. Jest to pierwszy robot bez uwięzi, z własnym zasilaniem, który generuje impulsy odrzutowe.

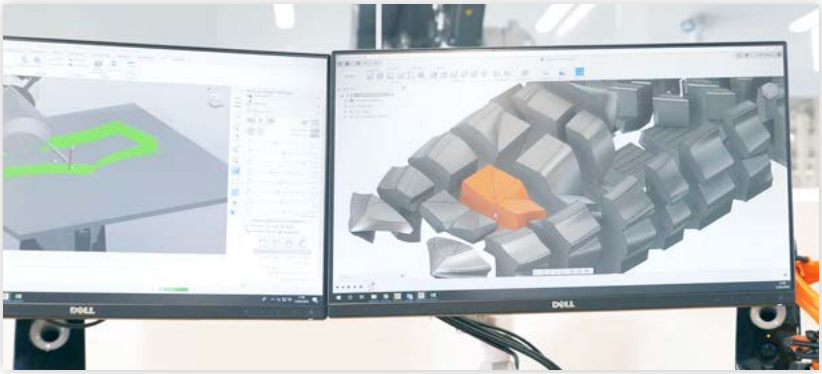
Zbudowano go z miękkiego polimeru akrylowego usztywnionego żebrami, wydrukowanymi w 3D. Żebra blokowane są płytkami na końcach kadłuba, a jedno z nich zakończone jest dyszą pobierającą i wyrzucającą wodę, w zależności od cyklu pracy. Dysza może zmieniać położenie, zmieniając tym samym kierunek ruchu robota. Zapewnia ona zarówno napęd, jak i zwrotność urządzenia zaopatrzonego w system kamer i czujników.

Twórcy urządzenia twierdzą, że największym wyzwaniem było nie tyle skopiowanie ruchu kałamarnicy, ale zapewnienie precyzyjnym układom elektronicznym i mechanicznym wodoodporności, przy dużych różnicach ciśnień na różnych głębokościach.

*ucsd.edu*

# MAMBO

Na tegorocznym, jubileuszowym Genoa Boat Show firma Moi Composites zaprezentowała MAMBO (Motor Additive Manufacturing BOat) – nową, unikalną łódź o niepowtarzalnym kształcie, wytworzoną przyrostowo w opatentowanej technologii CFM (Continuous Fiber Manufacturing), wykorzystującej roboty przemysłowe do drukowania kompozytowych struktur przestrzennych wzmocnionych włóknami ciągłymi. MAMBO wykonano z włókien szklanych impregnowanych żywicą termoutwardzalną. Łódź składa się z kompozytowych segmentów, połączonych w niezupełnie symetryczną, opływową bryłę o organicznych kształtach, bez wyraźnego podziału na kadłub i pokład. Taka konstrukcja byłaby niemożliwa do uzyskania konwencjonalnymi metodami produkcji łodzi kompozytowych. MAMBO ma długość 6,5 i szerokość 2,5 m, waży około 800 kg i jest wyposażona w system nawigacji, korkową podłogę, białe siedzenia ze skórzaną tapicerką i silnik zaburtowy.



*moi.am*

# Porsche wprowadza biokompozyty na Nürburgring

Porsche 718 Cayman GT4 Clubsport MR z zestawem elementów nadwozia wykonanych z materiałów kompozytowych na bazie włókna naturalnego wystartuje w tegorocznym 24-godzinnym wyścigu na torze Nürburgring. Już w 2019 roku Porsche wyprodukowało krótką serię aut wyścigowych tego typu, z tylnym skrzydłem i drzwiami wykonanymi z kompozytów wzmocnionych włóknami naturalnymi, pochodzącymi głównie z surowców odnawialnych. Obecnie także przednie i tylne zderzaki, przedni spoiler, przednie i tylne pokrywy, jak również błotniki i dyfuzory, w tym aerodynamiczne płetwy, są wykonane z biokompozytów. Materiały te zastępują metalowe i plastikowe elementy formowane wtryskowo w produkowanych seryjnie samochodach sportowych.

Pod względem masy i sztywności materiały kompozytowe z włókien naturalnych, które można poddać recyklingowi, mają właściwości podobne do kompozytów z włókien węglowych (CFRP) i spełniają te same wysokie standardy bezpieczeństwa i jakości. Przy czym kompozyty z włókien naturalnych mogą być produkowane bardziej ekonomicznie i przy mniejszym zużyciu energii. Najlepiej sprawdzają się w elementach, które nie są – lub są tylko częściowo – częścią struktury nośnej pojazdu. W porównaniu do kompozytów karbonowych, charakteryzują się pięciokrotnie lepszym tłumieniem drgań, a w razie wypadku rozpadają się na większe i mniej szkodliwe kawałki.

Zróżnicowane materiały o różnej grubości i orientacji włókien zapewniają precyzyjne

dopasowanie do konkretnych celów i scenariuszy obciążenia, dlatego też, do budowy poszczególnych elementów nadwozia wytypowano najodpowiedniejsze technologie kompozytowe. Tak więc drzwi wykonano w konstrukcji warstwowej, z rdzeniem wykonanym z balsy przy użyciu technologii RTM. Z kolei w przypadku tylnego skrzydła, warstwy kompozytu zostały zaimpregnowane żywicą epoksydową, a następnie całą strukturę utrwalono w autoklawie. Nowo dodane elementy wykonane z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem naturalnym powstały w procesie infuzji próżniowej z wykorzystaniem rozwiązania powerRibs firmy Bcomp, zapewniającego wymagany poziom sztywności. Jeśli cały zestaw sprawdzi się w wymagającej rywalizacji na Nürburgring, jest prawdopodobne, że w przyszłości trafi do sprzedaży, a charakterystyczne brązowe elementy będzie można dostrzec coraz częściej, nie tylko na torach wyścigowych, ale i na ulicach.

*newsroom.porsche.com*

## Stacja dokująca dla robotów

Problemem większości autonomicznych robotów jest zasięg ograniczony ilością zgromadzonego prądu. Szczególne ograniczenia mają autonomiczne roboty podwodne AUV, ponieważ ogranicza je nie tylko energia. Głównie pracują na uwięzi, bo pod wodę nie docierają ani fale radiowe ani sygnały GPS.

Profesor inżynierii mechanicznej na uniwersytecie Purdue, Nina Mahmoudian z zespołem zgłosili patent na pozornie proste rozwiązanie. Powstała mobilna stacja dokująca, działająca w pobliżu robotów, która w każdym momencie może je doładować, jak również przekazać dane położenia lub zamierzonych dalszych działań, a nawet zdalnie je przeprogramować.

Prototyp przeznaczony dla AUV gruntownie przebadano na jeziorze Superior. Efekty testu potwierdziły pierwotne założenia. Dzięki podobnym stacjom można tworzyć grupy robotów latających, naziemnych lub podwodnych, o niemal nieograniczonym zasięgu. Przypomina to nieco samoloty-cysterny, tankujące w powietrzu dywizjony myśliwskie.

*purdue.edu*

# Przekładnie kriogeniczne

Inżynierowie z NASA Langley Research Center pracują nad opracowaniem przekładni do napędów elektrycznych przeznaczonych do zastosowania w pojazdach kosmicznych, które mają zostać wykorzystane do eksploracji Księżyca, a także w przyszłości – dalszych części Układu Słonecznego.

Kriogeniczna przekładnia planetarna z podzespołami z masywnego szkła metalicznego

W ramach projektu BMGG *(Bulk Metallic Glass Gears)* skonstruowano przekładnie kriogeniczne przystosowane do funkcjonowania w środowisku o temperaturze sięgającej –173 °C, wykorzystujące koła zębate wytworzone z masywnego szkła metalicznego. Jest to surowiec o amorficznej strukturze wewnętrznej, otrzymywany w procesie szybkiego schładzania roztopionych stopów metali z pominięciem krystalizacji (schładzanie następuje z prędkością powyżej wartości krytycznej). W porównaniu do stopów metali o strukturze krystalicznej, charakteryzuje się wysoką wytrzymałością mechaniczną, twardością, odpornością na ścieranie i ściskanie oraz odpornością chemiczną – w tym na korozję.

Przekładnie, skonstruowane z wykorzystaniem masywnego szkła metalicznego, poddano eksperymentom w środowisku kriogenicznym. Silnik elektryczny, wraz z przekładnią, umieszczono w pojemniku, który za pomocą ciekłego azotu schłodzono do temperatury –174 °C. Tak przygotowany zestaw zamocowano na stanowisku testowym, na stalowej belce przenoszącej precyzyjnie dobraną wartość energii uderzenia na pojemnik. Po każdej próbie uruchamiano silnik, badając parametry pracy przekładni metodą akustyczną. Przeprowadzono po dwie próby w trzech różnych położeniach napędu.

Jak wyjaśnia R. Peter Dillon, kierownik projektu BMGG w NASA Jet Propulsion Laboratory, pomyślne wyniki testów to duże osiągnięcie, gdyż ukazują zarówno wytrzymałość masowego szkła metalicznego, jak i całej konstrukcji przekładni. Jego zdaniem takie podzespoły mogą umożliwić operacje podczas nocy księżycowej, w wiecznie zacienionych kraterach, czy w polarnych regionach Księżyca. Jest to istotne usprawnienie względem dotychczasowych rozwiązań, wykorzystujących specjalne systemy grzewcze

Stanowisko do badania wytrzymałości przekładni. Widoczny umiejscowiony centralnie pojemnik kriogeniczny z oszronionym wlewem ciekłego azotu (-196 °C), belka przenosząca energię uderzenia, efektor – po prawej i stalowe obciążniki – na ziemi po lewej.

i smarujące na potrzeby przekładni napędów elektrycznych funkcjonujących w przestrzeni kosmicznej. Nowe przekładnie mają nie tylko ograniczyć wykorzystanie energii elektrycznej łazików kosmicznych, ale także umożliwić instalację na ich pokładzie większej liczby urządzeń o napędzie elektrycznym, takich jak anteny kierunkowe czy ramiona robotów.

*nasa.gov*

Podzespoły przekładni (z dziesięciocentówką dla skali)

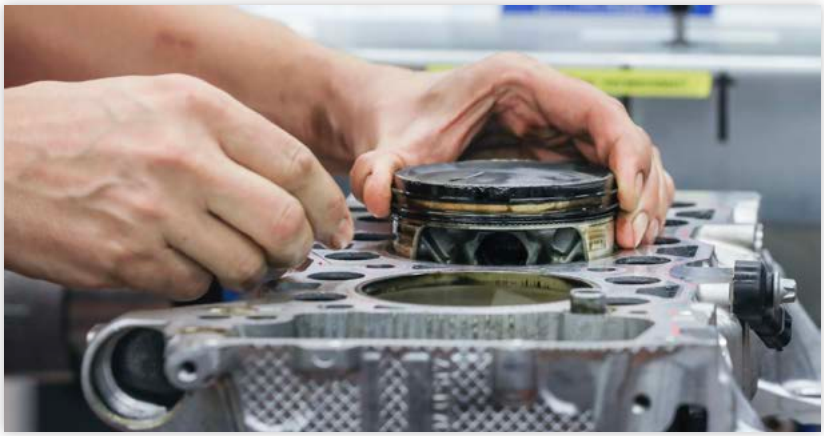
## Wytwarzanie przyrostowe tłoków o zoptymalizowanej konstrukcji

W zakładach Porsche technologie przyrostowe już od dawna są wykorzystywane m.in. przy budowie prototypów i produkcji części zamiennych do klasycznych samochodów sportowych. Teraz przyszedł czas na wytwarzanie przyrostowe tłoków do wysokowydajnego silnika flagowego modelu 911, GT2 RS.

Druk 3D pozwala na produkcję tłoków o konstrukcji zoptymalizowanej pod kątem działających na nie obciążeń. Dzięki temu wytwarzane przyrostowo z wysokiej czystości proszku metalowego w procesie laserowego stapiania metali tłoki są o 10% lżejsze niż standardowe, kute tłoki z produkcji seryjnej. Mają również zintegrowany kanał chłodzący w koronie tłoka, niemożliwy do uzyskania konwencjonalnymi metodami.

– Dzięki nowym, lżejszym tłokom możemy zwiększyć prędkość obrotową silnika, zmniejszyć obciążenie temperaturowe tłoków i zoptymalizować spalanie – wyjaśnia Frank Ickinger z działu rozwoju zaawansowanych napędów w Porsche. Dzięki temu można uzyskać do 30 KM więcej z silnika biturbo o mocy 405 KM, przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności.

*newsroom.porsche.com*



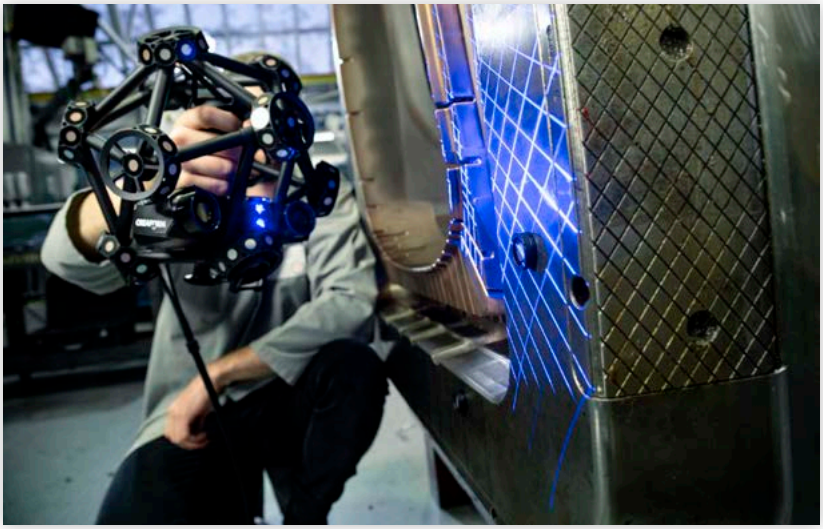
# Nowy skaner 3D Creaform
## MetraSCAN BLACK

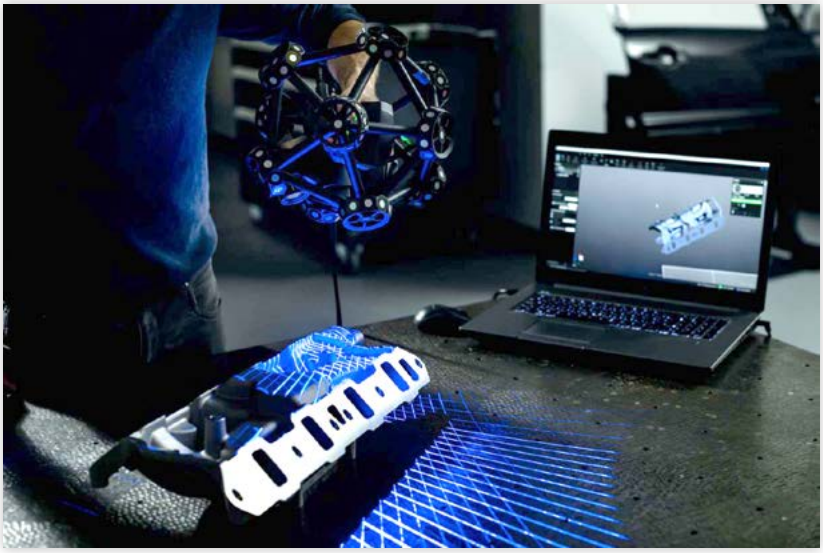
Najnowsze urządzenie z linii produktów MetraSCAN firmy Creaform to skaner 3D dedykowany do zadań w zakresie precyzyjnych pomiarów i inspekcji powierzchni skomplikowanych części i złożeń w różnych sektorach produkcji przemysłowej, między innymi na potrzeby branży lotniczej, motoryzacyjnej, energetycznej, metalowej i przemysłu ciężkiego. Szybki i precyzyjny, a przy tym poręczny i przenośny, skaner MetraSCAN BLACK bez problemu można wdrożyć do różnorodnych zastosowań inżynierskich, od kontroli jakości, przez usługi MRO po inżynierię odwrotną.

Skaner jest gotowy do pracy od razu po uruchomieniu. Dzięki wykorzystaniu układu piętnastu krzyży rzucanych na powierzchnię mierzonego elementu za pomocą niebieskiego światła laserowego, MetraSCAN BLACK radzi sobie z bardzo trudnymi powierzchniami, które nie są możliwe do zmierzenia innymi rozwiązaniami. Pracując z prędkością 1 800 000 pkt/s, rozdzielczością na poziomie 0,025 mm, skaner umożliwia wykonywanie szybkich i szczegółowych pomiarów z dokładnością do 0,025 mm wg standardu VDI/VDE 2634-3. Dodatkowo, zaraz po zakończonym procesie skanowania pliki są gotowe do użycia bez konieczności długotrwałej obróbki. Radzi sobie także ze skanowaniem elementów o skomplikowanej geometrii, mających błyszczącą powierzchnię czy będących w ruchu. Dzięki kompatybilności z sondą stykową HandyPROBE może być wykorzystywany także do pomiarów obiektów mających trudnodostępne miejsca. Z kolei we współpracy z urządzeniem śledzącym C-Track skaner może być precyzyjnie pozycjonowany. Jest przystosowany do pracy zarówno w specjalistycznych laboratoriach pomiarowych, jak i bezpośrednio na linii produkcyjnej. Jego działania nie zaburzają występujące w warunkach produkcyjnych zakłócenia przemysłowe, takie jak drgania lub zmiany w natężeniu oświetlenia.

W porównaniu do poprzedniego modelu z linii MetraSCAN, skaner typu BLACK zapewnia blisko czterokrotnie wyższą prędkość skanowania oraz wyższą rozdzielczość i precyzję pomiaru. Dodatkowe funkcje oprogramowania pozwalają na zwiększenie efektywności i jeszcze bardziej elastyczną pracę. Wykorzystanie oferowanych przez MetraSCAN BLACK możliwości zapewnia usprawnienie czynności pomiarowych i kontroli jakości, przyczyniając się tym samym do optymalizacji całokształtu procesu produkcyjnego.

*www.ita-polska.com.pl*





## Jachty z generatorem wodoru

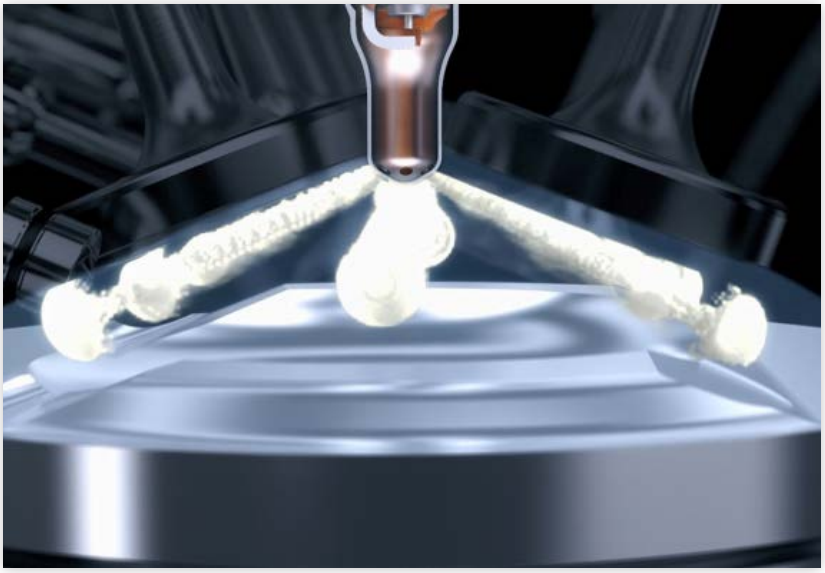
Toyota Motor Europe wraz z Energy Observer Developments (EODev) prowadziła eksperymenty z generatorem wykorzystującym ogniwa paliwowe, stosowane w wodorowym samochodzie Toyota Mirai, do napędu i zasilania jachtu. Eksperymentalna jednostka Energy Observer pokonała bez większych problemów dystans 7 tys. mil morskich, często w trudnych warunkach pogodowych, zawijając do wielu portów.

Obecnie zmodyfikowany, dostosowany do najtrudniejszych warunków morskich generator REXH2 trafił do jachtów Hynova 40, budowanych we francuskiej stoczni Hynova. Jednostki o długości 12 m mogą zabrać na pokład 12 osób i napędzane są elektrycznie. Urządzenie wytwarzające wodór z wody morskiej jest znacznie lżejsze od tradycyjnych baterii akumulatorów, a do tego niemal samowystarczalne. Podobnie działające generatory o różnych wydajnościach mogą być ciekawą alternatywą dla dotychczas stosowanych źródeł prądu w różnego typu jednostkach pływających, nie tylko napędzanych elektrycznie.

*toyotanews.eu*
*hynova-yachts.fr*

## System MJI Mahle

Owiany tajemnicami technicznymi F-1 system zapłonu mieszanki MJI, po raz pierwszy trafił na rynek wraz z niedawną premierą nowego Maserati z 6-cylindrowym silnikiem Nettuno. Być może wkrótce będzie też mógł trafić do silników samochodów popularnych, ponieważ powstaje silnik demonstracyjny o mocy od 80 do 120 kW.



System opracowany przez firmę Mahle składa się z komory wstępnej, w której następuje zapłon mieszanki paliwowo-powietrznej, wyrzucanej strumieniami do głównej komory spalania przez szereg dysz. Eliminuje to zupełnie użycie kilku świec zapłonowych i stosowanie podobnych rozwiązań. MJI znacznie ogranicza spalanie stukowe, zapewniając szybkie, stabilne i niemal całkowite spalanie mieszanki. System można dostosować do każdego silnika, a nawet do produkowanych i istniejących już głowic. Podczas prób potwierdził on stabilność pracy w różnych temperaturach otoczenia, nawet w przekraczających –8 °C.

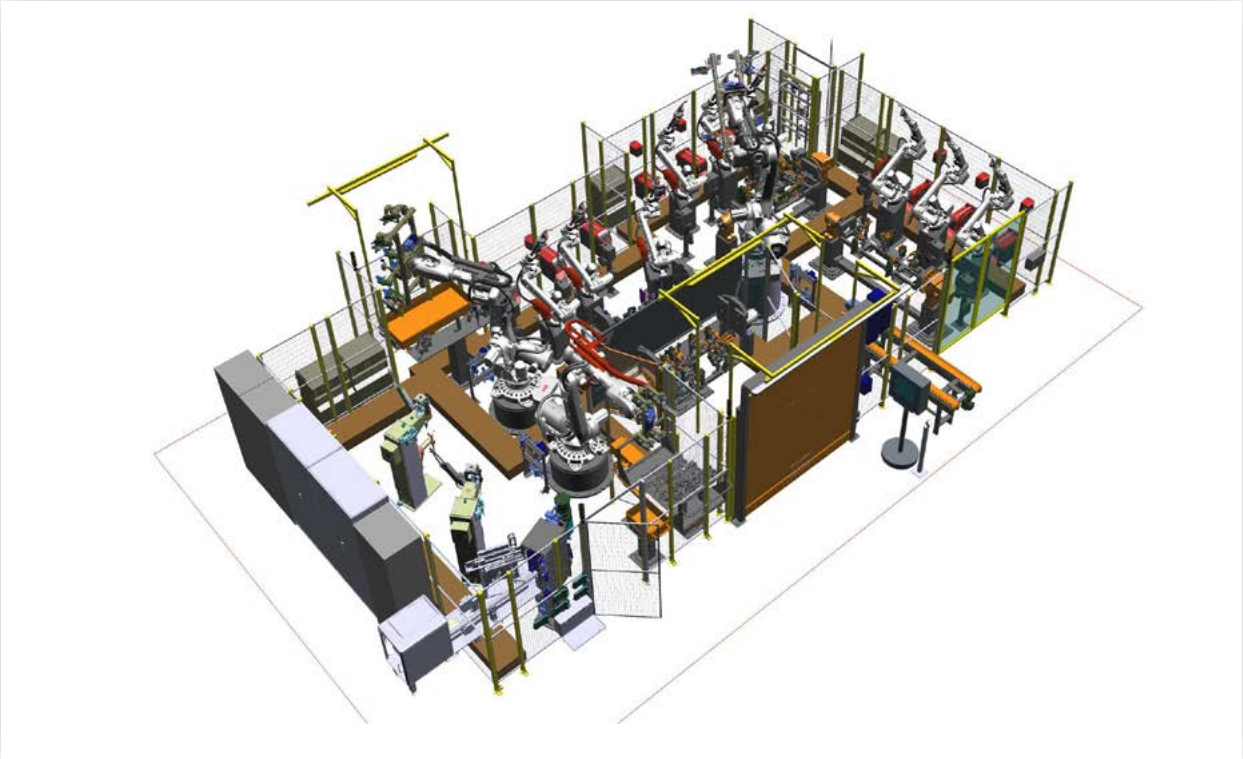
*aachener-kolloquium.de*

# ZROBOTYZOWANE linie technologiczne

**W produkcji seryjnej dąży się do zmechanizowania i zautomatyzowania, jeżeli nie kompletnej produkcji, to chociaż różnych jej faz. Stopień zautomatyzowania uzależniony jest często od rodzaju wyrobu. Inaczej wygląda np. w produkcji serów lub ciastek, a inaczej w produkcji wyrobów mechanicznych, które z reguły są większe i wymagające większej ilości skomplikowanych operacji do ich wykonania. Do jednej z najwyższych form zautomatyzowania produkcji zaliczyć należy linie technologiczne.**

Aleksander Łukomski

W linii technologicznej stanowiska pracy ustawia się wg kolejności wykonywanych operacji, łączy się je odpowiednim transportem technologicznym, a poszczególne operacje na kolejnych stanowiskach w linii wykonywane są w zbliżonym czasie. Występuje wiele różnych rozwiązań i odmian linii technologicznych. Mogą być linie stałe, tzn. przeznaczone do wytwarzania jednego przedmiotu, oraz zmienne – przezbrajalne, przeznaczone do wytwarzania różnych wyrobów, ale o zbliżonym procesie produkcyjnym. Z punktu widzenia powiązania pracy poszczególnych stanowisk w czasie dzieli się linie na zsynchronizowane i niezsynchronizowane. Linie technologiczne dzielą się także na automatyczne lub półautomatyczne. Półautomatyczne stosuje się głównie tam, gdzie wielu pracowników wykonuje prace na stanowiskach linii ręcznie ale w sposób zmechanizowany, np. przy wkręcaniu śrub elektromechanicznymi wielowrzecionowymi zakręcarkami. Wtedy każdy pracownik po wykonaniu swojej operacji naciska na swoim stanowisku pracy przycisk gotowości i po naciśnięciu takich przycisków przez wszystkich pracowników linii transport rusza o jeden takt. W takich przypadkach tylko urządzenie transportowe „wiąże" te stanowiska w linię. Takie linie występują niekiedy w produkcji samochodów, gdzie – przykładowo – na poszczególnych stanowiskach operatorzy wykonują zgrzewanie przy pomocy ręcznie obsługiwanych zgrzewarek, a przenośnik służy do przenoszenia zgrzewanego elementu nadwozia (np. podłogi lub ściany bocznej) na kolejne stanowisko obróbcze. Na stanowiskach takiej linii znajdują się przyrządy spawalnicze, działające półautomatycznie. W obróbce skrawaniem często spotyka się linie bardziej zmechanizowane lub zautomatyzowane, np. linie obrabiarek uniwersalnych, zespołowych czy centrów obróbczych. Zwłaszcza te ostatnia linie są bardzo elastyczne i umożliwiają produkcję wielu różnych elementów, np. korpusów, wg zadanych programów. Linie technologiczne mogą być krótkie, składające się z kilku stanowisk obróbczych, lub długie, gdzie występuje takich stanowisk kilkadziesiąt. Linie mogą też być zestawiane w ciągi technologiczne lub zespoły produkcyjne, niekiedy o bardzo dużej, sumarycznie, liczbie stanowisk.

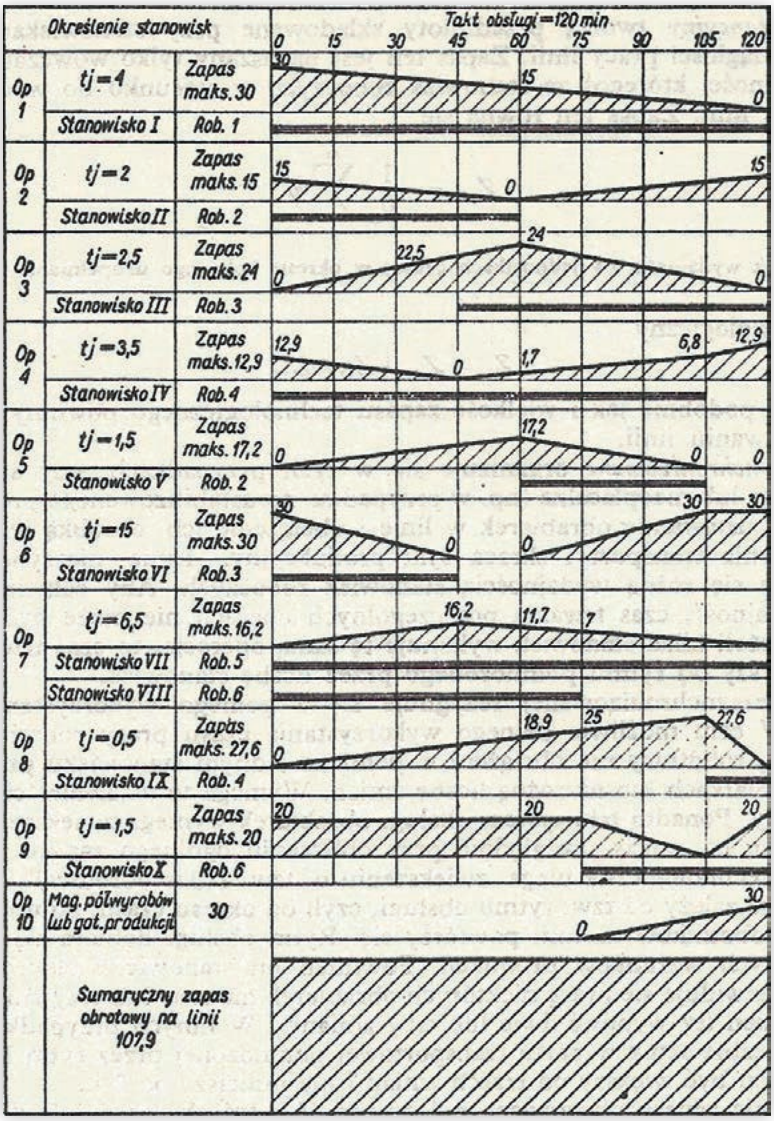


Przedstawiona w artykule na fotografiach i rysunkach zrobotyzowana linia spawalnicza służy do montażu spawalniczego metalowego szkieletu zderzaka samochodu. Powyżej model 3D linii.

Każda linia wiąże poszczególne stanowiska obróbcze jakimś systemem transportu technologicznego. Znane są różne systemy i jest ich wiele. System „podnieś i przenieś" napędzany jest silnikami elektrycznymi, a w wielu liniach, zwłaszcza większych i przy przenoszeniu wielu ciężkich przedmiotów obrabianych, potrzebuje wspomagania dla pokonania momentu bezwładności, przy pomocy siłowników np. pneumatycznych. W liniach składających się z obrabiarek skrawających najczęściej stosowany jest transport paletowy. W spawalniczych i montażowych stosowany jest też system EHB z odpowiednimi zawieszkami albo system transportu dwułańcuchowego Power & Free. Występują też jeszcze inne systemy transportowe, jak np. przenośniki taśmowe z taśmą gumową, z tworzyw sztucznych lub stalową. Używany jest również system skidowy, czy platformowy. W liniach zrobotyzowanych często transport na następne stanowisko dokonywany jest przez roboty. Jest tych systemów dużo, a większość z nich została wcześniej szczegółowo omówiona w naszym czasopiśmie.

Ważnym aspektem w projektowaniu i budowie linii są stanowiska załadowcze i rozładowcze linii. Mogą one być niekiedy bardzo skomplikowane, gdy np. na przenośnik poziomy o ruchu ciągłym załadowuje się elementy pionowo z magazynu lub za pomocą windy technologicznej z innej linii, na innym poziomie. Takie urządzenie też opisaliśmy na naszych łamach.

Decyzja o projektowaniu linii i o stopniu jej mechanizacji, automatyzacji czy robotyzacji wynika ze skomplikowanych analiz i obliczeń, w których bierze się pod uwagą wiele czynników, z których końcowym jest obliczenie rentowności zainwestowanego kapitału w linię. W przemyśle motoryzacyjnym te czynniki są determinowane przyjętym taktem fabryki. Przykładowo, gdy co 30 sekund przez całą dobę w trzyzmianowym systemie wyjeżdża z produkcji jeden samochód, to wszystkie stanowiska muszą zmieścić się w tym takcie. Takt zaś wynika z założonego programu rocznego produkcji i z możliwości zbytu produkowanych wyrobów. Oczywiście doprowadzenie technologicznych gniazd i poszczególnych stanowisk do zmieszczenia się w takcie linii nie jest proste. Często więc stosuje się różne kombinacje technologiczne, np. zdwojenie




Przykładowy harmonogram obsługi i wykres zapasów obrotowych dla linii niezsynchronizowanej

lub zwielokrotnienie niektórych stanowisk (także w poszczególnych liniach) czy budowę magazynów buforowych, a czasami wyprowadza się produkcję jakiegoś elementu, np. ściany przedniej pudła karoserii, do innego przedsiębiorstwa – kooperanta.

Przy projektowaniu linii i innych stanowisk oraz gniazd technologicznych mówi się też o rytmie linii. Takt jest jakby pojęciem szerszym i dotyczy bardziej wydziału lub fabryki. Linia jest zsynchronizowana, gdy czas trwania poszczególnych operacji jest w przybliżeniu równy rytmowi linii. Dopuszczalne odchylenie czasu trwania poszczególnych operacji od rytmu linii nie powinno przekraczać +/–10% (w liniach pracujących w większych zespołach produkcyjnych o określonym takcie, dopuszcza się raczej tylko – 10%). Rytm określa wydajność linii oraz poszczególnych stanowisk.

Następną wielkością, którą trzeba obliczyć przy projektowaniu linii, jest zapas technologiczny, tj. liczba przedmiotów niezakończonych, znajdujących się w linii. W liniach zsynchronizowanych na zapas technologiczny składa się zapas operacyjny, transportowy i gwarancyjny. Zapas operacyjny to wyroby znajdujące się na stanowiskach pracy w czasie obróbki lub bezpośrednio do niej przygotowane. Zapas transportowy to wyroby znajdujące się w transporcie, a więc na przenośniku albo na stanowiskach po ukończeniu operacji obróbczej i czekające na transport. Do obliczenia tych zapasów służą odpowiednie wzory matematyczne, które uwzględniają specyfikę różnych wariantów.

Linie niezsynchronizowane charakteryzują się różną wydajnością stanowisk roboczych. Rezygnuje się tam z pełnego wykorzystania czasu pracy pracowników linii na stanowisku. Robotnicy pracują kolejno na kilku stanowiskach linii, albo na różną liczbę zmian. Taki system pracy linii wymaga ścisłych harmonogramów pracy oraz zwiększenia produkcji niezakończonej, co musi być uwzględnione przy obliczaniu ogólnego zapasu technologicznego, który ulega zwiększeniu o tzw. zapas obrotowy. Wielkość zapasu obrotowego zależy od rytmu obsługi, który dobiera się w zależności od rzeczywistych warunków produkcji. Powinien on stanowić wielokrotność rytmu linii. Zapas obrotowy dla linii to zsumowane zapasy obrotowe między operacjami w poszczególnych okresach rytmu obsługi. Zapasy te najkorzystniej jest wyznaczyć wykreślnie na harmonogramie obsługi. W liniach niezsynchronizowanych zapas obrotowy jest dość znaczny. Na ogół pokrywa on wszystkie inne rodzaje zapasów, tak że stanowi jednocześnie całość zapasu technologicznego. Wzory do obliczeń są tu trochę bardziej skomplikowane i zawierają więcej warunków brzegowych. Pominiemy już omówienie innych ważnych

obliczeń, jak np. projektowy współczynnik ciągłości, czy współczynnik wykorzystania, które zostały opisane we wcześniejszych numerach naszego czasopisma, a także obliczanie efektywności, które wymaga szerszego omówienia. Należałoby też uwzględnić w analizie kosztów współczynnik niezawodności, który musi tu być jak najwyższy, a determinuje on zastosowane rozwiązania konstrukcyjne i w sterowaniu, np. zwielokrotnione niektóre obwody sterowania, nawet sześciokrotnie (uszkodzony jeden obwód przejmuje następny i tak pięciokrotnie). Przy projektowaniu i budowie linii technologicznych trudno jest oszczędzać, ponieważ wszystkie elementy powinny być solidne i niezawodne.

Należy też wspomnieć o liniach zmiennych (przezbrajalnych). Linie te przeznaczone są do obróbki kilku, a niekiedy większej liczby przedmiotów, które są konstrukcyjnie podobne, a technologia ich obróbki jest również (przynajmniej częściowo) ujednolicona. Praca tych linii ma najczęściej charakter seryjny. Po obróbce jednej serii przedmiotów następuje przezbrojenie i na linii obrabiana jest seria innych przedmiotów. Potem następuje ponowne przezbrojenie i na linii wykonuje się znów serię przedmiotów pierwszych. Przezbrojeniu podlegają najczęściej narzędzia, przyrządy i sterowanie. Może się zdarzyć, że niektóre narzędzia lub jednostki obróbcze linii nie biorą udziału w drugiej serii obrabianych przedmiotów. Trochę inna jest sytuacja w linii centrów obróbczych, gdzie każde centrum ma własny magazyn narzędzi i własne oprogramowanie, i przezbrajanie może odbywać się automatycznie, po każdym obrabianym przedmiocie. Wystarczy tylko zmienić programy na poszczególnych centrach obróbczych, co może dokonać się automatycznie.

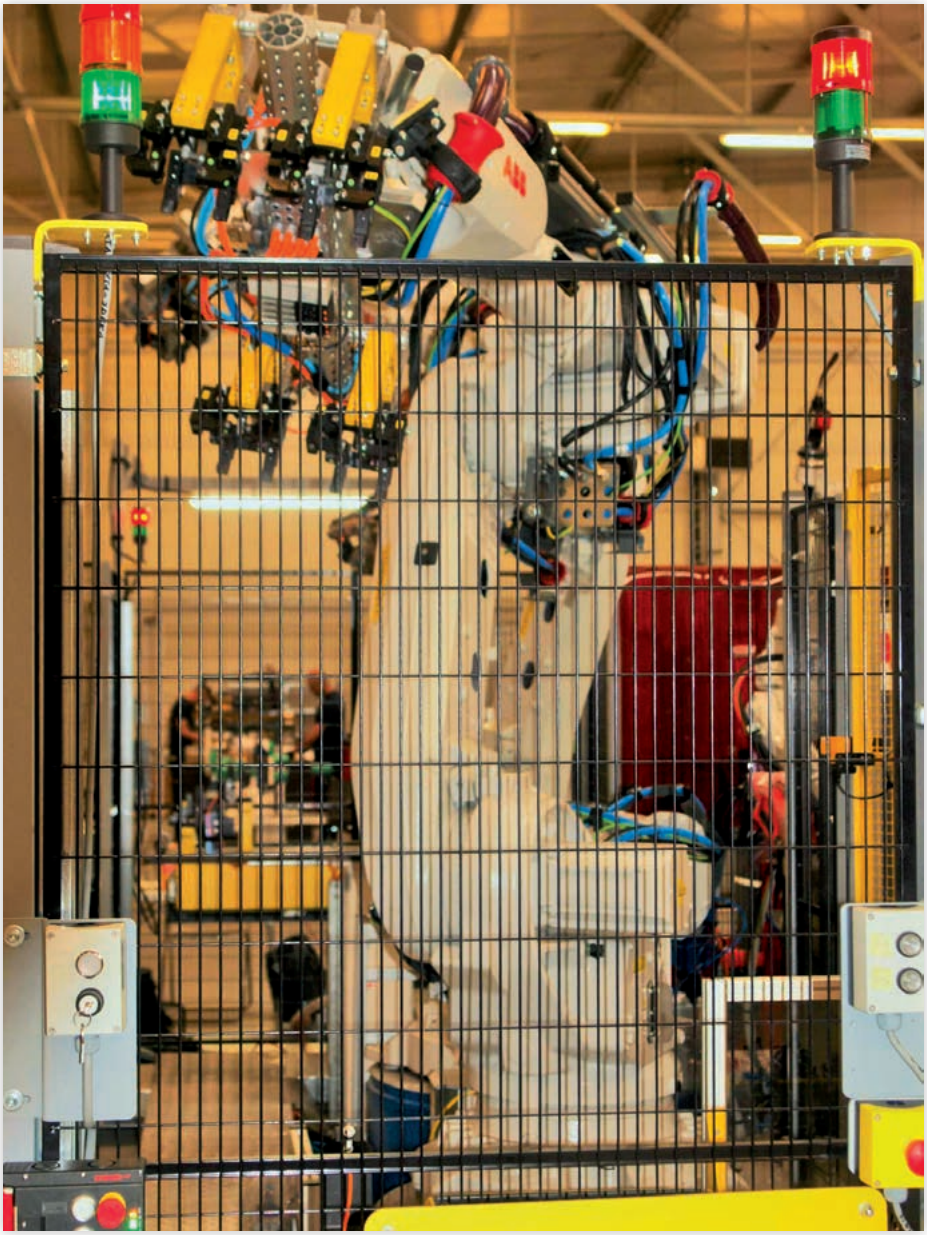
W firmie Taskoprojekt zbudowano kiedyś linię spawania kadłuba nadwozia furgonu. Furgon ten miał aż dwadzieścia cztery odmiany nadwozia (m.in.: furgon tylko towarowy, bez okien za kierowcą, w wersji z pojedynczym oknem za

Roboty linii z aplikacją spawalniczą

kierowcą lub dwoma oknami, w wersji mikrobus i camping). Ściany poprzeczne za kierowcą były pełne, aż do dachu lub tylko do połowy, albo pełne ale z przejściem lub oknem. Była wersja bez dodatkowych drzwi bocznych lub z drzwiami odsuwanymi, pojedynczymi lub podwójnymi, wersja angielska i wiele innych podobnych odmian. Przyrządy spawalnicze na poszczególnych stanowiskach były bardzo skomplikowane i zawierały odpowiedni zestaw baz, docisków i czujników zwrotnie potwierdzających zadaną kompletację dla każdej wersji nadwoziowej. Sygnał odpowiedniej kompletacji dla planowanej wersji nadwozia docierał z komputera sterowania produkcją i wtedy uruchamiał się na odpowiednich stanowiskach linii odpowiedni zestaw baz i docisków oraz czujników, i działały odpowiednie systemy transportowe uruchamiające w magazynach odpowiedni transport blach nadwoziowych w odpowiedniej kompletacji dla zadanego typu nadwozia. Była to też linia przezbrajalna lecz odbywało się to automatycznie. W zasadzie każde nadwozie spośród tych dwudziestu czterech odmian mogło być produkowane na tej linii nie w serii, a kolejno po sobie.

Innym ważnym (prawnym) aspektem w budowie linii jest odpowiedzialność z tytułu przeprowadzenia oceny zgodności linii i wydania deklaracji WE. Z definicji maszyny zawartej w dyrektywie maszynowej wynika, że pod pojęciem linii produkcyjnej lub technologicznej mogą występować następujące przypadki:

- Linia składa się z zespołu maszyn – uniwersalnych lub specjalnych, mających każda swój napęd, swoje sterowanie, odpowiednią dokumentację techniczną wraz z oceną zgodności. Są one zestawione w linię połączoną np. transporterem detali, który również jest osobną maszyną i komunikuje się z poszczególnymi stanowiskami (maszynami) linii poprzez proste sygnały np. start, zatrzymanie.
- Linia składa się z maszyn przewidzianych do podłączenia do systemu napędowego lub częściowo z maszyn uniwersalnych (specjalnych lecz kompletnych)



Robot z chwytakiem transportowym

Części zderzaka podlegające montażowi spawalniczemu do belki zderzaka w linii

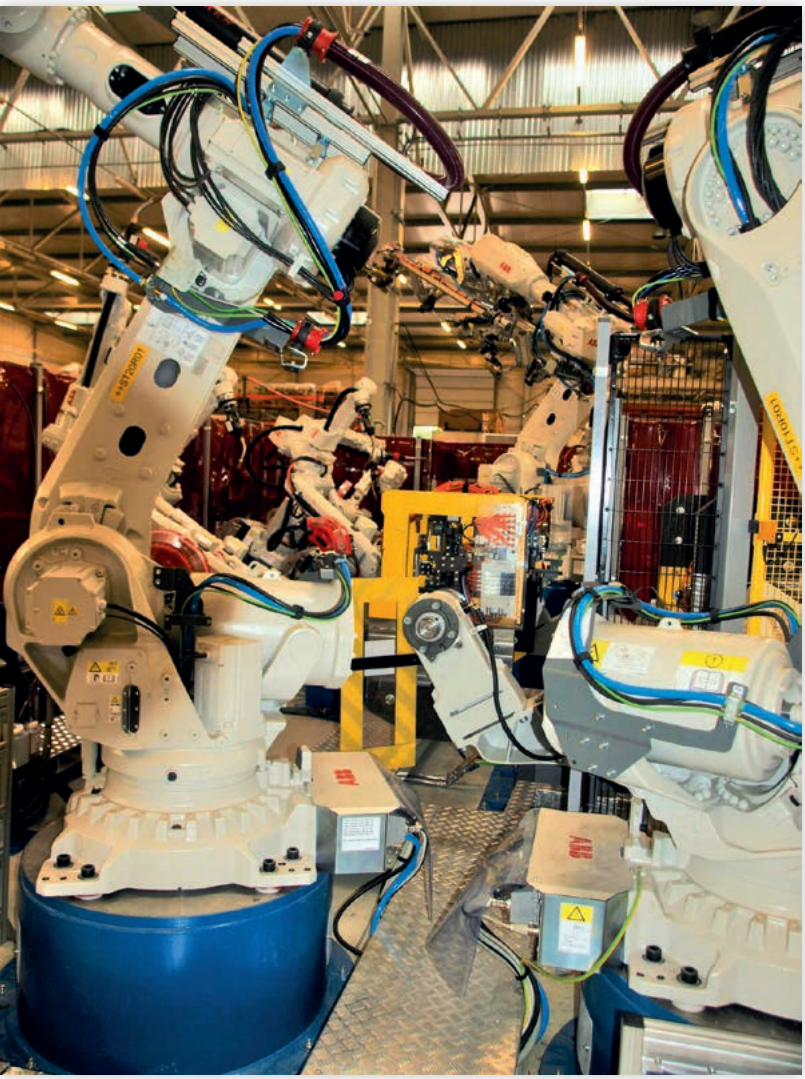
i maszyn przewidzianych do podłączenia do systemu napędowego, co obliguje dostawców takich maszyn do dostarczenia instrukcji dotyczących podłączeń.

- Linia składa się z maszyn przeznaczonych do zainstalowania w budynku lub na konstrukcji. W przypadku zautomatyzowanych linii dotyczy to maszyn takich jak: dźwignice, windy, przenośniki (np. taśmowe) oraz bramy, bramki i drzwi automatyczne, żaluzje itp. z własnym napędem. Dostawcy takich maszyn zobligowani są do dostarczenia deklaracji zgodności wymagań dotyczących budynków i konstrukcji, na których mogą one być zainstalowane, głównie w zakresie obciążeń. Mogą tu też wystąpić kombinacje różnych maszyn innych i przeznaczonych do zainstalowania w budynku lub na konstrukcji i zestawionych w linię.
- Zautomatyzowana linia produkcyjna, będąca zespołem maszyn działających w sposób zintegrowany. Może tu też wystąpić w bardziej skomplikowanych przypadkach zespół zespołów maszyn. Kluczowym w tym przypadku jest wymaganie, że musi być to zespół sterowany w taki sposób, że działa jak zintegrowana całość, co oznacza, że zespoły maszyn tworzą nową maszynę, gdy spełnione są jednocześnie wszystkie następujące warunki:

1. Maszyny są zestawione razem w celu realizacji wspólnej funkcji, np. wytworzenia określonego produktu,
2. Maszyny są połączone funkcjonalnie w taki sposób, że działanie każdej z nich ma wpływ na działanie innej maszyny lub całego zespołu,
3. Maszyny mają wspólny system sterowania lub systemy sterowania poszczególnych maszyn i są połączone razem w jeden, wspólny system.

**Fotografie wykonano podczas prób (tryout) u producenta linii. Składa się ona z dwunastu robotów: trzy roboty wykorzystywane są do transportu, a dziewięć – do spawania. Inne urządzenia linii to: przyrządy z napędem pneumatycznym docisków, stół obrotowy, dwa pozycjonery, trzy zgrzewarki stacjonarne (garbowe), dziewięć spawarek, dziewięć czyszczarek palników, trzy podajniki nakrętek i bolców, stół odkładczy, stacja grawerująca i podajnik taśmowy. Linia ma długość 15 m i szerokość 7 m. Cykl pracy linii jest półautomatyczny.**

Wyjaśnienia wymaga tu pojęcie „wspólny system sterowania" i „zespół sterowany w taki sposób, że działa jak zintegrowana całość". Żeby można mówić o systemie sterowania musi wystąpić układ: regulator



Inny fragment linii

– sterownik – kontroler. W innym przypadku nie ma sterowania. Wszelkie wymiany sygnałów dotyczące zatrzymań lub startów oraz nawet informacje o stanie i położeniu w odpowiednim miejscu, czy stanie wykonania, gdy nie ma elementu regulacji, nie są traktowane jako sterowanie. Nawet układ sterowania, powszechnie nazywany nadrzędnym, jeżeli nie ma wszystkich trzech cech nie jest „wspólnym" systemem sterowania.

Z analizy systemów automatyki wynika również, że maszyny nie są traktowane jak jedna maszyna, gdy są połączone wzajemnie w celu realizacji wspólnej funkcji, ale działają niezależnie. Przykładem może tu być linia maszyn usytuowanych przy wspólnym przenośniku, np. taśmowym lub innym, bardziej skomplikowanym. Każda maszyna kolejno wykonuje swoje funkcje wytwórcze; każda jest też połączona z systemem sterowania przenośnika, tak aby przekazywać informacje o stanie realizacji zakładanych funkcji, np. w celu awaryjnego zatrzymania całej linii lub uruchomienia przenośnika w celu wykonania jego przesunięcia o jeden takt. Jednak maszyny te nie mają wspólnego systemu sterowania, a więc wykonują swoje funkcje niezależnie, pomimo że ich systemy sterowania informują się wzajemnie o stanie realizacji swoich funkcji.

Głównym kryterium jest tu zatem wspólny system sterowania. Jeżeli wspólny system sterowania wykonywany jest przez firmę dokonującą integracji maszyn w jedną całość, to firma ta powinna być traktowana jako producent nowej maszyny i powinna dopełnić formalności związanych z jej oceną zgodności. Natomiast producenci maszyn wchodzących w skład takiego zespołu nadal są zobligowani do wystawienia deklaracji zgodności dla wyprodukowanych maszyn, gdyż najczęściej maszyny te mogą działać samodzielnie, niekoniecznie w zespole z innymi maszynami. Wyjątkiem są tu maszyny nieukończone, dla których producent wystawia instrukcję wbudowania i montażu, oraz oświadczenie, że maszyna nieukończona może być użytkowana po przeprowadzeniu oceny zgodności dla kompletnej maszyny, po wbudowaniu maszyny nieukończonej przez wytwórcę maszyny końcowej.

Ze względu na integratora linii mogą wystąpić przypadki, że integratorem jest inwestor zamawiający poszczególne maszyny i zestawiający je w linię produkcyjną lub wyspecjalizowana firma, która wykonuje wszystkie maszyny sama i zestawia je w linię, albo też kupuje maszyny od różnych dostawców i zestawia je w linię wykonując swoje sterowanie.

Powyższe informacje (podane na podstawie dyrektywy maszynowej i interpretacji CIOP) są też przydatne przy podziale maszyn i zespołów maszyn przy ich wycenie. Można wtedy powoływać się na powyższe definicje.

Maszyną nieukończoną jest robot przemysłowy, który dostarczony przez producenta

robotów nie ma konkretnego zastosowania. Dopiero po zainstalowaniu odpowiedniej aplikacji, np. zgrzewadła, chwytaka, pistoletu malarskiego, czy palnika spawalniczego i zainstalowaniu odpowiedniego programu umożliwiającego jego pracę oraz innych akcesoriów, staje się maszyną wg dyrektywy maszynowej. Robot przemysłowy jest maszyną o specyficznych własnościach, który najczęściej zastępuje wprost pracownika/operatora. W wydziale spawalni wykorzystuje się zrobotyzowane linie spawalnicze do różnych prac spawalniczych, jak spawanie laserowe, zgrzewanie, spawanie łukowe, przygrzewanie kołków, nakrętek i śrub itp. Spawanie jest trudne pod względem technologicznym, mimo prawie stu lat stosowania i obarczone jest pewnym ryzykiem jakości spawania. Dobór metody spawania, odpowiedniego sprzętu i aparatury jest bardzo ważny dla jakości spoin. Również rozpisanie procesu technologicznego na operacje i zabiegi umożliwiające następnie analizy rytmu linii i analizy pracy robotów (w tym odpowiednie możliwości dojścia palnikiem lub zgrzewadłem, w które wyposażono roboty) jest bardzo trudne i wymaga od technologa dużej wiedzy i doświadczenia, mimo że ma on do dyspozycji skomplikowane programy komputerowe wspomagające proces projektowania technologicznego i poszczególnych zrobotyzowanych stanowisk, jak i całej linii spawalniczej.

Przedstawiona w artykule na fotografiach i rysunkach przykładowa zrobotyzowana linia spawalnicza służy do montażu spawalniczego metalowego szkieletu zderzaka samochodu. Fotografie wykonano podczas prób (tryout) u producenta linii. Składa się ona z dwunastu robotów: trzy roboty wykorzystywane są do transportu, a dziewięć – do spawania. Inne urządzenia linii to: przyrządy z napędem pneumatycznym docisków, stół obrotowy, dwa pozycjonery, trzy zgrzewarki stacjonarne (garbowe), dziewięć spawarek, dziewięć czyszczarek palników, trzy podajniki nakrętek i bolców, stół odkładczy, stacja grawerująca i podajnik taśmowy. Linia ma długość 15 m i szerokość 7 m. Cykl pracy jest półautomatyczny, gdyż pracownik/operator na pierwszym stanowisku załadowuje detale do przyrządu i po załadowaniu musi nacisnąć przycisk gotowości. Pozostałe operacje i zabiegi w linii odbywają się już automatycznie. Na końcu pospawany zderzak odbierany jest z linii ręcznie.

Linie spawalnicze wyposażone są w wiele dodatkowych urządzeń, które często stoją poza wygrodzeniem, na zewnątrz linii. Są to w opisanej linii np. magazyny i podajniki nakrętek, szpule i odwijaki z drutem spawalniczym, butle z gazem, urządzenia do odciągu dymów spawalniczych. Na zewnątrz są też szafy i pulpity sterowania elektrycznego.

Przeważnie zrobotyzowane linie spawalnicze w fabrykach samochodów wygrodzone są osłonami z przeźroczystego niepalnego makrolonu, pokrytego transparentną zieloną lub czerwoną folią zatrzymującą szkodliwe promieniowanie od łuku spawalniczego, ale jednak umożliwiające obserwację procesu spawania. Stosuje się też na wygrodzenia linii zrobotyzowanej siatkę drucianą o odpowiedniej, zgodnej z przepisami, wielkości oczek, a w miejscach powstawania łuku spawalniczego kurtynę z czerwonej folii.

Projektowanie i budowa zrobotyzowanych stanowisk, gniazd, a zwłaszcza zrobotyzowanych linii spawalniczych, wymaga dużego doświadczenia i wiedzy z różnych dziedzin techniki. Nie tylko teoretycznej wiedzy i odpowiedniego zestawu procedur projektowania, analizowania i obliczania różnych aspektów późniejszej efektywnej pracy linii, ale też gromadzenia w uporządkowany sposób wiedzy praktycznej, powstającej przy budowie kolejnych linii i uruchamianiu kolejnych technologii spawania.

*Aleksander Łukomski*

Rysunki i fotografie pochodzą z archiwum Taskoprojekt SA

# Elektryka i wodór – przyszłość linii pasażerskich?

**Narastający kryzys w lotniczych przewozach pasażerskich można było zauważyć od dłuższego już czasu. Zakończono produkcję gigantycznego Airbusa A 380, nowe maszyny Boeinga okazały się niedopracowane, a 737 Max wręcz niebezpieczny. Gdy w tym roku na wiosnę uziemiono samoloty pasażerskie, straty linii lotniczych sięgnęły milionów euro dziennie. Równie tragiczna sytuacja panuje wśród wielkich producentów.**

Ryszard Romanowski

Anders Forslund zakładając start-up Heart Aerospace, którego obecna siedziba znajduje się na lotnisku Save w okolicach Goeteborga, już w 2018 roku upatrywał ratunek w tanich przewozach regionalnych. Uważnie obserwował pogłębiający się kryzys i brał pod uwagę uwarunkowania prawne, wynikające m.in. z CORSIA czyli *Carbon Offseting and Reduction Scheme for International Aviation*. Program ten mający na celu głównie redukcję emisji dwutlenku węgla sprawił, że Szwecja zamierza do 2030 roku całkowicie zlikwidować emisje $CO_2$ w komercyjnych lotach krajowych, a Norwegia przedłużyła ten termin o 10 lat.

Czas powstawania samolotu pasażerskiego od projektu do certyfikacji często bywa znacznie dłuższy niż dekada. Pracownicy Heart Aerospace ostro wzięli się do pracy. Efekty można było oglądać na ostatnim salonie lotniczym w Paryżu.

Powstał ES-19. Samolot wykonany całkowicie ze stopów aluminium może zabrać na pokład dziewiętnascie osób. Zoptymalizowane wingletami skrzydła unoszą gondole czterech silników elektrycznych – po dwa na każdym ze skrzydeł. Samolot może wykorzystywać małe lokalne lotniska, które mają pasy startowe o długości min. 750 m. Takich lotnisk jest wiele w okolicach dużych, europejskich aglomeracji. Zasięg samolotu wynosić ma 400 km. Jego prędkość maksymalna to około 460 km/h, a przelotowa 330 km/h. Napędzające go cztery silniki rozwijają moc 400 kW. ES-19 ma zerową emisję $CO_2$ i najmniejszy tzw. ślad infrastrukturalny ze wszystkich środków transportu regionalnego. Wykorzystuje bowiem istniejące

**artykuł dostępny w wydaniu płatnym**

ES-19 na ostatnim salonie lotniczym w Paryżu w 2019 r.

już obiekty dopasowane jedynie w systemy ładowania akumulatorów.

Samolot, w porównaniu do spalinowych maszyn konwencjonalnych, pozwala na 75% oszczędności na kosztach paliwa. Koszty konserwacji są niższe o połowę, a w przypadku silników elektrycznych i układu ich zasilania, monitorowanych elektronicznie, oszczędności sięgają 90%. Ponadto, samolot elektryczny zapewnia nieporównywalny z transportem

Futurystyczna wizja lotu elektrycznego pasażerskiego ES-30 mogą się rozpocząć w 2025 roku

# Symulacja komputerowa

## jako klucz do przeciwdziałania skutkom zdarzeń krytycznych w przemyśle

**Eksplozja oraz inne zdarzenie krytyczne, oprócz zniszczeń, strat materialnych, opóźnień w produkcji i problemów wizerunkowych, wiąże się często z najgorszym scenariuszem: zagrożeniem zdrowia i życia pracowników. Według danych Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej do największej liczby wypadków w pracy dochodzi w firmach z branży przetwórstwa przemysłowego. Właśnie dlatego coraz większą uwagę poświęca się opracowywaniu scenariuszy wydarzeń, aby je przewidzieć i zapobiec ich konsekwencjom. W niniejszym artykule poruszony zostanie temat analizy wybuchu pyłu powstającego z substancji znajdującej się w silosie, co jest zjawiskiem często obserwowanym w tym sektorze.**

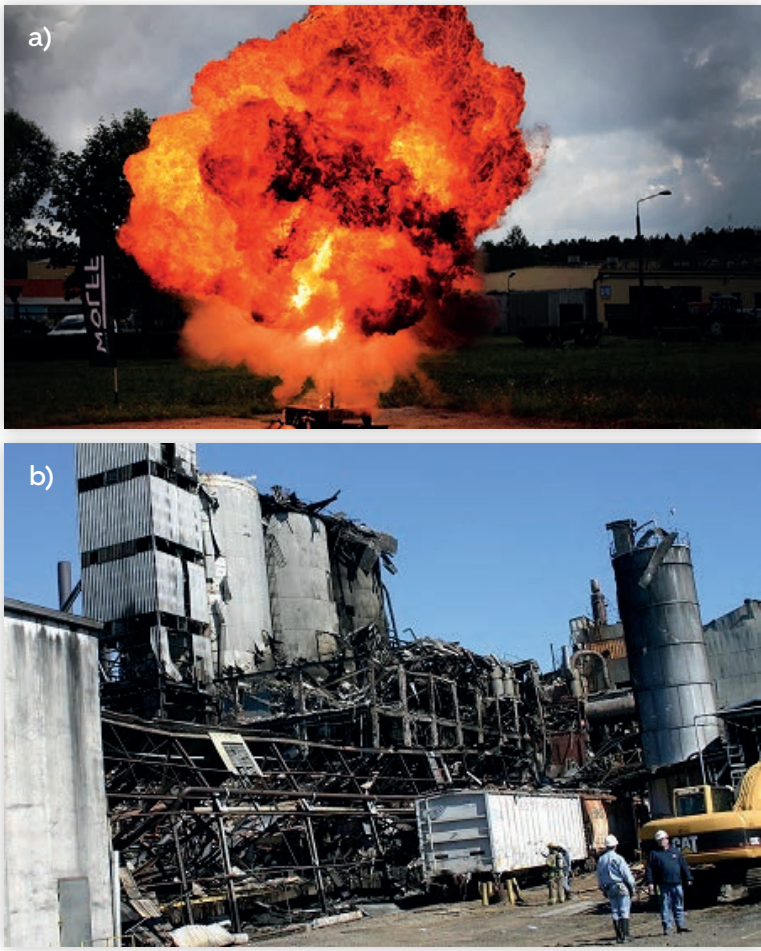
Wojciech Danek

### WPROWADZENIE

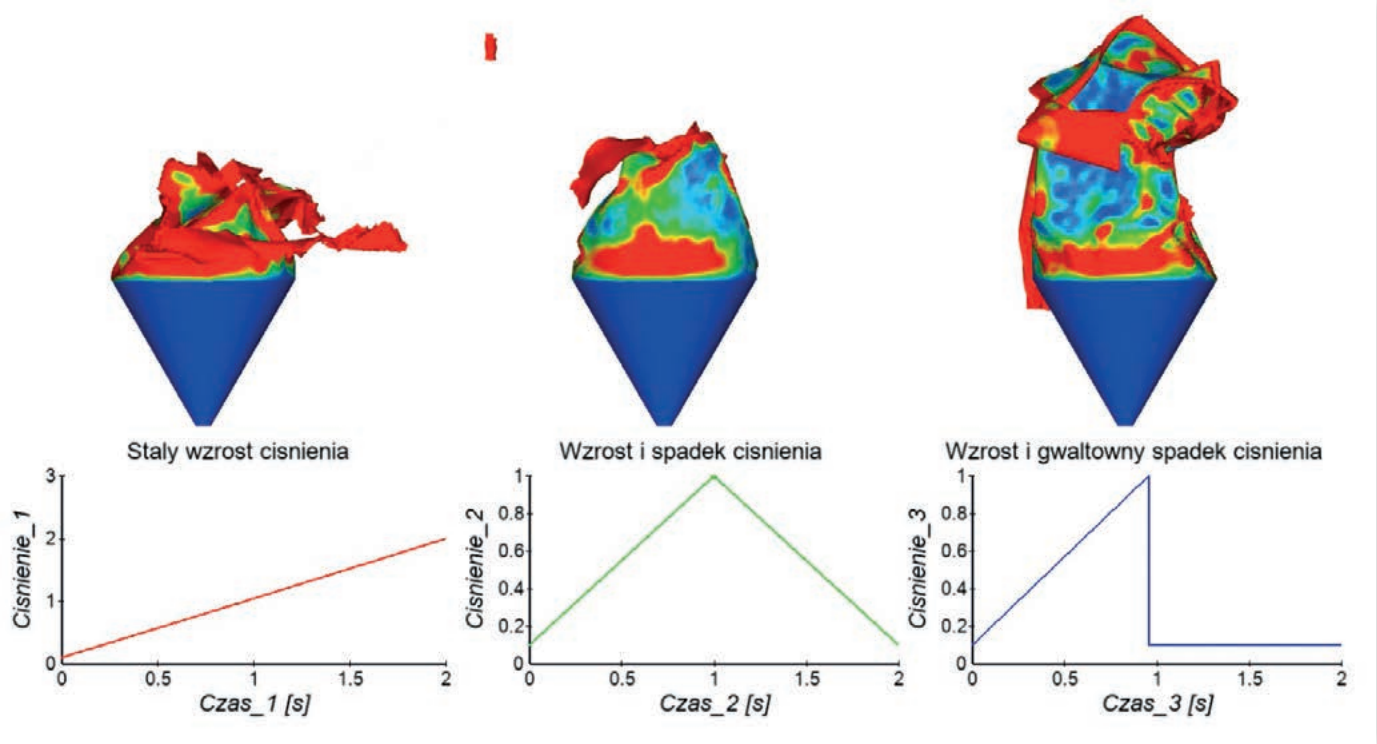
W procesie produkcyjnym stosowane są znaczne ilości substancji, które mogą być łatwopalne, a w konsekwencji wybuchowe. W przypadku cieczy, określenie ryzyka wystąpienia zjawiska związanego z zapłonem jest stosunkowo łatwe. Sytuacja komplikuje się w przypadku pyłów, które mogą powstawać w trakcie procesu produkcyjnego. Obłoki pyłu w kontakcie z elementem inicjującym zapłon (ogień, iskry, gorące powierzchnie, wyładowania elektrostatyczne) mogą prowadzić do egzotermicznej reakcji chemicznej, czyli wybuchu, którego skutki są trudne do przewidzenia. Wymagania stawiane urządzeniom pracującym w obszarach zagrożonych eksplozją określone są w dyrektywie **ATEX** (fr. ***At**mosphères **Ex**plosibles*).

Przykłady wybuchu pyłu węglowego oraz skutki wybuchu pyłu w silosie cukrowni zostały przedstawione na rysunku 1.

Jak widać konsekwencje wybuchu mogą być bardzo poważne, w tym kontekście analiza numeryczna mogąca przewidzieć lub zapobiec różnym scenariuszom wystąpienia




Rys. 1 Przykłady wybuchów oraz ich skutki ; a) wybuch pyłu węglowego (źródło: Grupa – Wolff); b) zniszczenia spowodowane wybuchem pyłu w silosie zakładu produkującego cukier (źródło: Powder&Bulk)




Rys. 2 Wpływ krzywej ciśnienia na uszkodzenie silosa zbożowego

zdarzeń krytycznych jest niezwykle cennym narzędziem.

## SYMULACJA KOMPUTEROWA WYDARZENIA KRYTYCZNEGO

Analiza wpływu wybuchu na otoczenie zostanie przedstawiona na podstawie symulacji eksplozji silosa zbożowego – jest to faktyczny projekt realizowany z Instytutem Bezpieczeństwa Publicznego Ex Solution. Ze względu na kwestie poufności danych przedstawimy tylko poglądowe wyniki, które jednak dadzą pogląd na obecne możliwości modelowania tego typu zagadnień.

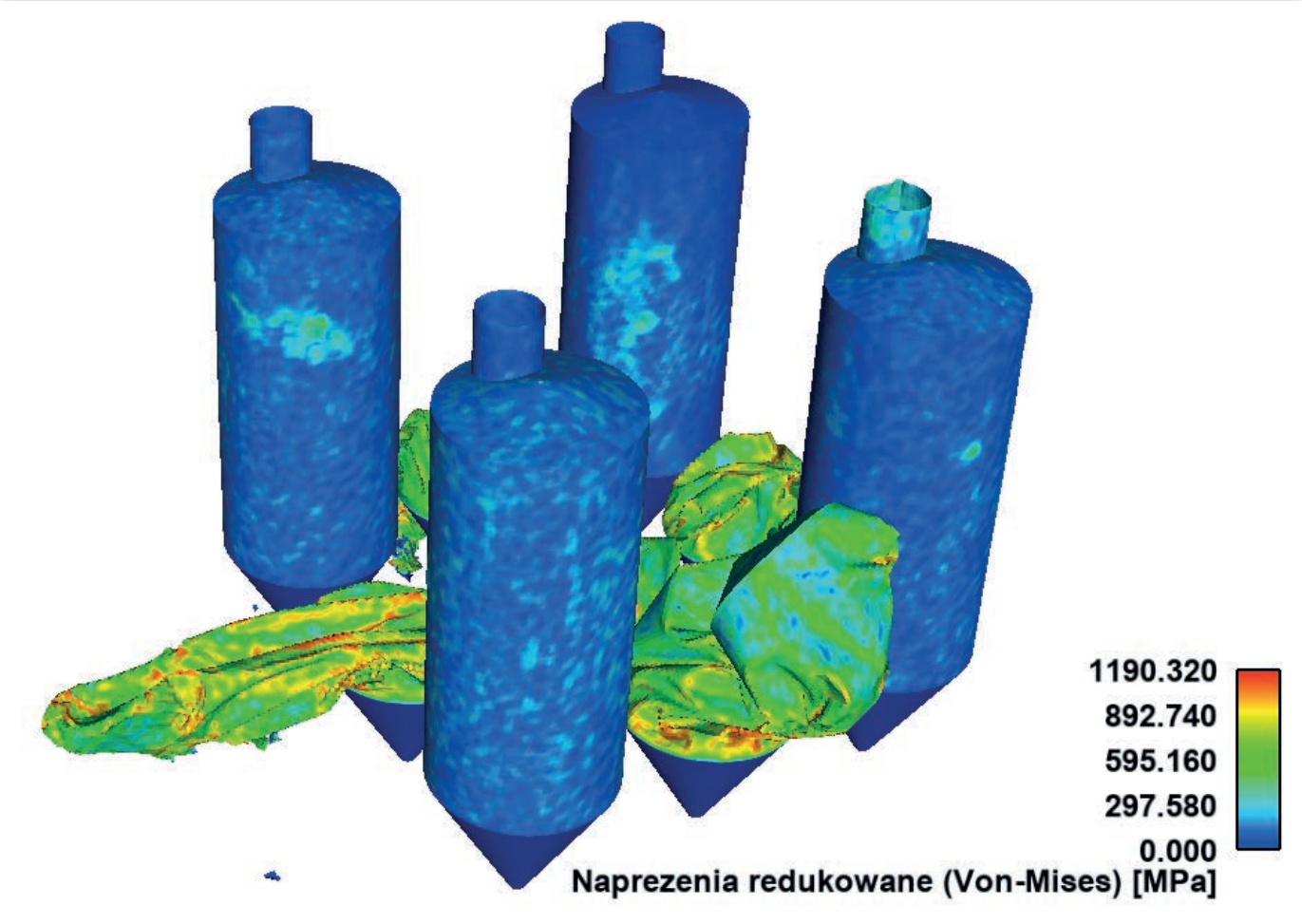
Do zdarzenia doszło w wyniku spalania deflagracyjnego pyłów znajdujących się we wnętrzu zbiornika. Symulację zrealizowano w programie LS-Dyna firmy ANSYS. Oprogramowanie to umożliwia modelowanie różnych zjawisk fizycznych, takich jak: przepływy płynów, mechanika czy elektromagnetyzm. Najbardziej znane jest jednak z symulacji zjawisk szybkozmiennych, do których należą wcześniej wspomniane eksplozje.

Celem przedstawionej analizy jest pokazanie potencjalnych zniszczeń spowodowanych przez wybuch pyłu oraz jego wpływ na pozostałe silosy znajdujące się w pomieszczeniu.

W pierwszym kroku przeprowadzono symulację zniszczenia pojedynczego silosa, bez określania interakcji wybuchu z pozostałymi obiektami. Sprawdzono natomiast wpływ krzywej ciśnienia generowanego na ścianki zbiornika w trakcie wybuchu. Analizę jakościową wyników symulacji wraz z informacjami odnośnie profilu ciśnienia przedstawia rysunek 2.

Na podstawie przeprowadzonych symulacji można określić, że warunek związany z obciążeniem, w tym przypadku ciśnieniem generowanym na ścianki silosa, ma bardzo duży wpływ na uzyskiwane wyniki. Można zaobserwować, iż gdy ciśnienie gwałtownie spadło po rozszczelnieniu silosa, jego zniszczenie było najmniejsze.

Większość silosów wykorzystywanych w przemyśle znajduje się w halach, w których osadzone są również inne zbiorniki. Dlatego niezwykle istotnym zagadnieniem stało się określenie wpływu wybuchu jednego na pozostałe obiekty. Dla potrzeb symulacji założono, że w hali występuje dziewięć zbiorników



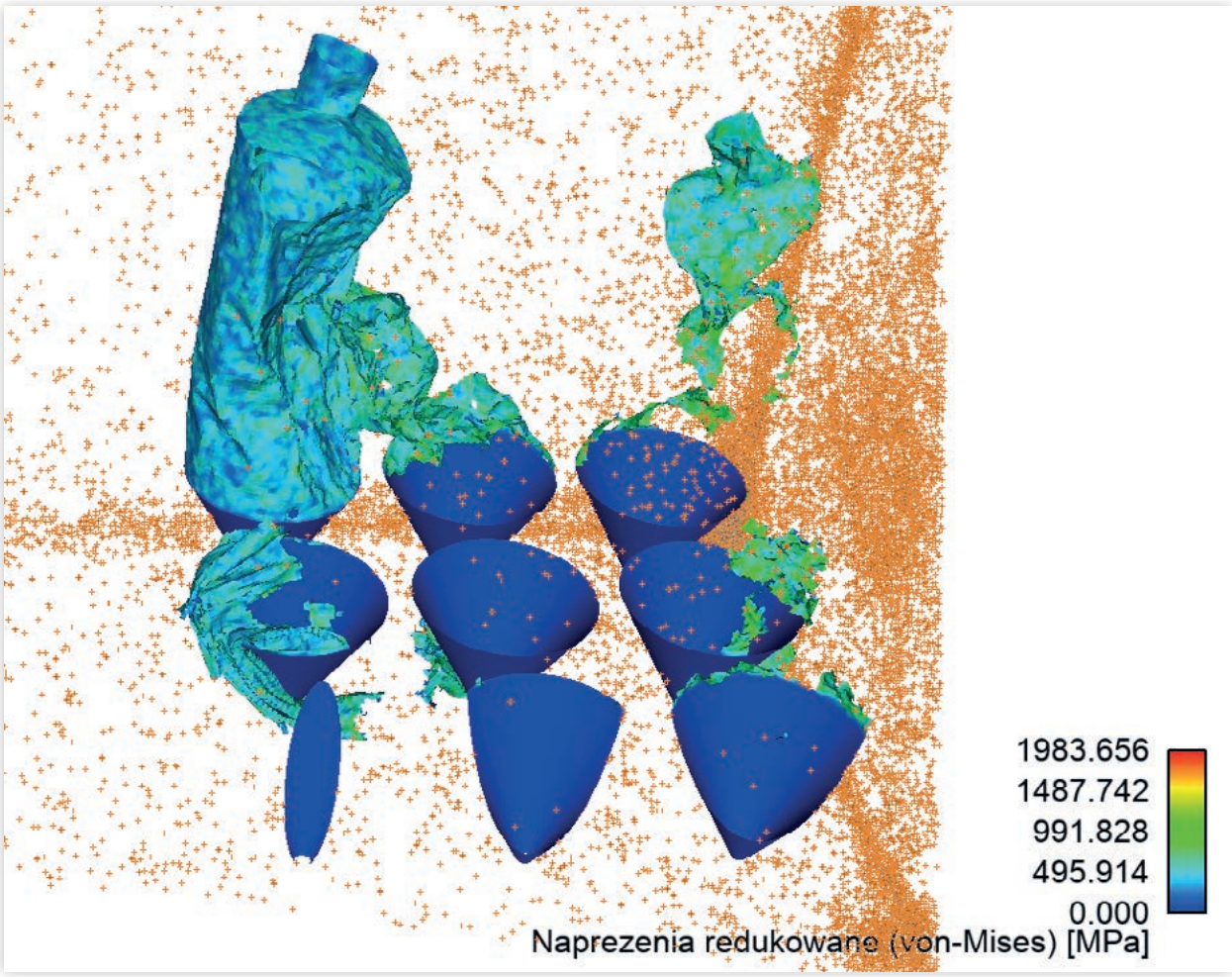

Rys. 3 Wpływ wybuchu silosa na otoczenie

ułożonych w szyku prostokątnym. Silos, w którym doszło do wybuchu, umiejscowiony jest w środku. Rozmieszczenie oraz zniszczenia spowodowane wybuchem przedstawiono na rysunku 3.

Można zaobserwować, że eksplozja doprowadziła do zniszczenia czterech silosów, natomiast pozostałe doznały znacznych uszkodzeń. Widać to na barwnej mapie naprężeń redukowanych według hipotezy Hubera – von-Misesa-Henecky`ego.

W przedstawionych do tej pory symulacjach znajdujący się w silosie materiał sypki uwzględniany był wyłącznie poprzez zdefiniowanie jego masy, która oddziaływała na ścianki obiektu. Takie podejście do problemu może jednak okazać się zbyt dużym uproszczeniem. Dlatego przeanalizowano również wpływ występowania materiału sypkiego w silosie oraz jego oddziaływanie na otaczające go zbiorniki. Do symulacji materiału sypkiego zastosowana została metoda DEM (*Discrete Element Method*). To metoda bezsiatkowa, służąca do symulacji znacznej ilości obiektów, które mogą poruszać się w sposób swobodny. Oprócz zastosowań związanych z rolnictwem, tak jak w tym przypadku – zboża umieszczonego w silosie, jest ona używana także w innych branżach jak: przemysł farmaceutyczny (symulacja mieszania składników leków), chemiczny i logistyka (symulacja transportu materiałów sypkich).

Na podstawie przedstawionej symulacji można zaobserwować, że gdy w zbiorniku został uwzględniony materiał sypki, powstałe zniszczenia były znacznie większe niż w przypadku, przyjęcia wyłączenie masy materiału sypkiego oddziałującej na ścianki silosa. W tym




Rys. 4 Wpływ wybuchu silosa wypełnionego materiałem sypkim na otoczenie

zdarzeniu zniszczeniu uległy prawie wszystkie obiekty, a jeden doznał bardzo dużych uszkodzeń.

## PODSUMOWANIE

Silosy mogą zawierać od 10 do ponad 100 ton ziarna. Wybuch jednego doprowadziłby do destrukcji wszystkich zbiorników, utraty surowca lub gotowego wyrobu i innych zniszczeń w pomieszczeniu. Symulacje numeryczne zjawisk szybkozmiennych takich jak eksplozja, pozwalają na predykcję zachowania konstrukcji w sytuacjach awaryjnych. To coraz szerzej stosowane w polskich firmach rozwiązanie zaczerpnięte od producentów z branży motoryzacyjnej czy lotniczej, gdzie kwestia przewidzenia negatywnego scenariusza zdarzeń jest dosłownie sprawą życia i śmierci.

Wykorzystując te narzędzia producenci mogą projektować konstrukcje odporniejsze na sytuacje krytyczne. Ponadto są w stanie przewidzieć rozwój wypadków, rodzaj szkód oraz zagrożenia dla bezpieczeństwa ludzi i cyklu pracy. Jest to także ściśle powiązane z analizą skuteczności systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych, a w razie wystąpienia zdarzenia, dotarcia do przyczyny wypadku w celu jej eliminacji.

*dr inż. Wojciech Danek*
Application Engineer, Symkom

Dowiedz się więcej na temat symulacji komputerowej na: www.symkom.pl/konferencja2020

# Analiza wyboczenia konstrukcji

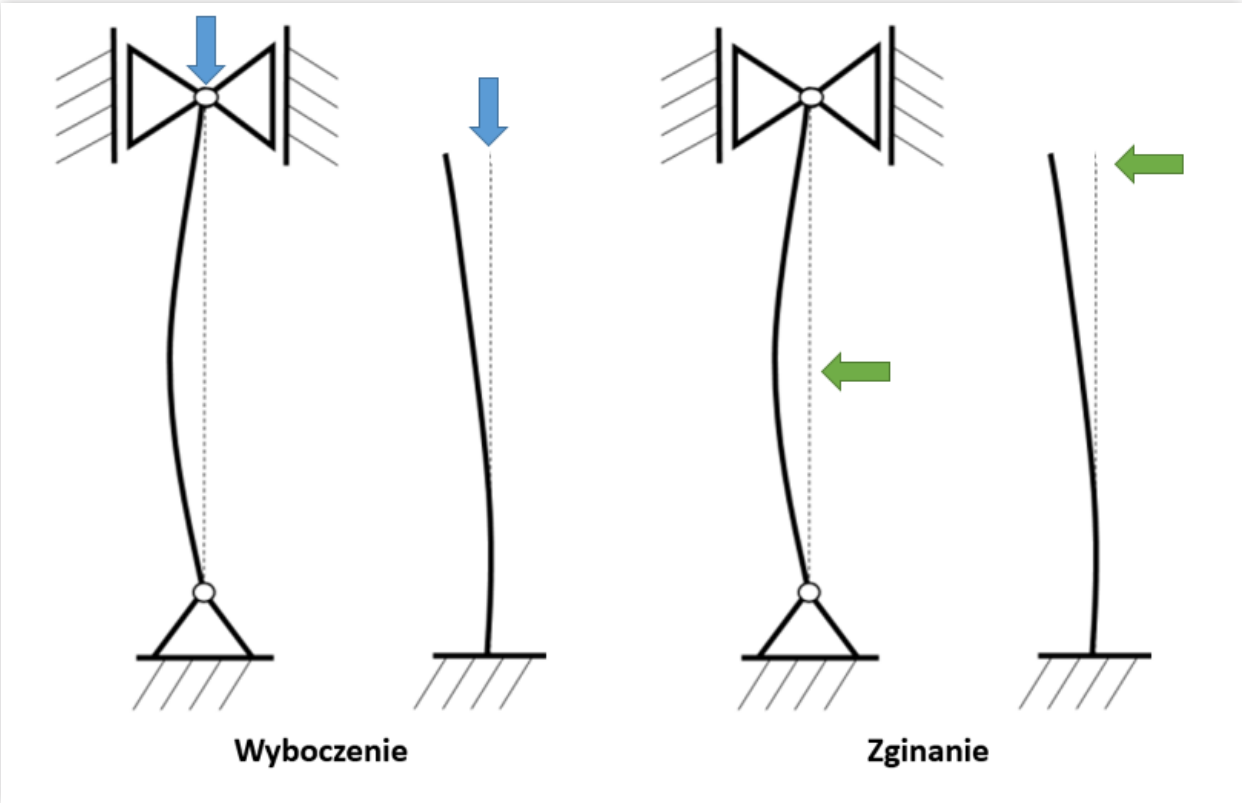
**Myśląc o wytrzymałości materiałów, w bardzo wielu przypadkach zastanawiamy się nad rozciąganiem, ściskaniem lub zginaniem konstrukcji. Dzieje się tak, ponieważ tego typu przypadki są najczęstszymi problemami, z jakimi zmagają się inżynierowie i analitycy podczas projektowania konstrukcji. Jednak oprócz podstawowych problemów, bardzo często podczas analiz strukturalnych, spotkać się można z innymi równie ciekawymi i ważnymi zagadnieniami. Jednym z takich przypadków jest wyboczenie konstrukcji.**

Maciej Majerczak

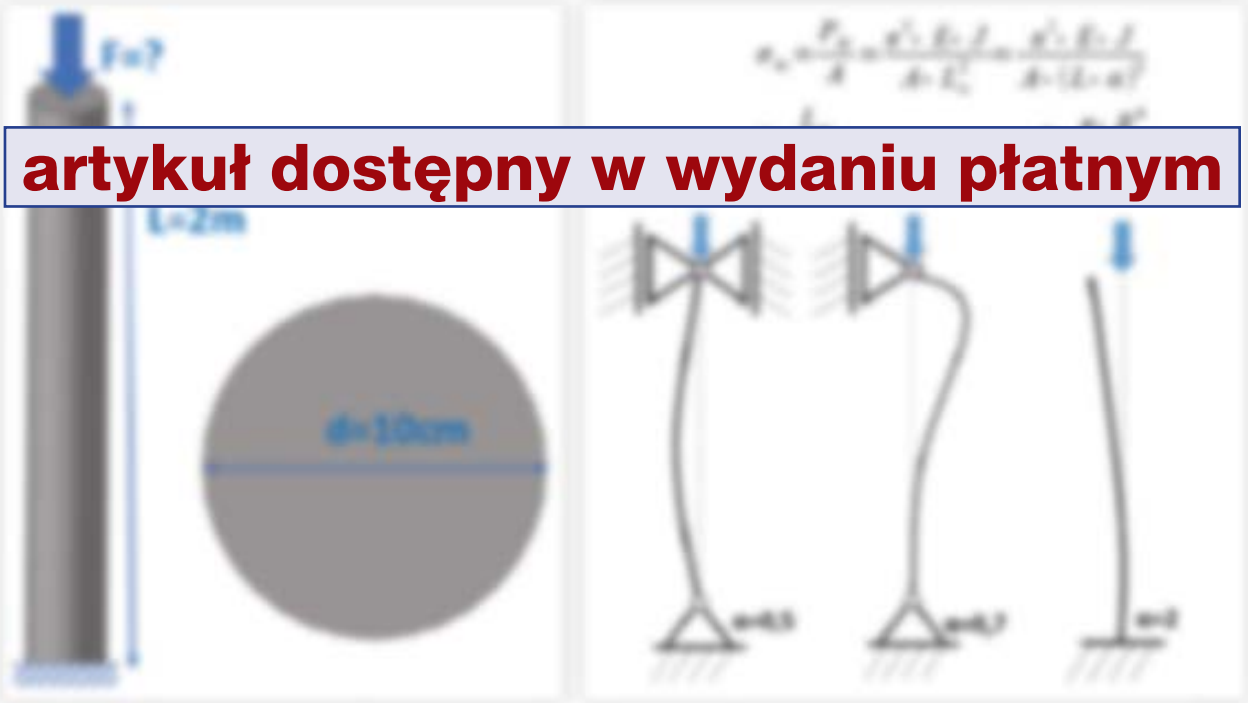
Obserwując kształt wyboczonej konstrukcji, bardzo łatwo można pomylić ten przypadek ze zginaniem. Dla zobrazowania posłużę się ulubionym przykładem inżynierów analityków, czyli prętem pryzmatycznym. Na rysunku 1 przedstawiono analizowany pręt.

Jak łatwo zauważyć na powyższym schemacie, o wyboczeniu mówimy, kiedy aplikowana na konstrukcję siła działa wzdłuż pręta. Natomiast ze zginaniem mamy do czynienia wtedy, kiedy siła działa prostopadle do osi pręta.

Odporność na wyboczenie jest szczególnie ważna dla smukłych konstrukcji, czyli takich, gdzie jeden




Rys. 1 Porównanie przypadku wyboczenia i zginania pręta




artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Rys. 2 Analizowana geometria oraz wzory do obliczeń analitycznych

wymiar jest znacznie większy od dwóch pozostałych. Do obliczeń tego typu struktur, poza wymaganymi parametrami materiałowymi, bardzo ważne są właśnie proporcje geometryczne. Dzieje się tak, ponieważ są to decydujące składowe, mające wpływ na wytrzymałość na wyboczenie. Są to między innymi: długość wyboczeniowa struktury oraz jej momenty bezwładności.

Należy pamiętać, że projektując konstrukcję odporną na wyboczenie, ważne jest, aby wziąć pod uwagę nietypowe przypadki obciążenia konstrukcji. Przykładowo, projektując billboard, podczas obliczeń wyboczenia należy wziąć pod uwagę przypadek, w którym wiatr spowoduje przesunięcie punktu przyłożenia siły ciężkości w stosunku do osi słupa. Wywoła to mimośrodowe działanie siły ciężkości na konstrukcję, a w konsekwencji – znacznie zwiększy niebezpieczeństwo wyboczenia całej struktury.

Jako granicę wytrzymałości na wyboczenie bardzo często przyjmuje się sprężysty zakres odkształceń konstrukcji. Bardzo często po jego przekroczeniu może dochodzić do bardzo dużych zmian w analizowanej konstrukcji – między innymi do zapadnięcia się struktury. Może się to stać, pomimo że siła ograniczająca jest znacznie mniejsza od maksymalnej siły potrzebnej do przekroczenia zakresu plastycznego.

## ANALITYCZNE ROZWIĄZANIE PROBLEMU WYBOCZENIA PRĘTA

Poniżej przeanalizowano prosty przypadek wyboczenia pręta prysmatycznego o długości 2 m oraz średnicy 10 cm. W celu wyliczenia siły krytycznej należy zastosować wzory zawarte na rysunku 2. Pierwszy z nich to równanie Eulera, drugi opisuje smukłość pręta, a trzeci przedstawia zależności w stosunku do bezwładności pręta.

Analizując powyższe wzory można zauważyć parametr μ. Współczynnikiem tym opisuje się sposób zamocowania wyboczanego pręta. Na rysunku 2 przedstawiono również trzy najczęstsze przypadki utwierdzenia konstrukcji i odpowiadające im współczynniki μ. Dla analizowanej konstrukcji przyjęto μ=2. Podstawiając dane do wyżej przedstawionych wzorów otrzymujemy siłę krytyczną równą 635,87 kN. Jest to siła, po przekroczeniu której spodziewamy się wyboczenia analizowanej konstrukcji.

## MODEL OBLICZENIOWY ORAZ ZASTOSOWANE METODY

Wyboczenie konstrukcji prętowej jest bardzo prostym zagadnieniem i sposób analityczny jest w tym przypadku całkowicie wystarczający.

# V8 Gibson Technology

**Najstarszy, rozgrywany od 1923 roku wyścig samochodowy 24h Le Mans, w tym roku odbył się we wrześniu, a nie jak co roku w czerwcu. Ten najtrudniejszy poligon techniczny dla samochodów, gwarantujący niepowtarzalne emocje sportowe, jak dotąd był zwykle zdominowany przez marki wielkich koncernów. W tym roku hybrydowe Toyoty przedzielone zostały przez auta niewielkiego, szwajcarskiego zespołu Rebellion Racing. Jedno z nich dojechało na drugim miejscu, a kolejne na czwartym. W niższych klasach również auta małych teamów pokrzyżowały plany gigantów.**

Ryszard Romanowski

Nie udało się uświetnić rocznicy Porsche, ani dodać kolejnego zwycięstwa do kolekcji Audi Motorsport. Pięćdziesiąt dwa samochody różnych zespołów biorących udział w tym wyścigu napędzane były silnikami Gibson. Już od lat, m.in. dzięki regulaminom FIA, niewielkie firmy reprezentujące bardzo zaawansowane technologie potrafią skutecznie rywalizować z motoryzacyjnymi gigantami. Historia sięga lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy to zatrudniony w Lotusie Mike Costin wraz Keithem Duckforthem założyli firmę Cosworth, specjalizującą się w budowie silników. Zbudowana u schyłku lat sześćdziesiątych ośmiocylindrowa jednostka DFV niemal na dekadę zdominowała wyścigi F-1. Obok incydentalnych przypadków jedynym jej rywalem były silniki Ferrari, używane tylko przez fabryczny zespół, będący wówczas również niewielką manufakturą. Z kolei początki Gibson Technology sięgają wczesnych lat osiemdziesiątych, kiedy to Bill Gibson założył firmę Zytek Engineering. Początkowo zajmowała się ona projektowaniem i produkcją systemów sterowania silnikiem. Już w 1983 roku zbudowano pierwszy w F-1 system cyfrowy dla teamu Toleman-Hart. Wbrew przewidywaniom ekspertów konstrukcja z końca stawki nagle zaczęła się liczyć, a nawet w 1984 roku zawiozła na podium Grand Prix Monaco Ayrtona Sennę. Rozpoczęto również

W tegorocznym wyścigu 24h LeMans auta niewielkiego, szwajcarskiego zespołu Rebellion Racing zajęły drugie i czwarte miejsce. Oba z silnikami Gibson Technology

**artykuł dostępny w wydaniu płatnym**

budowy własnych silników oraz rozwój jednostek hybrydowych i elektrycznych.

Obok Formuły 1 istnieje wiele niższych lecz podobnie szybkich serii wyścigowych. Każdą z nich regulują dokładne regulaminy techniczne. Chodzi m.in. o to, aby bardzo bogaty koncern nie zdominował rywalizacji, co oznaczałoby powolny upadek serii, spowodowany zmniejszeniem jej atrakcyjności, a co za tym idzie – spadek zainteresowania kibiców i sponsorów. FIA i podobne organizacje amerykańskie ogłaszają przetargi dla producentów silników, którzy aspirują do miana oficjalnych dostawców. Takim oficjalnym dostawcą dla Formuły 3000 w roku 1987 został Zytek, a w latach 1996-2004 uzyskał wyłączność. W tym miejscu warto przypomnieć nieco specyfiki silników wyścigowych. Kiedyś mówiło się, że 1000 km rajdu to zużycie odpowiadające 50 000 km normalnego przebiegu samochodu. W wyścigach wartość ta jest znacznie wyższa, bo całą trasę pokonuje się z pełnym otwarciem przepustnicy. Wyścigi długodystansowe, jak np. 24h Le Mans, charakteryzują się pełnym otwarciem na 70%-dystansu. Dochodzą do tego jednak pit-stopy, których silniki nie lubią. Gwałtowne hamowanie, powrót i dynamiczne przyśpieszanie po tankowaniu, serwisie, zmianie opon itp. Silnik musi to wytrzymać. W historii, nie tylko Le Mans, można trafić na wiele samochodów niższych klas, wywodzących się z pojazdów seryjnych, chwalonych za trwałość i osiągi, które już w pierwszych godzinach imprezy były wycofywane z przyczyn technicznych.

Poza trwałością silnik musi oferować najwyższe możliwe osiągi przy jak najniższej masie własnej a do tego rozsądne zużycie paliwa. Silniki Zytek w układzie V8, rozchylone o 90° zbierały laury i cyklwały coraz większe zainteresowanie. Jednocześnie dział „elektryczny" stawał się być najlepszy w dostarczaniu rozwiązań napędów hybrydowych i elektrycznych. Owocem tych działań był pierwszy hybrydowy samochód wyścigowy na torze w Le Mans. Przedtem długo rozwijano napęd hybrydowy we współpracy z marką Panoz. Nadeszły lata współpracy z Toyotą, w 2001 powstał silnik dla Nissana Nismo LMP 2 Le Mans, powstawały jednostki dla Renault Motosport. Silnik ZRS-03 dla Formuły Renault był jednostką czterocylindrową w układzie V, rozchylonej o 90°. Z pojemności 1998 ccm generował 330 KM mocy i 440 Nm momentu obrotowego. Jego masa nie przekraczała 125 kg. W 2014 roku postanowiono skoncentrować się na jednostkach spalinowych i odsprzedano część elektryczną niemieckiemu koncernowi Continental.

# WTRYSK SILIKONÓW stałych i ciekłych

**Elastomery silikonowe są materiałami o unikalnych własnościach użytkowych (m.in. odporność termiczna czy obojętność fizjologiczna). Na rynku znane są jako silikony stałe i ciekłe. Znajdują zastosowania w technice, medycynie oraz w wyrobach codziennego użytku. Innym ich atutem w porównaniu do kauczuków wulkanizowanych jest stosunkowo łatwe i ekonomiczne przetwórstwo metodą wtrysku oraz prasowania (dot. silikonów stałych), mimo że technologia wtrysku często wymaga zwiększonych nakładów finansowych i stawia wysokie wymagania technologiczne. Podobnie jak inne elastomery, silikony (zwłaszcza ciekłe) wykazują dużą adhezję powierzchniową, co pozwala na rozszerzenie zastosowań o techniki obtrysku zaprasek metalowych oraz wtrysku wielokomponentowego.**

Andrzej Zwierzyński

Podstawowym pierwiastkiem w chemii silikonów jest krzem (Si). Naturalnie występuje jako dwutlenek krzemu $SiO_2$ (znany jako kwarc lub krzemionka) i stanowi ok. 25,8% całkowitej masy skorupy ziemskiej. Technologia oparta na bazie krzemu miała swoje początki już w czasach starożytnych (około 3500 lat temu ludzie umieli już zamieniać piasek w szkło). W 1904 r. angielski chemik Frederich Kipping nadał materiałowi nazwę „silikon".

Początkowo silikony zostały uznane za nieprzydatne i dopiero po przeprowadzeniu dokładniejszych badań zostały właściwie ocenione. Produkcję przemysłową elastomerów silikonowych uruchomiono pod koniec lat 40-tych. W 1969 r. Neil Armstrong użył butów z silikonowymi podeszwami podczas pierwszego spaceru po księżycu. Z kolei w roku 1970 opracowano ciekły kauczuk silikonowy. Ważną rolę odegrały silikony w latach 80-tych w rozwoju technologii mikroprocesorowych, chroniąc produkty przed przegrzaniem.

Na początku lat 90-tych powstały pierwsze soczewki kontaktowe wykonane z hydrożelu silikonowego.

Silikony od wielu lat cieszą się dużym zainteresowaniem na rynku. Wynika to z ich unikalnych własności użytkowych, pozwalających na skuteczne zastępowanie kauczuków wulkanizowanych w zastosowaniach technicznych, medycynie, a także w wyrobach codziennego użytku.

Oba rodzaje silikonów można przetwarzać metodą wtrysku. Silikony stałe HTV *(High Trmperature Vulcanizing)*, określane też HCR *(High Consistency Rubber)*, przetwarza się częściej poprzez prasowanie, ale możliwy jest też tradycyjny wtrysk, jak kauczuków wulkanizowanych. Natomiast wtrysk ciekłych silikonów LSR *(Liquid Silicone Rubber)* wymaga specjalnego wyposażenia wtryskarek i dodatkowych peryferiów. Stawia też wysokie wymagania technologiczne oraz wymusza dodatkowe nakłady finansowe, dlatego jest opłacalna dopiero przy długich seriach. Technologia wtrysku ciekłych silikonów jest też nazywana LIM *(Liquid Injection Molding Elastomer).*

Podobnie jak inne elastomery, silikony (zwłaszcza ciekłe) wykazują dużą adhezję powierzchniową, a zatem zdolność łączenia z innymi materiałami (metalami, termoplastami), co pozwala rozszerzyć zastosowania o techniki obtrysku zaprasek metalowych oraz wtrysk wielokomponentowy.

## CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁOWA

Kauczuki silikonowe to elastomery zawierające krzem połączony z innymi cząsteczkami (węgiel, wodór, tlen, azot, siarka, fosfor, fluor, chlor, bor, tytan, cyna, glin, cyrkon, rzadkie ziemie) zwiększane z krzemem (metyl, winyl, fenyl, trifluoropropyl lub inne).

artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Właściwości zależą od grupy organicznej. Silna struktura chemiczna Si-O i wysoka energia wiązania nadają elastomerom silikonowym wyjątkowe właściwości użytkowe (energia wiązania – Si-O-Si jest wyższa niż wiązania C-C). Kluczowe właściwości kauczuków silikonowych to:

- szerki zakres temperatur pracy (doskonała odporność termiczna i termooksydacyjna, od -50 °C do 250 °C, zależnie od czasu eksposycji),
- doskonała odporność na warunki atmosferyczne (tlen, ozon i światło),
- odporność na promieniowanie elektromagnetyczne, promienie UV, alfa, beta i gamma,
- niska toksyczność (obojętność fizjologiczna),
- elastyczność w niskich temperaturach (niska temperatura zeszklenia Tg),
- przejrzystość optyczna,
- dobre właściwości izolacyjne,
- niska reaktywność chemiczna,
- odporność na ścieranie,
- wysoka biokompatybilność,
- dobre właściwości mechaniczne (wytrzymałość na rozdzieranie, wydłużenie)
- odporność na pęczenie.

Wyroby silikonowe narażone na działanie wiatru, deszczu i promieni UV, nawet przez długi czas, nie wykazują zmian we właściwościach fizycznych.

Szczególne cechy silikonów wynikają z unikatowej struktury molekularnej, która może mieć właściwości nieorganiczne i organiczne. Oprócz struktury molekularnej, innym czynnikiem klasyfikującym kauczuk silikonowy są lepkość i metoda

mach:

- Stały kauczuk silikonowy HTV/HCR – wulkanizowany w wysokiej temperaturze; zawiera polimer o wysokiej masie cząsteczkowej i stosunkowo długim łańcuchu; dostępny w nieutwardzonej formie i wymagający tradycyjnych technik obróbki, jak guma (kauczuki wulkanizowane).
- Płynny kauczuk silikonowy LSR – zawiera polimer o niższej masie cząsteczkowej (a tym samym krótsze łańcuchy); ma lepsze właściwości płynięcia, przetwarzany jest na specjalnie przystosowanych wtryskarkach.
- Kauczuk silikonowy RTV (*Room Temperature Vulcanized*) – wulkanizowany w temperaturze pokojowej; wykonany z systemów jednoskładnikowych (RTV-1) lub dwuskładnikowych (RTV-2); dostępny w całkowicie twardości od bardzo miękkich do średnich w postaciach do zalewania, kapsułkowania, uszczelniania itp.; to najbardziej znana forma z życia codziennego, np. napraw i remontów domowych.

LSR jest materiałem wrażliwym na ścinanie (lepkość w dużym stopniu zależy od prędkości ścinania – spadek lepkości ze wzrostem szybkości ścinania). Przy wtryśku jest to zaleta, ponieważ gniazda mogą zostać łatwo wypełnione, nawet przy bardzo cienkich ściankach i stosunkowo niskim ciśnieniu wtryśku. Lepkość jest często od 10 do 100 razy mniejsza, jak w stacji dowożącej (pompach).

Klasyfikacja materiałowa [5]

# Rakieta na dwóch kołach, czyli Ducati Superleggera V4

**Konstruując najnowszą superlekką maszynę, która może poszczycić się imponującym współczynnikiem mocy do masy 1,54 KM/kg, inżynierowie Ducati nie tylko zbudowali najszybszy dopuszczony do ruchu po drogach publicznych jednoślad, ale też właściwie zdefiniowali na nowo pojęcie supermotocykla.**

Jacek Zbierski

Superleggera jest – zdaniem jego twórców – najmocniejszym, najszybszym i najbardziej zaawansowanym konstrukcyjnie, produkowanym seryjnie motocyklem na świecie. Jednak jak na supermotocykl przystało, z zakładów Borgo Panigale w Bolonii wyjedzie jedynie krótka seria 500 jednośladów, z których każdy będzie oznaczony unikalnym numerem xxx/500, wygrawerowanym na kierownicy. Superleggerę wyceniono na ok. 100 tysięcy dolarów, czyli mniej więcej tyle, ile kosztuje podstawowa wersja Porsche 911. Motocykle będą dostarczane w drewnianych skrzyniach, zawierających także zestaw wyścigowy: zamienny wyścigowy układ wydechowy firmy Akrapovič, otwartą osłonę sprzęgła z włókna węglowego, pokrywę wahacza z włókna węglowego z tytanowym suwakiem, elektroniczny moduł Ducati Data Analyzer + GPS, wyścigowy korek wlewu i inne akcesoria przydatne do przygotowania maszyny do jazdy na torze. Taki zestaw pozwala dodatkowo zwiększyć moc motocykla o 10 KM i obniżyć jego masę o prawie 7 kg w stosunku do konfiguracji drogowej.

## SUPERLEGGERA CZYLI SUPERLEKKI

Konstrukcyjnie motocykl bazuje na modelu Panigale V4, który inżynierowie Ducati dokładnie przeanalizowali pod kątem możliwości drastycznego

obniżenia masy pojazdu. Przy budowie Superleggery wykorzystano rozmaite metody redukcji masy podzespołów, od zastosowania lżejszych odpowiedników, np. tytanowych śrub w zespole silnika, przez pocienienie i perforację ścianek metalowych części, po całkowite przeprojektowaniu całych podzespołów, takich jak pompa oleju. W samym tylko silniku Desmosedici Stradale R przekonstruowano 42% z około 600 części, osiągając oszczędność 2,8 kg w stosunku do konfiguracji z Panigale V4, uzyskując najmocniejszy i zarazem najlżejszy silnik w tej kategorii. Cały motocykl waży na sucho 16 kg mniej od pierwowzoru, a różnica ta wzrasta dodatkowo po zamontowaniu zestawu wyścigowego z układem wydechowym Akrapovič'a zbudowanym z tytanu, który zapewnia dodatkowe 6 kg oszczędności masy.

Silnik Desmosedici Stradale R i jego tytanowe śruby

Struktura nośna motocykla, w tym rama, rama pomocnicza, wahacz, a także obręcze kół zostały wykonane z karbonu

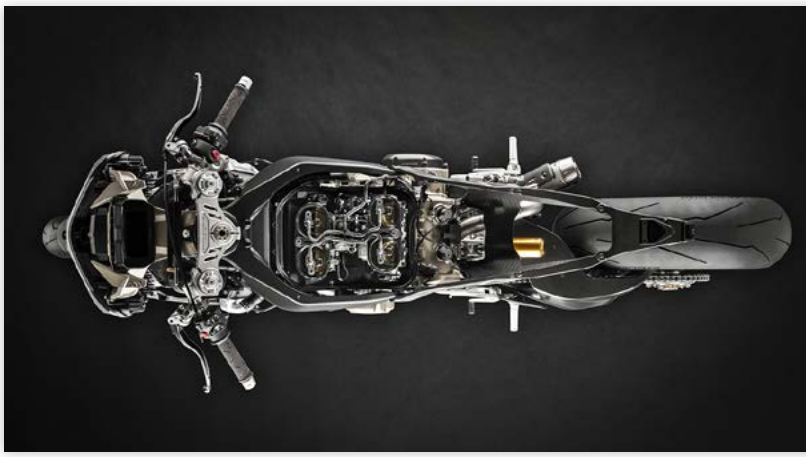
Tym, co czyni Superleggerę V4 naprawdę lekką i wyjątkową, jest fakt, że cała jej struktura nośna, w tym rama, rama pomocnicza, wahacz, a także osłony, elementy aerodynamiczne i obręcze kół, zostały wykonane z kompozytu wzmocnionego włóknami węglowymi, pozwalając zaoszczędzić 6,7 kg masy w porównaniu do Panigale V4. Kompozytowe elementy strukturalne w pojeździe tej klasy muszą być jednak nie tylko lekkie, ale też niezwykle wytrzymałe. Każdy z tych elementów przed montażem końcowym przeszedł rygorystyczną kontrolę wg standardów lotniczych, w tym badanie tomografem komputerowym trójwymiarowej struktury wewnętrznej, skanowanie ultradźwiękowym defektoskopem z głowicą fazową oraz badanie termowizyjne metodą termografii aktywnej, w poszukiwaniu

Skrzydełka aerodynamiczne przy prędkości 270 km/h generują 50 kG siły docisku, z której 80% trafia na przednie koło

potencjalnych delaminacji kompozytu. Styliści zdecydowali, że ‘czarne złoto”, jak czasem nazywa się kompozyty węglowe, doskonale harmonizuje z tradycyjną, krwistą czerwienią Ducati i efektownie kontrastuje z białymi akcentami, dlatego elementy karbonowe pozostawiono odsłonięte i doskonale widoczne już na pierwszy rzut oka. Supeleggera jest więc motocyklowym odpowiednikiem Lamborghini Sesto Elemento i stanowi swego rodzaju karbonowy manifest, który może być wyznacznikiem kierunku, w jakim podąży rozwój jednośladów w kolejnej dekadzie.

## DWUPŁATOWY... MOTOCYKL

Podwójne skrzydła aerodynamiczne po każdej stronie motocykla wywodzą się z motocykli Ducati, biorących udział w wyścigach klasy MotoGP w sezonie 2016. Po tym jak w 2017 roku regulamin zawodów ograniczył ich stosowanie, inżynierowie Ducati postanowili kontynuować prace nad ich konstrukcją, uwzględniając ją w projekcie supermotocykla nr 1708, który z czasem przyjął obecną postać, jako Superleggera V4. Zastosowano dwie pary skrzydeł, spełniających swoją rolę zarówno podczas sprintów po prostej, jak i w pochyleniu na zakrętach. Górny płat charakteryzuje się zakrzywioną krawędzią natarcia i grzebieniami aerodynamicznymi. Dolny płat wyposażono w profilowane winglety i szczeliny rozszczepiające opływ krawędzi spływu, niczym klapy w samolotach. Tak skonstruowane skrzydła przy prędkości 270 km/h generują 50 kG siły docisku, z której 80% trafia na przednie koło.



Superleggera w tunelu aerodynamicznym. Widoczne smugi farby Flow-Viz, obrazujące przepływ powietrza

## OSIĄGI

Wyposażona w silnik Desmosedici Stradale R z rozrządem desmodromicznym, o zaworach sterowanych krzywkami, w układzie V4, z kątem rozwarcia cylindrów 90°, Superleggera rozwija moc 224 KM przy 15,250 rpm. Z zastosowaniem wyścigowego układu wydechowego moc wzrasta do 234 KM przy 15,500 rpm. Producent nie podaje dokładnych danych o osiągach motocykla, możemy jednak domyślić się, co oznacza taka moc w jednośladzie ważącym na sucho 159 kg w konfiguracji dopuszczonej do poruszania się po drogach publicznych i zaledwie 152 kg z zestawem wyścigowym. Alessandro Valia – kierowca testowy Ducati – podczas prób Superleggery na torze Mugello zanotował czas okrążenia 1'52.45, był więc niewiele wolniejszy od Michele Pirro, który na tym samym torze, za kierownicą Panigale V4 R SBK wygrał w bieżącym roku wyścig w ramach Mistrzostw Włoch CIV, notując średni czas okrążenia 1'51.26.

– *To co mnie zadziwia, to uczucie bezpieczeństwa, które zapewnia motocykl. Mimo robiącego wrażenie współczynnika mocy do masy, pozostaje zwinny i intuicyjny. To naprawdę motocykl stworzony by umożliwić kierowcom wykazanie się, najlepiej jak potrafią* – powiedział Valia.

## PODSUMOWANIE

Superleggera V4 wydaje się więc być prawdziwym supermotocyklem, łączącym możliwości techniczne rodem z MotoGP i przyjemność z jazdy, poszukiwaną przez amatorów motocyklizmu. Szereg innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych, zastosowanych przy jej budowie wykracza poza ramy wyznaczone przez regulaminy wyścigów i wyznacza nowe standardy w klasie supermotocykli. Być może, jako karbonowy i aerodynamiczny manifest Ducati, Superleggera V4 przyczyni się do upowszechnienia tych rozwiązań nie tylko na torach wyścigowych, ale i na drogach. Ciekawe, czy któraś z pięciuset maszyn tego modelu trafi do Polski?

*Jacek Zbierski*

*www.ducati.com*

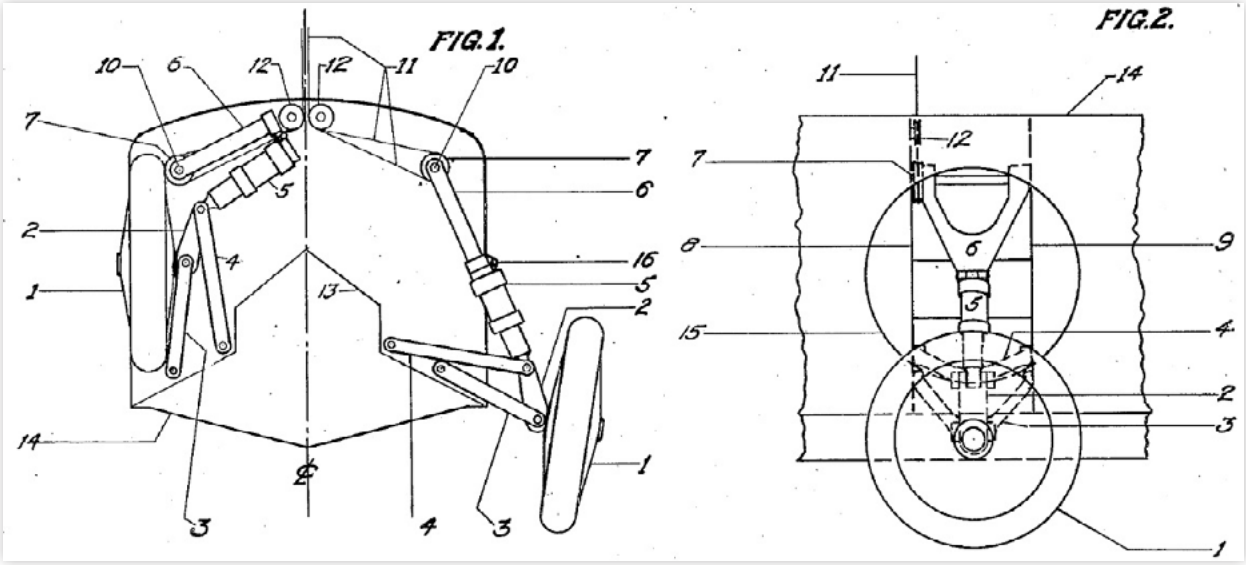
# Podwozie kołowe chowane w pływakach wodnosamolotów cz. 2

Jakub Marszałkiewicz

## WYBRANE PATENTY ZAKŁADÓW GRUMMAN AIRCRAFT ENGINEERING CORPORATION

Zakłady Grumman rozpoczęły działalność w styczniu 1930 r. Początkowo firma zajmowała się spawaniem aluminiowych profili dla przemysłu motoryzacyjnego, a jednocześnie próbowała nawiązać współpracę z marynarką wojenną US Navy. Projekt pływaków z chowanym podwoziem był pierwszym kontraktem zrealizowanym dla tej instytucji. Był to początek działalności zakładów Grumman w zakresie lotnictwa. Krótko potem opracowano pierwszy samolot Grummana dla marynarki. Był to myśliwiec z chowanym podwoziem Grumman FF-1.

W 1930 r. L. R. Grumman zgłosił patent US 1,859,624 na podwozie składane w pływakach (Rys. 12)[1]. Składało się ono z goleni, podzielonej na kilka składanych segmentów, z których jeden (oznaczony numerem 6) podczas chowania podwozia był przyciągany do rolki 12 za pomocą cięgien 11. Po złożeniu podwozia zewnętrzna część koła nie była pokrywana żadną osłoną, ale była całkowicie odsłonięta i stanowiła jakby część pokrycia samolotu[2]. W praktyce do napędu tego urządzenia stosowano głównie siłowniki hydrauliczne (PBY Catalina). Pierwszym samolotem, w którym zastosowano ten patent w praktyce była łódź latająca Grumman JF Duck z 1933 r . Jej kadłub stanowił formę pośrednią, między typową łodzią latającą, gdzie pływak




Rys. 12 Rysunki z patentu Grummana US 1,859,624, Retractable landing gear for airplanes

[1] L. R. Grumman, Retractable landing gear for airpanes, patent US 1,859,624, zgłoszony 25.02.1930, udzielony 24.05.1932 r.

[2] Koncepcję koła, które po złożeniu nie jest niczym przykrywane, ale stanowi jakby część pokrycia samolotu wykorzystano po wojnie w samolocie komunikacyjnym Boeing 737.

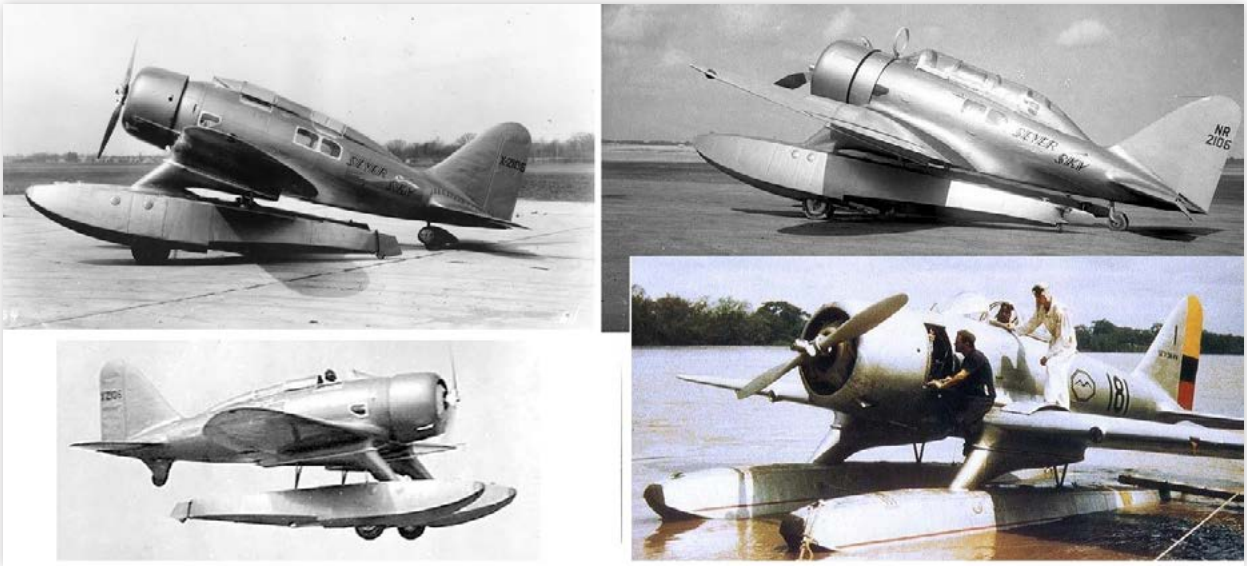
Rys. 13 Samolot morski Grumman J2F Duck z chowanym podwoziem, według patentu US 1,859,624, Retractable landing gear for airplanes.

– część „pontonowa" jest integralną częścią kadłuba, a wodnosamolotem, gdzie kadłub jest wyraźnie oddzielony od pływaków. W JF Duck kadłub teoretycznie jest oddzielny, ale jego łącznik z pływakiem jest na tyle duży, że można ten samolot potraktować jako łódź latającą. Jej wersja rozwojowa J2F Duck (Rys. 13) miała ten łącznik jeszcze większy. Następnie wspomniany patent na chowane podwozie zastosowano także w samolotach kołowych, jak myśliwce Grumman FF, F2F, F3F i F4F Wildcat, a także w łodzi latającej PBY Catalina.

## WYBRANE PATENTY ZAKŁADÓW SEVERSKY AIRCRAFT (REPUBLIC AVIATION CORP.)

Aleksander Prokofiew Nikołajewicz Siewierski w czasie I wojny światowej służył w lotnictwie carskiej Rosji

Rys. 14 W patencie US 1,859,624 Retractable landing gear for airplanes po złożeniu podwozia zewnętrzna część koła nie była pokrywana żadną osłoną, ale była całkowicie odsłonięta i stanowiła jakby część pokrycia samolotu (zdjęcia u góry – PBY Catalina, F4F Wildcat oraz J2F Duck). Podobną koncepcję wykorzystano po wojnie w samolocie komunikacyjnym Boeing 737 (zdjęcia na dole).



Rys. 15 Seversky SEV-3 z pływakami pochylonymi pod kątem do operowania z ziemi oraz z pływakami w pozycji poziomej, co umożliwiało operowanie z powierzchni wody

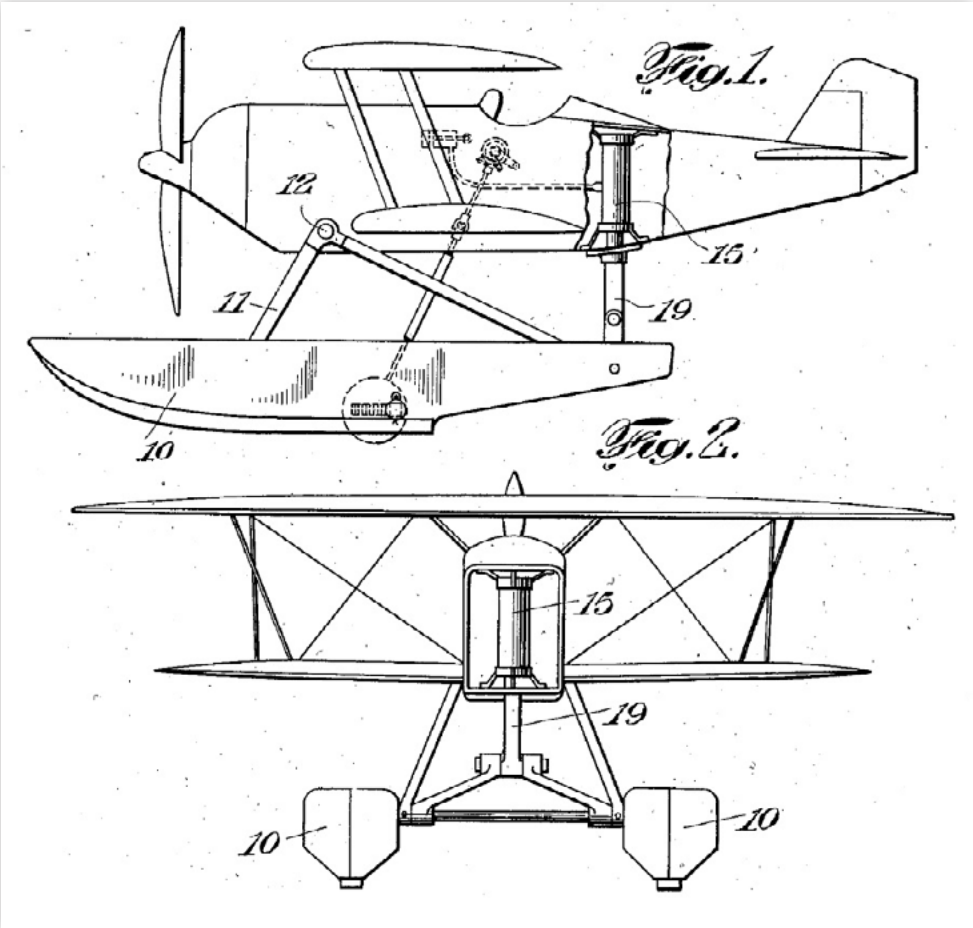
jako pilot myśliwca. W marcu 1918 r. został wysłany jako attaché do USA, gdzie pozostał na zawsze. W 1931 r. założył zakłady Seversky Aircraft Company, w których zatrudniał m.in. imigrantów z Rosji i Gruzji, w tym Michaela Gregora oraz Aleksandra Kartveliego, którzy opracowali dla Siewierskiego wiele projektów. We wrześniu 1939 r. zakłady zmieniły nazwę na Republic Aviation Corporation. Pierwszym większym sukcesem był wygrany konkurs na dostawy myśliwców Seversky P-35 dla armii USA w 1936 r[3]. Konstrukcją bardzo do niego zbliżoną był Seversky SEV-3 z 1933 r. (Rys. 15), który w wersji pływakowej posiadał koła lekko wystające poza obrys dolnej części pływaków oraz regulowany kąt pochylenia pływaków, co ułatwiało operowanie samolotu z baz lądowych. Zakładano także, iż w razie awaryjnego lądowania na lądzie, nadmierna siła od mocnego przyziemienia zostanie częściowo odebrana przez koła, a następnie, po przekroczeniu pewnej wartości ciśnienia, w amortyzatorach hydraulicznych otworzą się zawory bezpieczeństwa, koła schowają się do pływaków, a resztę energii odbiorą pływaki, działając przy tym jako coś w rodzaju sań oraz zgniatanej poduszki[4]. Poza tym, pływaki miały małe stery, połączone z niewielkimi kółkami, którymi można było zmieniać kierunek zarówno podczas poruszania się po powierzchni wody oraz kołując po ziemi.

Seversky opisał wspomniane tu rozwiązania w kilku patentach. Pierwszym z nich był patent US 1,963,630 z 1934 r[5]. Przedstawia on sylwetkę samolotu przypominającego myśliwiec Curtiss F6C Hawk II, aczkolwiek prawdopodobnie nie był on na nim nigdy zastosowany. Patent zakłada instalację siłownika za kabiną pilota, który sterowałby kątem pochylenia pływaków. W pływakach zainstalowanoby koła z amortyzatorami hydraulicznymi lub/oraz sprężynowymi.

[3] Dalekim rozwinięciem P-35 był słynny myśliwiec Republic P-47 Thunderbolt, który wszedł do służby w 1941 r. K. Luto podaje: „W maju 1939 r. A. P. de Seversky, złożył ofertę attache wojskowemu R.P. w Paryżu, na dostawę do Polski 150 samolotów myśliwskich jednomiejscowych Seversky EP-1 lub Seversky EP-2 i 100 samolotów pościgowych dwumiejscowych Seversky 2PA lub Seversky 2PA2 w terminie 310 dni, włączając przeróbkę dla uzbrojenia polskiego. Zainteresowanie wzbudził samolot EP-1, dostawa miała być zrealizowana w ciągu 310 dni, w tempie: pierwsze 5 myśliwców w ciągu 100 dni, następnie po 15 przez trzy miesiące i po 50 przez kolejne cztery miesiące. Seversky zaproponował również pokaz typu myśliwskiego w Warszawie. Pilotem był sam konstruktor A. P. Seversky, który oświadczył polskiemu attache, że gdyby nie otrzymał zgody na lądowanie w Niemczech, lotu dokona bez zezwolenia władz niemieckich wprost z Paryża do Warszawy, na przełaj nad terytorium III Rzeszy. Seversky EP-1 przybył na Okęcie w połowie maja 1939 r. Loty próbne wykonywali piloci doświadczalni z ITL, jak również kpt. rez. pil. Bolesław Orliński z PZL. Porównywany był z samolotem PZL-50 Jastrząb i nie został oceniony zbyt wysoko. „Przegląd Lotniczy" nr 8/1939 podał, iż w Polsce był prezentowany samolot dwumiejscowy Seversky 2-PA-LB, lecz prawdopodobnie jest to pomyłka. W rzeczywistości prawdopodobnie chodziło o samolot Seversky EP-1. 1.07.1939 r. Generalny Inspektor Sił Zbrojnych marsz. Edward Rydz-Śmigły wyraził zgodę na zakup samolotów amerykańskich. Jednak po naradzie w dowództwie lotnictwa, ostatecznie do ich zakupu nie doszło, z przyczyn najprawdopodobniej finansowych i terminowych. Pierwszeństwo uzyskała oferta francuska (Morane-Saulnier MS-406C1). Według E. Malaka, na krótko przed wybuchem wojny strona polska czyniła starania, by sfinalizować kontrakt na dostawę tych samolotów, prawdopodobnie chodziło o kupno 150 samolotów Seversky EP-1." Patrz: E. Malak, Jak nie doszło do zakupu amerykańskich myśliwców latem 1939 r, w: „Lotnictwo" nr 9 i 11/2006; Samolot Seversky 2-PA-LB, w: „Przegląd Lotniczy" nr 8/1939 oraz http://www.samolotypolskie.pl/samoloty/2658/126/Seversky-EP-1-EP-2-2PA-2PA2-P-35.

[4] The Seversky SEV-3 high-speed amphibian, w: "Aero Digest" 1933, s. 46.

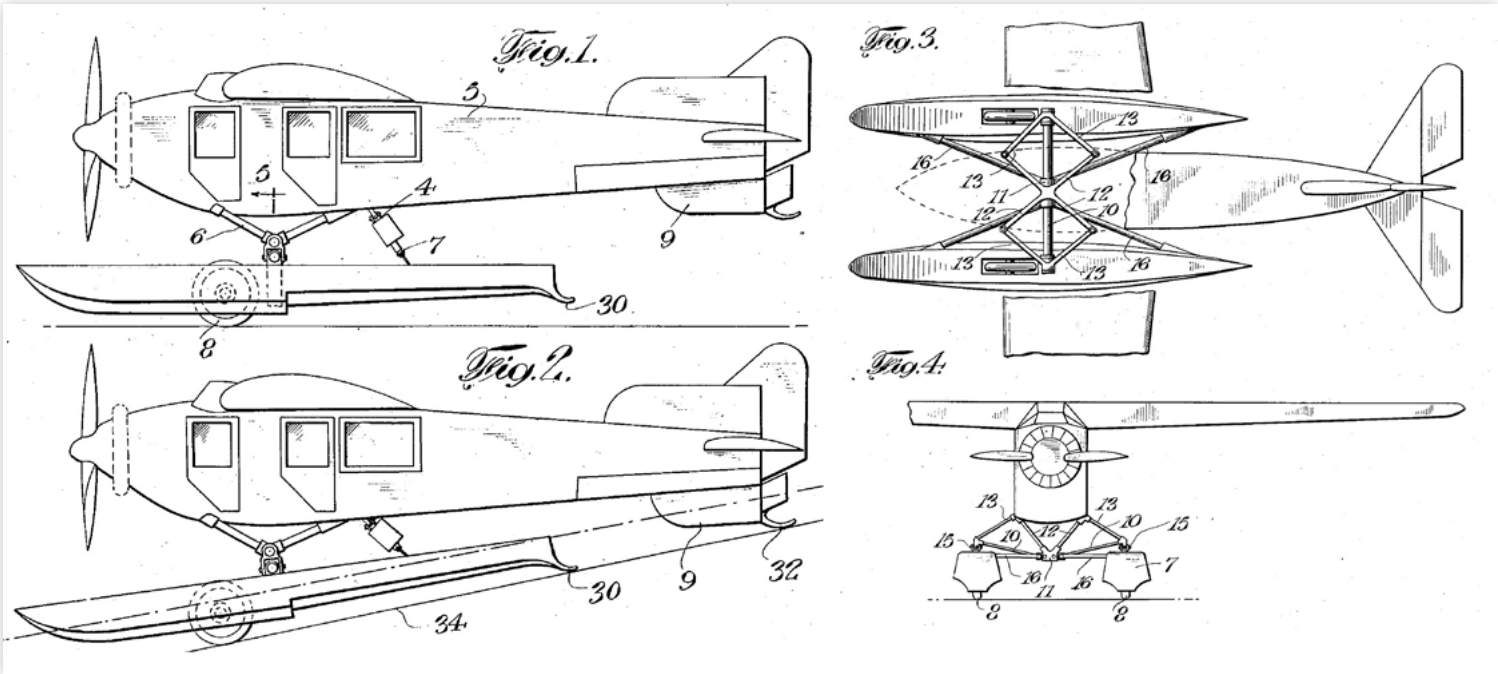
[5] A. P. Seversky, Amphibian landing gear for aircraft, patent US 1,963,630, zgłoszony 28 marca 1927 r., udzielony 19 czerwca 1934 r.




Rys. 16 Patent Amphibian landing gear for aircraft, US 1,963,630.

Seversky rozwijał dalej tę koncepcję w patencie US 2007,752 z 1935 r[6]. Autor opisał tam konstrukcję pływaków o regulowanym kącie pochylenia oraz wzmocnionej konstrukcji, zawierającej golenie w postaci pewnego rodzaju szkieletu, z osią obrotową. Koła miały lekko wystawać poza obrys pływaków i miały mieć amortyzatory.

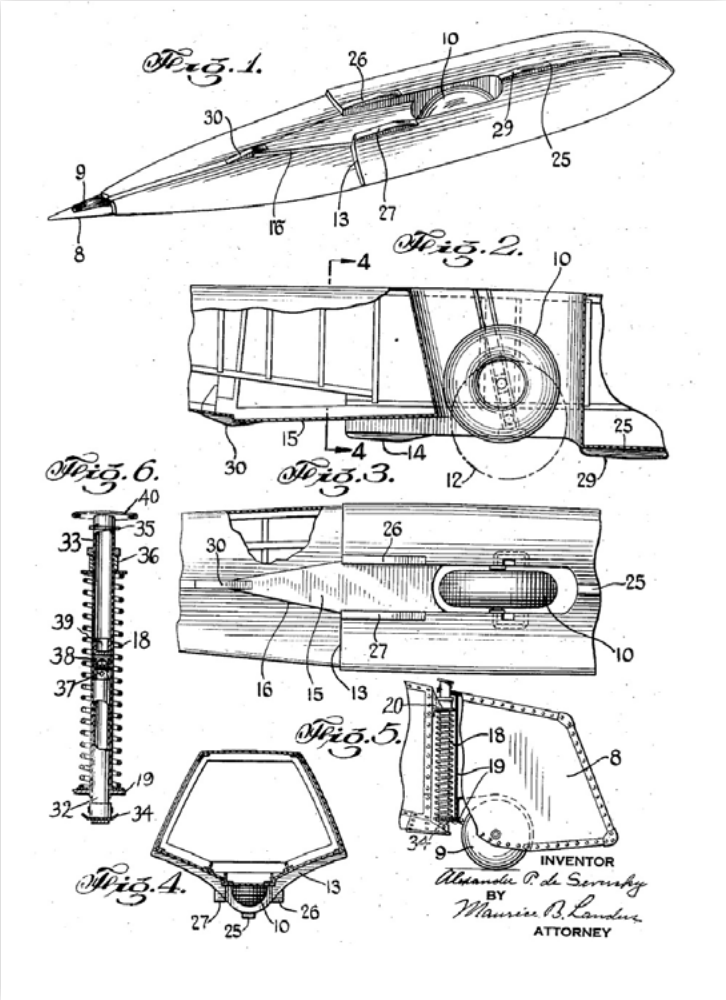
Oprócz tego Seversky opisał także konstrukcję samych pływaków z umieszczonymi wewnątrz kołami oraz sterem wyposażonym w małe kółko w patencie US 2,023,312 z 1935 r[7]. Jest tam przedstawiony otwór w pływaku, gdzie znajduje się koło wraz z jego małą golenią, w postaci amortyzatora sprężynowego. Podobny amortyzator jest umieszczony także na tylnicy pływaka, razem z zawiasami steru wyposażonego w małe kółko.




Rys. 17 Patent Landing gear for aircraft, patent US 2007,752.

[6] A. P. Seversky, Landing gear for aircraft, patent US 2007,752, zgłoszony 25 kwietnia 1928 r., udzielony 9 lipca 1935 r.

[7] A. P. Seversky, Amphibian aircraft pontoon, patent US 2007,752, zgłoszony 16 marca 1933 r., udzielony 3 grudnia 1935 r.

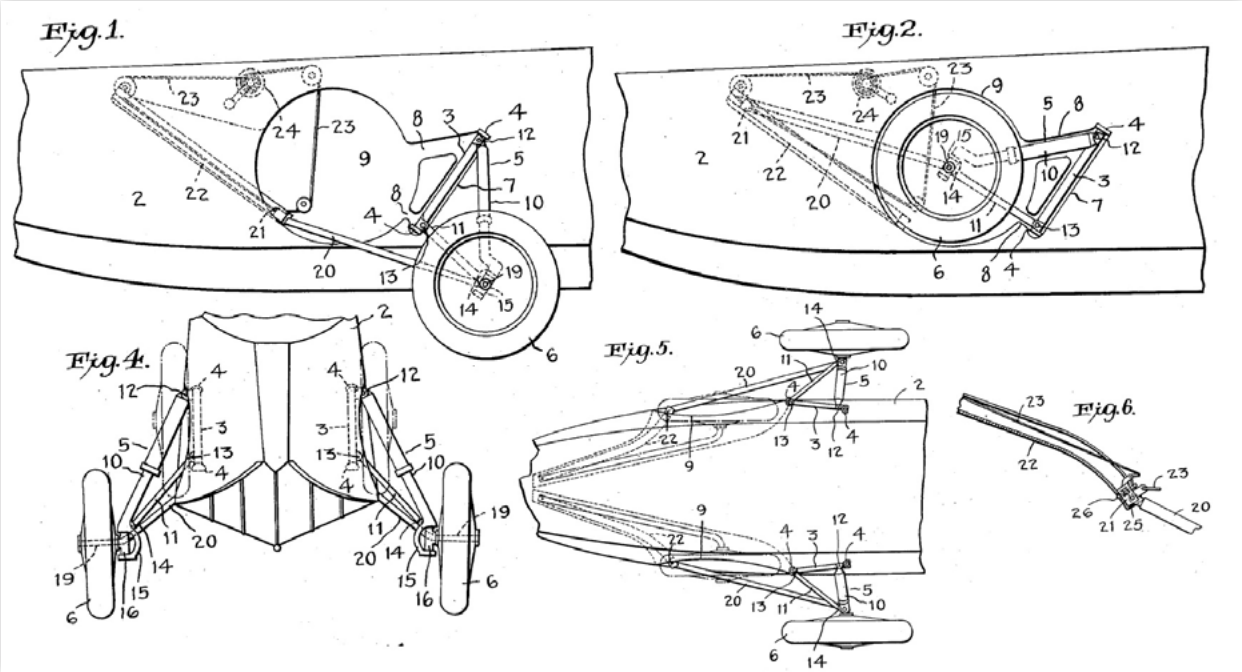



Rys. 18 Patent Amphibian aircraft pontoon, US 2007,752.

## WYBRANE PATENTY ZAKŁADÓW LOENING AERONAUTICAL ENGINEERING CORPORATION

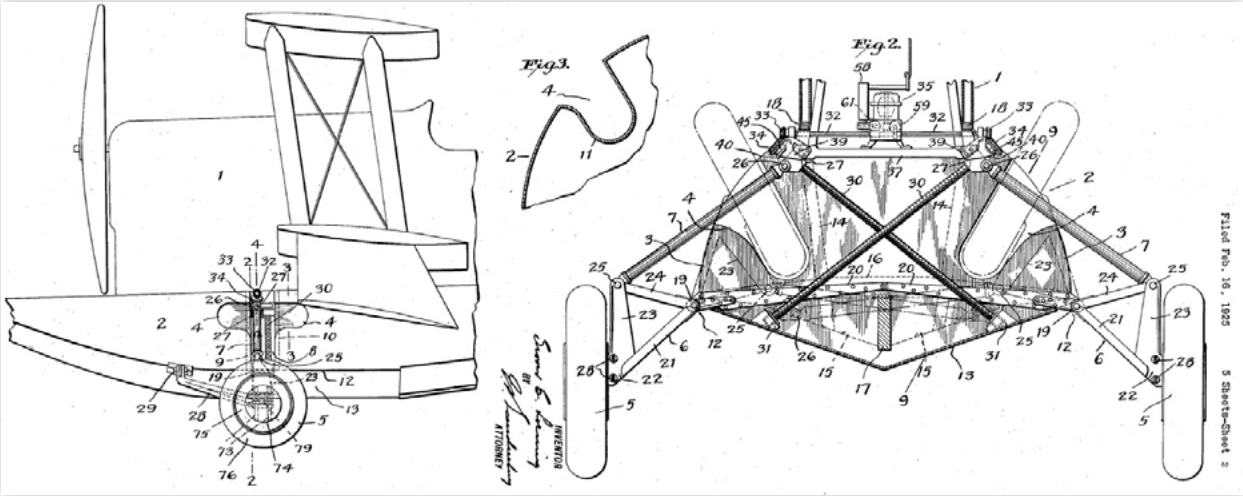
Grover Cleveland Loening był amerykańskim konstruktorem lotniczym niemieckiego pochodzenia. W 1917 r. założył zakłady lotnicze w Nowym Jorku, które w 1932 r. połączyły się z zakładami lotniczymi Keystone. Zakłady Loening opracowały kilka modeli samolotów morskich dla marynarki wojennej USA, a w 1932 r. zakończyły działalność. G. Loening pracował także nad metodami chowania podwozia kołowego do pływaków. W 1932 r. uzyskał on patent US 1,563,384, który zakładał chowanie kół w kierunku lotu[8]. Dzięki temu, podczas wyciągania podwozia pęd powietrza mógł choć trochę wspomagać jego rozkładanie, aczkolwiek przeszkadzał nieco przy chowaniu.

W 1925 r. Loening uzyskał patent na rozwinięcie tego rozwiązania. Jego kolejny patent US 1,563,384 zakładał chowanie podwozia w kierunku pionowym z przekręceniem kół pod kątem około 45°. Patent opisuje skomplikowany mechanizm składanych goleni oraz napędzających je siłowników.



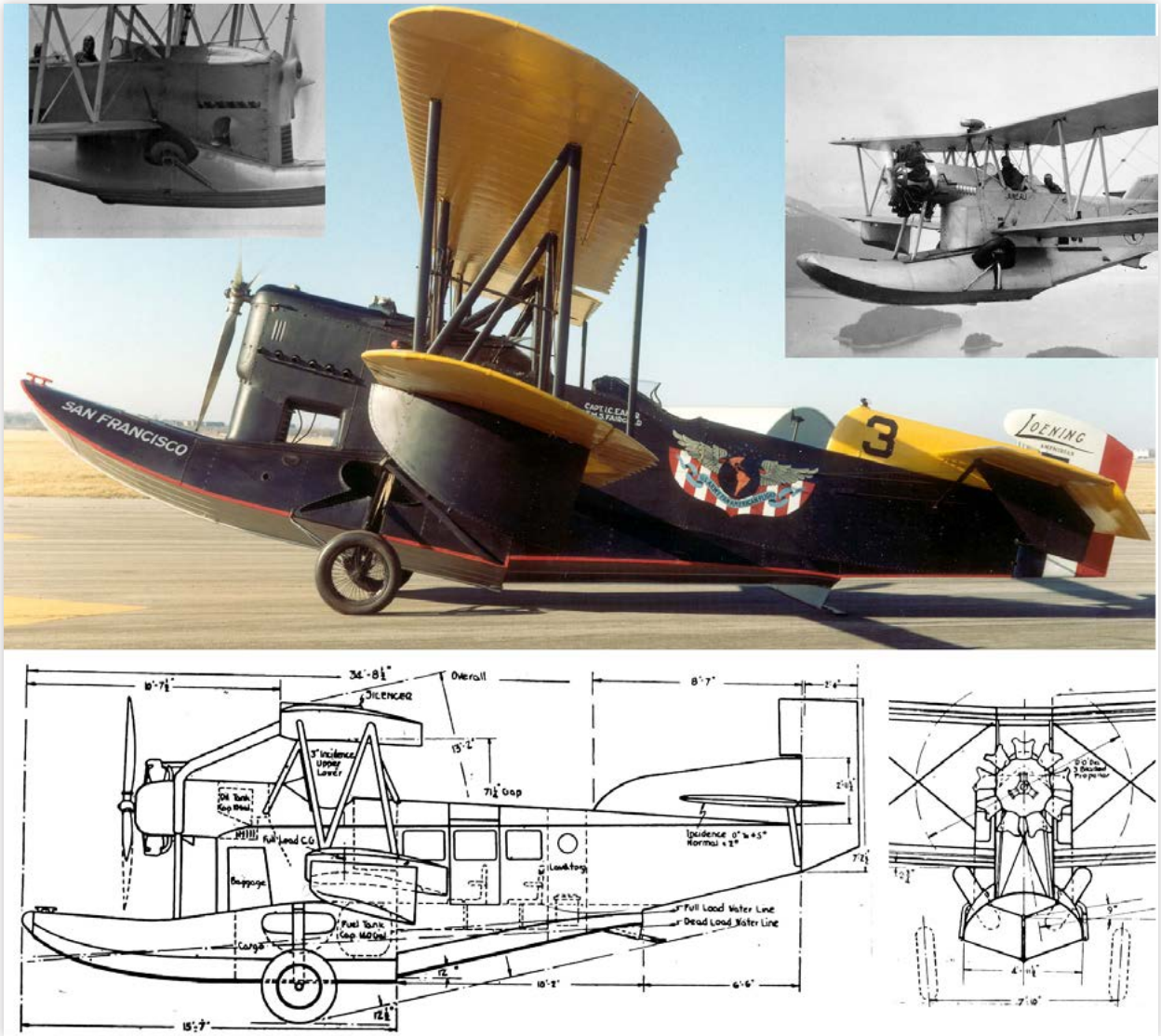

Rys. 19 Patent Retractable landing gear, US 1,563,384.

[8] G. Loening, Retractable landing gear, patent US 1,563,384, zgłoszony 3 stycznia 1931 r., udzielony 8 listopada 1932 r.

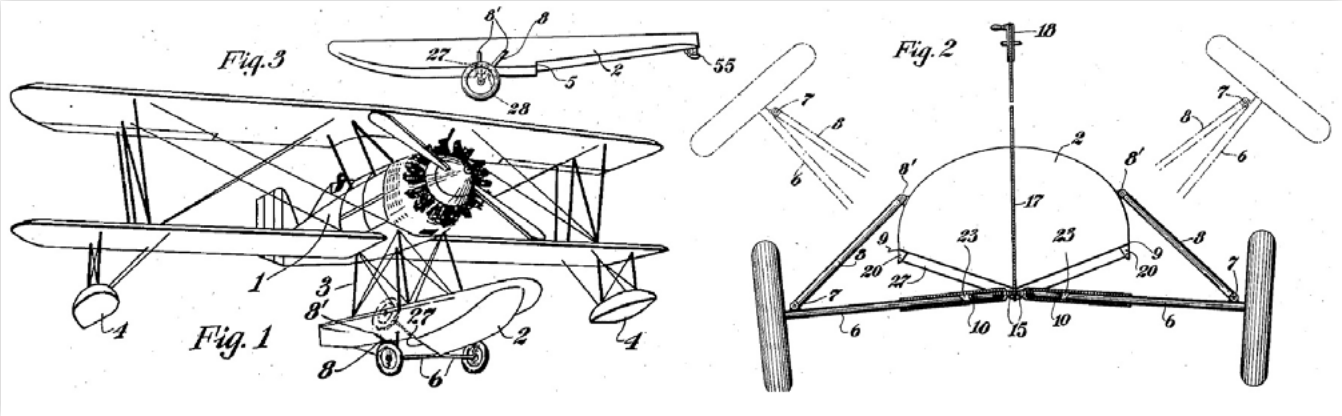



Rys. 20 Patent Retractable landing gear, US 1,563,384.

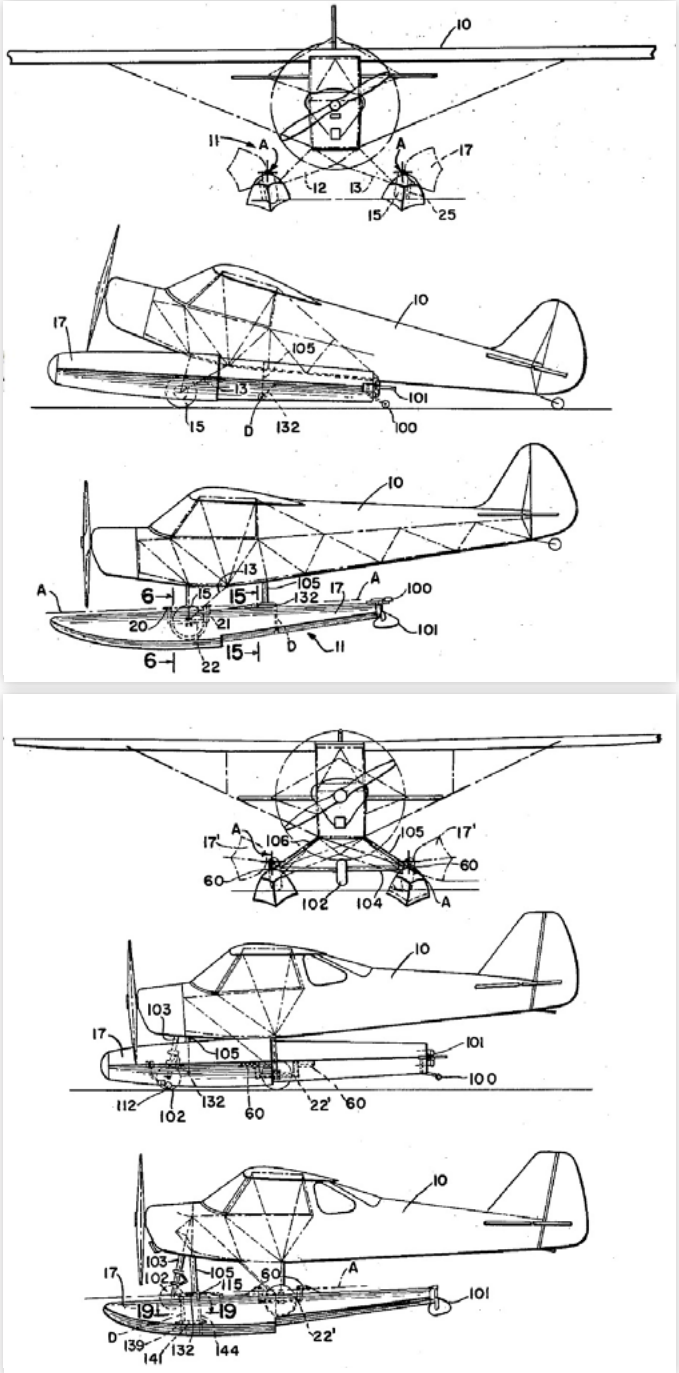
Patent US 1,563,384 został wykorzystany w serii łodzi latających Loening OL (OA-1) oraz wersji rozwojowej tej łodzi – C-2 Air Yacht. Samoloty te w Polsce są praktycznie zupełnie nieznane. W amerykańskim lotnictwie oraz marynarce wojennej służyły do około połowy lat 30-tych.




Rys. 21. Łodzie latające Loeining OL / OA-1A (u góry) oraz C-1W (na dole, rysunek z „Aero Digest", April 1928), na których zastosowano patent Retractable landing gear, US 1,563,384.




Rys. 22 Ilustracje do patentu Amphibian aeroplane, US 1,794,813.



## INNE WYBRANE PATENTY AMERYKAŃSKIE

Podobnych patentów zgłaszano w USA więcej. Przykładowo w 1931 r. M. Watterowi, reprezentującemu zakłady lotnicze Chance Vought, przyznano patent US 1,794,813 za podwozie, które podnosiło się pionowo przy pływaku[9]. Pomysł wydaje się całkiem dobry i stosunkowo prosty w wykonaniu (brak skomplikowanych mechanizmów składania goleni, co daje też lżejszą konstrukcję), choć jego wadą względem poprzednio opisanych rozwiązań byłby większy opór aerodynamiczny stawiany przez golenie na zewnątrz pływaka. Patent zawiera rysunek samolotu Voight O2U Corsair, choć prawdopodobnie nie użyto go w tym samolocie.

Na koniec – patent zgłoszony w okresie powojennym. W 1964 r. Bruce R. Sheaffer oraz Daniel R. Zack, zgłosili patent US 3,159,364 zakładający, iż podnosić do góry (poprzez obrót wokół osi podłużnej) powinno się nie podwozie kołowe, a pływaki[10]. Zawarto tam koncepcję przebudowy zarówno samolotu w układzie z kółkiem ogonowym, jak i z kołem przednim.

[9] M. Watter, Amphibian aeroplane, patent US 1,794,813, zgłoszony 20 marca 1928 r., udzielony 3 marca 1931 r.

[10] B. R. Sheaffer, D. R. Zack, Amphibious floats with retraction means therefor, patent US 3,159,364, zgłoszony 9 lipca 1962 r., udzielony 1 grudnia 1964 r.

Rys. 23 Ilustracje do patentu Amphibious floats with retraction means therefor, US 3,159,364 przedstawiające samoloty Piper Cub oraz jego zmodyfikowaną wersję PA-18

Rys. 24 Piper L-4H Cub (SP-AFY), który w 1953 r. przechodził testy z pływakami jako pierwszy wodnosamolot w Polsce powojennej. (http://nowakservice.pl/piper-cub)

Patent zawiera rysunki pływakowej odmiany samolotu Piper Cub oraz jego zmodyfikowanej wersji PA-18 Super Cub, choć trudno powiedzieć czy patent ten kiedykolwiek był zastosowany w praktyce.

Warto dodać, że pod koniec lat 40-tych do Polski sprowadzono łącznie około 140 samolotów Piper Cub. W 1953 r. jeden Piper L-4H Cub przechodził testy z pływakami jako pierwszy wodnosamolot w Polsce powojennej. Projekt przeróbki samolotu na wodnosamolot wykonał prof. Jerzy Teisseyre, a drewniane pływaki wykonała Wydzielona Grupa Konstrukcyjna Centralnego Studium Samolotów we Wrocławiu[11]. Samolot ten nie miał podwozia kołowego przymocowanego do pływaków i nie był w jakikolwiek sposób powiązany z amerykańskimi patentami.

## ZAKOŃCZENIE

Urząd Patentowy USA przyjął w pierwszej połowie XX w. co najmniej kilkadziesiąt patentów związanych z możliwością zastosowania kół jezdnych w łodziach latających oraz wodnosamolotach. W artykule zaprezentowałem tylko kilka z nich, które były reprezentatywne dla ówczesnego stanu techniki lotniczej. Podobieństwo patentu Jerzego Rudlickiego nr PL 23387 (który opisywaliśmy w poprzedniej części artykułu, w numerze wrześniowym) do patentów amerykańskich wskazuje, iż wpisywał się on w światowe trendy dotyczące rozwoju wodnosamolotów. Patent Rudlickiego nie stanowił wprawdzie rewolucji technicznej, ale gdyby go wprowadzono, mógłby znacznie ułatwić obsługę naziemną samolotów MDLot.

*dr Jakub Marszałkiewicz*

[11] Więcej w: B. Kempski, Samolot wielozadaniowy Piper L-4 Cub, seria "Typy Broni i Uzbrojenia" nr 130, wyd. MON, Warszawa 1989 oraz Sprawozdanie Instytutu Lotnictwa w Warszawie z Prób Kontrolnych Samolotu Piper Cub SP-AFY na pływakach, Instytut Lotnictwa, Warszawa 1954 (http://nowakservice.pl/piper-cub).

# Pozostał śmiech?

Stefan Kisielewski słusznie zauważył kiedyś, że socjalizm to taki ustrój, który zwalcza problemy nie znane innym ustrojom. Mówił że gdyby wprowadzić socjalizm na pustyni, to po jakimś czasie trzeba by importować tam piasek. Dzisiejsza rzeczywistość, w świecie trapionym kolejną odsłoną rewolucji socjalistycznej, potwierdza tę prawidłowość. Prawie wszystkie rządy bohatersko walczą przeciw skutkom swojej szkodliwej polityki i złych zarządzeń.

Tomasz Gerard

artykuł dostępny w wydaniu płatnym

**Szanowni Czytelnicy „Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich”,**

Wprowadzone w 2020 r. rządowe ograniczenia w działalności polskich firm i całej gospodarki spowodowały duże zamieszanie w funkcjonowaniu na rynku wielu podmiotów, w tym i naszego wydawnictwa. Dziękujemy wszystkim prenumeratorom i czytelnikom za zrozumienie okresowych modyfikacji harmonogramu ukazywania się naszego magazynu i życzliwe wsparcie w tym trudnym czasie.

W ciągu roku próbowaliśmy wracać do zwykłego naszego planu wydawniczego, mając nadzieję na poprawę warunków w dalszym okresie. Niestety, z wielu powodów stało się to niemożliwe. W związku z tym zmuszeni jesteśmy do zmiany cyklu wydawniczego, w jakim ukazywać się będzie nasz magazyn. Planujemy, że z początkiem 2021 r. nasz magazyn „Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie” stanie się dwumiesięcznikiem. Przy czym możemy zagwarantować wyłącznie wersję elektroniczną czasopisma (wersja papierowa będzie oferowana, jeśli nastąpi poprawa i normalizacja warunków gospodarczych w Polsce).

To będzie już XV – jubileuszowy – rok naszej obecności na rynku. Będziemy się starać, aby mimo tych rządowych utrudnień polscy konstruktorzy i wszyscy zainteresowani ciekawą i praktyczną wiedzą inżynierską nadal mieli pożytek z „Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich”.

**Gorąco zapraszamy do lektury prawdziwie niezależnego magazynu dla pasjonatów i zawodowców!**

**PRENUMERATA**
(e-wydanie: 1 egzemplarz na 1 komputer lub dla 1 osoby)

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

**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.)

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 rodzaj zamawianej prenumeraty. Prosimy także o podanie dokładnych danych adresowych.

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

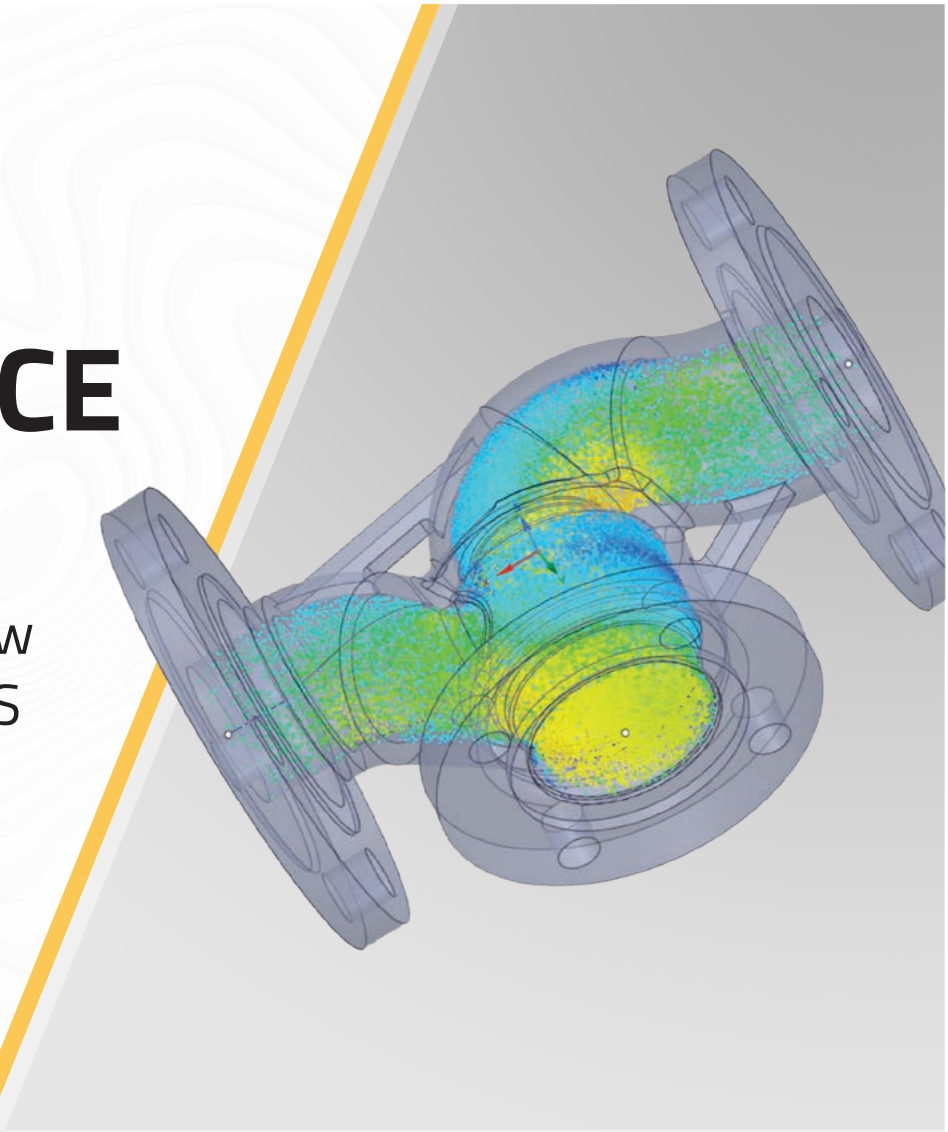
Wszelkie dodatkowe informacje:
tel. +48 532 493 072,
tel. +48 22 112 86 90,
prenumerata@iter.com.pl

Prenumeratę można rozpocząć od dowolnego miesiąca w roku.
Począwszy od 2021 r. prenumerata obejmuje 6 kolejnych wydań.

Symkom Ansys

# Symkom CONFERENCE 2020

Spotkanie Użytkowników Oprogramowania ANSYS



20.11
2020

**WYDARZENIE ON-LINE**

## Najważniejsze tematy świata symulacji

nowości w oprogramowaniu -
konkretne zastosowania -
skuteczne sposoby modelowania -
studia przypadków -

## Zarejestruj się na konferencję

www.symkom.pl/konferencja2020

Sprawdź agendę wydarzenia

Partnerzy wydarzenia

HYPER POLAND BECOMES NEVOMO

INSTYTUT BEZPIECZEŃSTWA TECHNICZNEGO Ex Solution

REDOR POLSKI PRODUCENT MIESZADEŁ