ISSN 1899-699X

cena 17,50 zł (w tym 8% VAT)

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

6/7 (153/154) czerwiec/lipiec 2020

- Wytwarzanie przyrostowe w energetyce jądrowej
- Wywiad z Zygmuntem Choreniem – "ojcem żaglowców"
- Projektowanie przekładni ślimakowej: krok po kroku

SPAWALNOŚĆ stali czystych

Nowy układ rozrządu

METALE LEKKIE do ciężkiej pracy

ISSN 1899-699X

9 771899 699002 06 >

29 września -
1 października 2020

Centrum Targowo-Konferencyjne
exposilesia
www.exposilesia.pl

Międzynarodowe
Targi Obrabiarek,
Narzędzi i Technologii
Obróbki

TOOLEX

www.toolex.pl

OILexpo

Targi Olejów, Smarów
i Płynów Technologicznych
dla Przemysłu

nowy salon

TOOLEX dla Automotive

Salon Automatyzacji
dla Automotive

nowy salon

Przemysł w Ruchu

Salon Łożysk
i Elementów Napędowych

Zespół Targów: tel. kom. +48 510 031 684 | +48 510 030 472

ul.Braci Mieroszewskich 124 | 41-219 Sosnowiec | tel. +48 32 78 87 519 | toolex@exposilesia.pl

www.toolex.pl

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

miesięcznik

Nr 6/7 (153/154)
czerwiec/lipiec 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 ostatniej stronie

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

DTP
Chisel

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

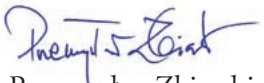
ITER © 2020

Drodzy Czytelnicy,

Powszechna niemal jest opinia, że współczesna „kondycja" ludzka jest coraz gorsza, że dawniej ludzie byli lepsi, bardziej przyjacielscy, ofiarni, serdeczni i kulturalni. Jak wszystko na świecie, tak i to ma swoją przyczynę, nic bowiem nie dzieje się tak „samo z siebie".

Na to jakim ktoś się staje, często mają wpływ warunki, w jakich żyje. I to nie tylko najbliższe otoczenie czy środowisko, ale też warunki ogólnospołeczne, jak edukacja, kultura, moralność, przekaz medialny. Wszystko to jest u nas niestety w gestii państwa, a właściwie tych grup, które sprawują władzę w państwie. Więc skoro tak jest, to za upadek tego „człowieczeństwa w ludziach" odpowiadają konkretni ludzie, właśnie ci, którzy trzymają stery władzy – na różnym jej poziomie, którzy wpływają na kulturę, edukację, rozdają granty, przydzielają koncesje, ustanawiają przepisy, finansują działalność propagandową. Oni to gorszą ludzi (inaczej mówiąc, sprawiają, że ludzie stają się gorsi), najczęściej oczywiście pośrednio, nie osobiście, ale za pomocą innych, których można by nazwać wykonawcami „brudnej roboty". A skoro gorszą, to już teraz gromadzą sobie „skarby" na przyszłość – ściągają na siebie wyrok. Bo nie jest tajemnicą, że *ktokolwiek zgorszyłby jednego z tych maluczkich... lepiej by mu było, aby mu uwiązano kamień młyński u szyi jego i wrzucono go w morze.*

I naprawdę nie ma znaczenia, że współcześni coraz częściej chętnie na to gorszenie przystają.



Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 6/7 (153/154)
CZERWIEC/LIPIEC 2020

BionicSwift – robotyczny ptak 6
Hologramy pomogą udoskonalić druk 3D z metalu 7
Nowa konstrukcja łopat turbin wiatrowych 8
Rotor Flettnera powraca 8
Najlżejszy materiał ekranujący 10
Algorytm nawigacyjny 10
Energia generowana w cieniu 11
Technologia TUC 12
Aerodynamika z F-1 na taśmie 12
Ekrany dotykowe o dowolnym kształcie 13
Krzemowy LIDAR 13

Nowy układ rozrządu 14
Jacek Majewski

Pierścienie ustalające firmy Smalley 20

Liczy się każdy gram. Supersamochody: lekkie i zwinne 24
Ryszard Romanowski
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Spawalność stali czystych, cz. 1 26
Adam Jastrzębski, Ilona Jastrzębska, Zbigniew Prusak, Ryszard Jastrzębski

Wytwarzanie przyrostowe w energetyce jądrowej 34
Jacek Zbierski
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Metale lekkie do ciężkiej pracy 36
Aleksander Łukomski
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Nie warto oszczędzać! 46
Tomasz Cukiernik

Zygmunt Choreń – ojciec żaglowców 38
Ryszard Romanowski

Projektowanie przekładni ślimakowej, krok po kroku 44
Wiktor Mielczarek
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Myślenie ma przyszłość 47
Tomasz Gerard
artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Mewi płat w lotnictwie. Wybrane patenty oraz rozwiązania techniczne, cz. 3 48
Jakub Marszałkiewicz

KONSTRUKCJE

24 Liczy się każdy gram. Supersamochody: lekkie i zwinne

Ryszard Romanowski

Zastosowano zasadę sprzeczną z powszechnie obowiązującą tendencją, rezygnując z modnych i lekkich materiałów, które należy dodatkowo wzmacniać, niwelując tym samym korzyści płynące z ich niewielkiej masy.

POLSKIE PROJEKTY

14 Nowy układ rozrządu

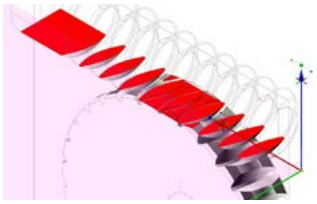
Jacek Majewski

Idealnym rozwiązaniem byłoby stworzenie prostego układu, o korzystnej charakterystyce, umożliwiającej równie szybką wymianę ładunku, przy znacznie mniejszych obciążeniach. Opracowany właśnie nowy i już opatentowany projekt spełnia wszystkie te wymogi.

PROJEKTOWANIE

58 Projektowanie przekładni ślimakowej, krok po kroku

Wiktor Mielczarek



TECHNOLOGIE

40 Wytwarzanie przyrostowe w energetyce jądrowej

Jacek Zbierski

Technologia produkcji zespołów paliwowych opracowana na potrzeby programu TCR obejmuje dwie zaawansowane techniki, umożliwiające uzyskanie konstrukcji niewykonalnych dla tradycyjnych metod przemysłowych.

TECHNOLOGIE

32 Spawalność stali czystych, cz. 1

Adam Jastrzębski, Ilona Jastrzębska, Zbigniew Prusak, Ryszard Jastrzębski

Obecność mikropęknięć przy ciśnieniu 150 atmosfer i temperaturze 400 °C prowadzi do zniszczenia rury w tydzień. Niewielka nieszczelność powoduje, że rozprężająca się para tnie sąsiednie rurki jak laser i w wyniku lawinowego działania cała ściana ekranu jest do wymiany.

BionicSwift – robotyczny ptak

Skonstruowany przez inżynierów firmy Airstage Effekt-Technik we współpracy z FESTO, BionicSwift to robot, który porusza się w powietrzu przy pomocy ruchu skrzydeł, naśladując lot ptaków.

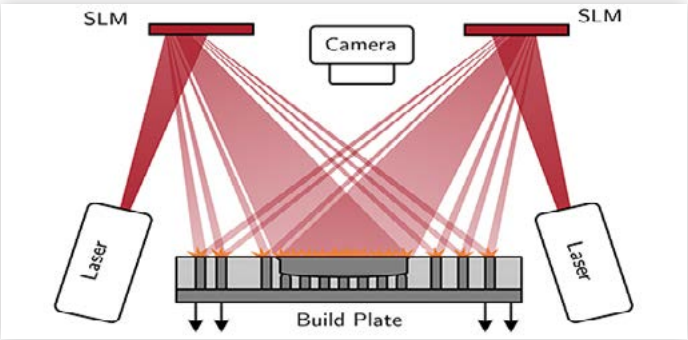
Mechaniczny jerzyk (ang. swift to nasz jerzyk, ptak nieco podobny do jaskółki, ale należący do odrębnej rodziny) jest ok. dwukrotnie większy od występującego w przyrodzie protoplasty, ma za to podobną masę. Przy długości 44,5 cm i rozpiętości skrzydeł 68 cm, BionicSwift waży jedynie 42 g, co w połączeniu z miniaturowym układem napędowym i zaawansowanym systemem sterowania zapewnia doskonałe parametry lotu i zwinność typową dla ptaków. Jego skrzydła skonstruowano w sposób zbliżony do budowy ptasich skrzydeł, przy użyciu niezwykle lekkich, a jednocześnie wytrzymałych piankowych płytek, naśladujących pióra. Podczas ruchu skrzydeł do góry płytki rozwiewają się przepuszczając powietrze, by następnie zamknąć się i wytworzyć siłę nośną przy opadaniu. W kadłubie-tułowiu znalazło się miejsce na bezszczotkowy silniczek elektryczny, akumulator, przekładnię, jak też układy sterowania, łączności i nawigacji. W jego tylnej części mieści się ogon, pełniący rolę steru wysokości. Zaawansowane mechanizmy kontrolne pozwalają dokładnie koordynować częstotliwość ruchu skrzydeł z kątem wychylenia ogona, w sposób zróżnicowany dla konkretnych manewrów. Zbudowano pięć egzemplarzy robotycznych jerzyków, które dzięki systemowi lokalizacji GPS i łączności w oparciu o technologię UWB (Ultra WideBand) mogą latać jednocześnie w zamkniętej przestrzeni unikając kolizji. Loty odbywają się w pomieszczeniu, w którym rozmieszczono bezprzewodowe moduły, stanowiące układ odniesienia do wyznaczania pozycji aparatów w powietrzu, z których każdy wyposażony jest w marker. Sygnały z modułów stacjonarnych i markerów trafiają do komputera centralnego, który kontroluje lot poszczególnych aparatów. Zasadniczo loty odbywają się według zaprogramowanych scenariuszy. W przypadku występowania nagłych powiewów, powodujących przesunięcie toru lotu względem zaplanowanej ścieżki, system został tak zaprogramowany, że jest w stanie samoczynnie reagować i za pomocą predefiniowanych manewrów przeciwdziałać ewentualnej kolizji. Zastosowane rozwiązania komunikacyjne umożliwiają utrzymanie łączności i koordynację między aparatami również w sytuacji napotkania barier fizycznych.

Tak skonstruowane roboty stanowią platformę doświadczalną zarówno dla rozwoju autonomicznych systemów latających, jak i dla zaawansowanych rozwiązań w zakresie łączności bezprzewodowej.

festo.com

Hologramy pomogą udoskonalić druk 3D z metalu

Na Uniwersytecie Cambridge zainaugurowano projekt badawczy mający na celu sprawdzenie możliwości udoskonalenia technik wytwarzania przyrostowego z metalu przy pomocy techniki HBS *(Holographic Beam Shaping)*, czyli generowanych komputerowo hologramów, mających zastąpić pojedyncze wiązki laserowe, stosowane do selektywnego stapiania metalicznych proszków. W technikach addytywnych opartych na działaniu lasera kontrola procesów termicznych, zachodzących pod wpływem energii skoncentrowanej wiązki laserowej, ma zasadnicze znaczenie dla jakości struktury metalicznej produktu końcowego. Zdaniem inicjatorów projektu,



Proponowany układ systemu SLM z wykorzystaniem obrazu holograficznego zamiast pojedynczej wiązki laserowej (rys. Peter Christopher)

zastąpienie pojedynczych wiązek laserowych trójwymiarowym obrazem holograficznym w procesie SLM może ułatwić kontrolę dystrybucji energii już nie w dwóch, a w trzech wymiarach – dzięki zjawisku dyfrakcji, polegającym na ugięciu się fal świetlnych wokół krawędzi obiektu. Docelowo, zastosowanie hologramów ma umożliwić także jednoczesne stapianie proszku na całej powierzchni warstwy, przyczyniając się do przyspieszenia i optymalizacji procesu druku.

cam.ac.uk

•REKLAMA

Key to Markets Messe Stuttgart

The heart of
metal working
beats in Stuttgart!

SAVE THE DATE!

AMB
International exhibition for metal working

NEXT DATE:
13.–17.09.2022, Messe Stuttgart
(Germany)

amb-expo.de

Nowa konstrukcja łopat turbin wiatrowych

Brytyjska firma ACT Blade opracowała łopaty turbin wiatrowych nowego typu, dzięki którym elektrownie wiatrowe będą mogły stać się bardziej efektywnym i tańszym źródłem energii odnawialnej. Konstrukcja łopat oparta jest w dużej mierze na doświadczeniach w projektowaniu ożaglowania dla jachtów regatowych i wykorzystuje zaawansowane materiały stosowane w żaglach wyczynowych, rozpięte na lekkiej, kompozytowej strukturze nośnej. Dzięki takiej budowie łopaty turbin wiatrowych mogą w przyszłości być nawet trzykrotnie lżejsze od konwencjonalnych konstrukcji z włókien szklanych. Ze względu na modułowy charakter, łopaty ACT Blade mogą powstawać w segmentach, czyniąc cały proces produkcyjny nawet w 60% tańszym od dotychczasowych technologii.

Jak wyjaśnia John Halfpenny, kierownik techniczny w centrum badawczym AMRC Composite Centre działającym przy Uniwersytecie Sheffield, stojący na czele zespołu odpowiedzialnego za przygotowanie i badania prototypu łopaty ACT, obecnie budowane są coraz większe wirniki, mające wytwarzać więcej energii. Jednak wraz z wzrostem wielkości wirnika, koszty produkcji i konserwacji jego elementów, takich jak właśnie łopaty, również rosną. Według zamysłu twórców, łopaty ACT będą mogły być dłuższe od dotychczasowych konstrukcji, bez generowania dodatkowych kosztów. Dzięki możliwości dynamicznej zmiany kształtu powierzchni, łopaty tego typu będą mogły także lepiej znosić trudne warunki eksploatacyjne. Jak dotąd, mierząca 13 m długości prototypowa łopata przeszła pomyślnie testy wytrzymałościowe. Kolejnym etapem będzie montaż kompletu trzech łopat na turbinie wiatrowej na farmie wiatrowej Myres Hill w Szkocji.

amrc.co.uk

Rotor Flettnera powraca

Dążenie do obniżenia kosztów transportu i emisji sprawia, że powraca się do dawno zarzuconych rozwiązań. Armator promowy Scandlines już kilka lat temu przerobił napęd promów na hybrydowy, eliminując jeden z pięciu silników diesla i zastępując go elektrycznym. Niedawno prom M/K Copenhagen, kursujący pomiędzy Gedser a Rostokiem, wyposażono w rotor Flettnera. Urządzenie zostało wynalezione przez Fina Sigurda Saroniusa, a zyskało sławę dzięki jednostkom zbudowanym w latach 1922-1926 przez Antona Flettnera. Urządzenie wykorzystuje efekt Magnusa.

Montaż był bardzo prosty. Przygotowany przez firmę Norsepower wirnik przetransportowano do portu w Rostoku gdzie stał prom. Wystarczyło kilka godzin aby rotor był gotowy do pracy. Armator wybrał spośród wielu eksploatowanych promów właśnie ten, ponieważ na większości jego trasy występują wiatry szczególnie sprzyjające zastosowaniu rotoru. Testy odbywać się będą podczas normalnych rejsów.

scandlines.com
www.norsepower.com

Create Amazing Things

ZWCAD 2020 Mechanical

Co oferuje ZWCAD Mechanical?

- Narzędzia do generowania wałów i przekładni
- Biblioteka zdefiniowanych części i podzespołów
- Biblioteki symboli
- Narzędzia do zestawień materiałów
- Automatyczne skalowanie do formatu arkuszy

Nowy ZWCAD 2021 ukaże się już wkrótce!

Zamów już teraz ZWCAD 2020 lub aktualizację starszej licencji,
a uaktualnienie do wersji 2021 zyskasz bezpłatnie!

Dlaczego ZWCAD?

Bezterminowe licencje, opcjonalne uaktualnienia, wsparcie techniczne

Elastyczna praca, przenoszenie licencji wersje jednostanowiskowe i sieciowe

Pełna zgodność DWG & DXF obsługa najnowszych formatów

Innowacyjne narzędzia i unikalne funkcje usprawniające pracę

Wysoka wydajność i szybkość działania, obsługa procesorów wielordzeniowych

Sprawdź możliwości nowości ZWCAD
Testuj przez 30 dni bez zobowiązań!

www.zwcad.pl

PROMOCJA dla Czytelników

Kupon rabatowy na ZWCAD i nakładki w sklepie:

www.ProgramyCAD.net

Wpisz w koszyku: **PiKI$ZWCAD$**

- kup ZWCADa taniej!

Autoryzowany Dystrybutor w Polsce:
Usługi Informatyczne „SZANSA" Sp. z o.o.

Bądź z nami w kontakcie!

biuro@zwcad.pl 33 488 07 20 33 307 01 95

Najlżejszy materiał ekranujący

Badacze ze szwajcarskiego laboratorium Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA) opracowali materiał, który skutecznie chroni przed promieniowaniem elektromagnetycznym w szerokim zakresie częstotliwości, a do tego jest niezwykle lekki. Wiele urządzeń wymaga ekranowania. Przykładem mogą być silniki elektryczne. Zwykle używa się do niego cienkiej blachy lub metalowych folii. Ciężar materiału i jego ilość wymagana do osiągnięcia oczekiwanego efektu zwykle komplikują konstrukcję.

Nowy materiał zbudowano na bazie nanowłókien celulozowych uzyskiwanych z drewna. Są one bardzo lekkie i porowate, a dzięki swojej budowie umożliwiają szeroki zakres modyfikacji chemicznych. Dlatego stały się przedmiotem badań Zhihui Zenga i Gustava Nystroma. Nanowłókna posłużyły do opracowania aerożelu, w którym znajdują się specyficzne nanostruktury. Otrzymano kompozyt zawierający srebrne nanodruty, mający gęstość zaledwie 1,7 miligrama na cm^3, który osiąga ekranowanie powyżej 40 dB w zakresie promieniowania o wysokiej rozdzielczości, od 8 do 12 GHz.

Decyduje o tym nie tylko prawidłowy rozkład drutów celulozowych i srebrnych lecz również struktura porów. Ich optymalny rozmiar uzyskiwany jest poprzez odpowiednie formy, w których materiał powoli zamarza. Kryształki lodu tworzą oczekiwaną strukturę.

Trwają prace nad podobnym materiałem wykorzystującym zamiast srebra węglik tytanu. Już wiadomo, że będzie on jeszcze lżejszy.

empa.ch

Algorytm nawigacyjny

Naukowcy z wydziału robotyki uniwersytetu w Zurychu, we współpracy z firmą Intel, opracowali algorytm, dzięki któremu autonomiczne, wielowirnikowe drony można szkolić za pomocą symulacji.

Zwiększa to ich czas lotu na jednym ładowaniu akumulatora, poprzez wzrost szybkości i zdolności manewrowania. Podstawą projektu jest sztuczna sieć neuronowa, łącząca dane z kamery i czujników, i przekształcająca je w polecenia sterujące.

Sieć „szkolona” jest wyłącznie przez symulowane manewry akrobacyjne, które nie wymagają demonstracji przez pilota. Dzięki temu dron może się maksymalnie zbliżyć do swoich ograniczeń konstrukcyjnych bez ryzyka uszkodzenia. Po kilkugodzinnych symulacjach dron jest gotowy do użycia bez konieczności jakiegokolwiek dodatkowego dostrajania.

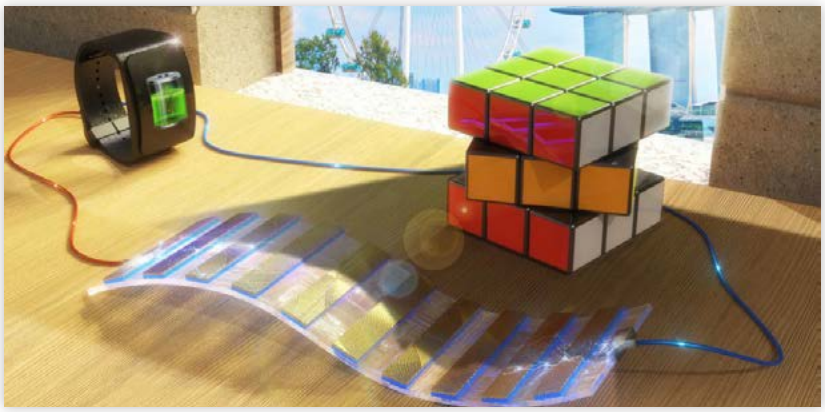
Algorytm wykorzystuje abstrakcję danych sensorycznych i przenosi ją do świata fizycznego. Dzięki temu maszyna bez trudu wykonuje manewry, które są ogromnym wyzwaniem nawet dla najlepszych pilotów. Rozwiązanie to może mieć wiele zastosowań praktycznych. Jego twórcy przede wszystkim upatrują jego wykorzystanie do prowadzenia szybkich i skutecznych misji ratowniczych w trudnych warunkach terenowych.

uzh.ch

Energia generowana w cieniu

Urządzenie wykorzystujące kontrast pomiędzy jasnymi, dobrze nasłonecznionymi punktami a cieniem, zbudowali naukowcy z National University of Singapore, kierowani przez Swee Ching Tanga.

Super cienką powłokę złota umieszczono na krzemie, który jest typowym materiałem stosowanym do wytwarzania ogniw słonecznych. Tak zbudowane urządzenie wytwarza energię gdy jego część leży w cieniu. Napięcie oświetlonego metalu wzrasta i elektrony intensywnie przepływają z obszaru wysokiego do niskiego napięcia w zacienionej części. Im większy kontrast pomiędzy światłem a ciemnością, tym więcej energii zapewnia generator. Przeprowadzono pozytywnie zakończone eksperymenty w mikroskali, zasilając m.in. zegarek lub niewielkie urządzenia elektroniczne montowane w samochodzie. Nowy generator może zapewnić energię odnawialną w miejscach, gdzie dotąd zastosowanie tradycyjnych paneli słonecznych było niemożliwe, np. w zacienionych przez wieżowce centrach wielkich miast. Może mieć również szerokie zastosowanie w technologiach kosmicznych.



www.nus.edu.sg

•REKLAMA

Technologia TUC

Długo opracowywane modułowe złącze pozwalające podłączyć dowolny element do podłogi samochodu, z uwagi na odwołanie wszystkich najważniejszych wielkich salonów samochodowych, ostatecznie zostało zaprezentowane wirtualnie. Sergio Pininfarina i Lodovico Campana do prezentacji wykorzystali platformę Meb. Złącze można zastosować do dowolnej platformy samochodowej każdego producenta. Jest ono kompatybilne z każdym pojazdem i spełnia światowe standardy przemysłu samochodowego OEM. TUC zastępuje szereg stosowanych obecnie komponentów. Dzięki temu pojazd staje się całkowicie konfigurowalny i możliwy do dowolnej personalizacji. Złącze umożliwia tworzenie wielu różnych układów wnętrza, a dodatkowo dostarcza energię do systemów. Zamiast tradycyjnych, wielokablowych połączeń, do zasilania każdego z elementów wystarcza miniaturowa wtyczka, podobna do tych, używanych w smartfonach. Podczas prezentacji, do deski rozdzielczej podłączono nawet ekspres do kawy. Prezentacja rozwiązania przed szerokim audytorium zapowiedziana jest na 10 września w turyńskim Narodowym Muzeum Samochodowym.

www.tuc.technology

Aerodynamika z F-1 na taśmie

Elektromobilność wymaga stosowania rozwiązań, które w samochodach spalinowych nie są konieczne. Ograniczony zasięg, masa akumulatorów, konieczność bardzo intensywnego chłodzenia hamulców i układu napędowego, wymagają lekkiej konstrukcji nadwozia i jak najlepszej aerodynamiki. Audi zaprezentowało rozwiązania typowe dla jednostkowo budowanych aut sportowych w usportowionym, seryjnym E-tron SUV Coupe.

Uznano, że kluczem do zwiększenia zasięgu jest aerodynamika. Samochód ma bardzo niski współczynnik oporu powietrza 0,26. Zwraca uwagę szybko opadająca linia dachu z poprawiającym przepływ spoilerem na pokrywie bagażnika. Boczne wloty powietrza i kurtyny kierują i optymalizują przepływ wokół kół i boków pojazdu. Dużą rolę odgrywają również odpowiednio zaprojektowane 20-calowe koła z pokrywami. Niemal niewidoczne wirtualne lusterka również ograniczają opór zwiększając zasięg auta o około 3 km.

Dużą rolę odgrywa kształt podłogi, a forma wlotów powietrza z zamykanymi kurtynami jest częścią układu zarządzania temperaturą, zarówno wnętrza, jak i układu napędowego. W razie potrzeby przepływ wspomagany jest wentylatorem.

audi-mediacenter.com

Ekrany dotykowe o dowolnym kształcie

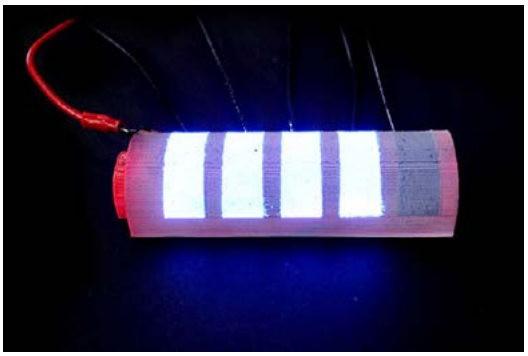
Zespół naukowców z Bristolu podważył powszechnie panującą opinię, że ekrany dotykowe są ograniczone do prostokątnych kształtów 2D.

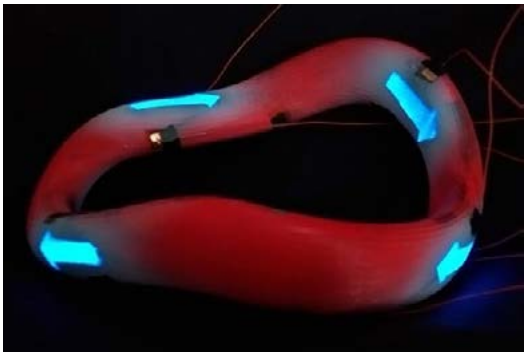
Inspiracją był sposób, w jaki tworzy się grafiti na ścianach budynków. Zastosowano nowatorską kombinację elektroniki, która pozwala na tworzenie wyświetlaczy na powierzchniach wykraczających poza zwykłe kształty prostokątne i 2D.

Technikę opracowaną przy udziale laboratorium medialnego Massachusetts Institute of Technology, nazwano ProtoSpray. Pozwala ona na drukowanie materiałami niezbędnymi do tworzenia wyświetlaczy. Na uzyskany wydruk można oddziaływać przy pomocy prądu, powodując np. świecenie lub wrażliwość na dotyk.

Dr Anne Roudant, specjalistka w zakresie interakcji człowiek-komputer, stwierdziła, że następnym krokiem będzie stworzenie maszyny, która może drukować w 3D, a następnie „rozpylać" te wydruki, tworząc w łatwy sposób ekrany dotykowe o dowolnym kształcie na dowolnie wybranych powierzchniach.

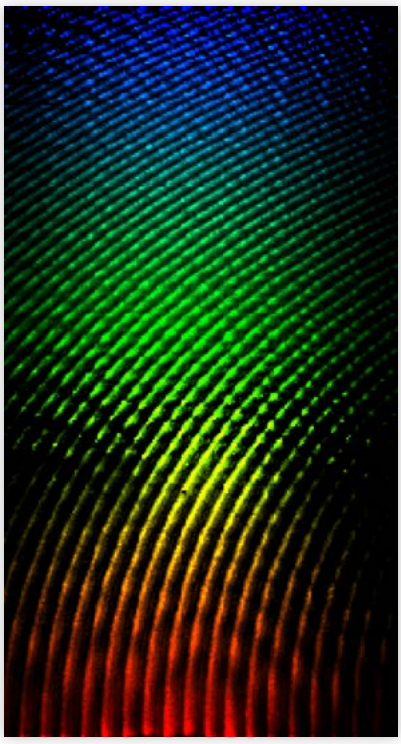
bristol.ac.uk



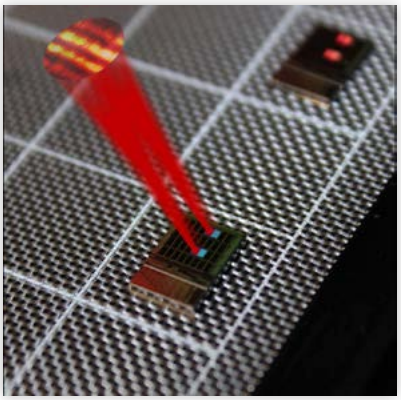


Krzemowy LIDAR

System wykrywania światła i określania jego odległości LIDAR staje się niezbędny, zarówno w samochodach autonomicznych, grach komputerowych, telefonach, jak i przeróżnych elektronicznych urządzeniach pomiarowych i gadżetach. Podobno Iphone 12, którego premiera zapowiadana jest niebawem, również wyposażony będzie w to urządzenie. Tymczasem dotychczasowe rozwiązania są duże, drogie i ze skomplikowanym, i często zawodnym sterowaniem elementami optycznymi.



Naukowcy z uniwersytetu Colorado, kierowani przez Nathana Dostarta, opracowali niewielki chip krzemowy pozbawiony ruchomych części i elektroniki, który zapoczątkował nowy sposób sterowania wiązkami laserowymi. Zastosowano wzór tęczy dla każdej długości fali do obrazowania 3D. Każdy kolor kierowany jest pod unikalnym kątem. Wiązki światła można łatwo kontrolować, a zmieniając kolor można jednocześnie sterować wieloma fazami, zwiększając lub zmniejszając oczekiwaną rozdzielczość. Mikrochip krzemowy jest również znacznie tańszy w produkcji niż dotąd stosowane rozwiązania.



colorado.edu

Nowy układ rozrządu

Wraz z rozwojem motoryzacji rosną apetyty na coraz to nowsze i ciekawsze rozwiązania. Oczekiwania rynku na lepsze, bardziej niezawodne i mocniejsze samochody zdopingowały producentów do intensywnych poszukiwań, a inżynierów do cięższej pracy. Niepowtarzalna linia nadwozia, czy futurystyczna elektronika, to dziś stanowczo za mało. Dla prawdziwych samochodziarzy liczy się przede wszystkim silnik. Ponieważ sam uważam się za jednego z nich, więc właśnie chęć skonstruowania czegoś nowego stała się główną inspiracją, dla której przed laty postanowiłem włączyć się do poszukiwań.

Jacek Majewski

Moje poprzednie artykuły poświęcone były już opracowanemu i opatentowanemu, ekologicznie czystemu, dwusuwowemu silnikowi spalinowemu nowej generacji. Ta nowatorska konstrukcja wymusiła konieczność dopracowania także pozostałych elementów. Okazało się bowiem, że niektóre stare rozwiązania nie do końca się sprawdzają w konfrontacji z nowym silnikiem. Jednym z takich elementów jest rozrząd.

Ponieważ cykl pracy silnika dwusuwowego zamyka się w 360° OWK, a nie w 720°, jak w przypadku czterosuwu, więc pozbycie się dwóch suwów znacznie ograniczyło czas na dokonanie wymiany ładunku w cylindrze. W nowym dwusuwowym silniku wałek rozrządu kręci się z taką samą prędkością jak wał korbowy, a więc z prędkością dwukrotnie wyższą od tradycyjnej. Aby nie pogarszać możliwości dokonania pełnej wymiany ładunku należałoby zastosować korzystniejszą charakterystykę i bardziej „strome" krzywki zaworowe. To jednak musiałoby zaowocować większymi prędkościami zaworów, powstaniem większych przeciążeń, a więc i podwyższonym zużyciem. Wprawdzie szybko obracający się wałek rozrządu przyczynia się do szybszego otwierania zaworów, tworząc tym samym korzystniejszą, bardziej „prostokątną" charakterystykę, ale dwukrotnie szybsze otwarcie zaworu wymusza również konieczność dwukrotnie szybszego jego zamknięcia. A to wymaga zastosowania jeszcze silniejszych sprężyn zaworowych. Twarde sprężyny zaworowe w silniku to niestety zło konieczne, a jeszcze bardziej twarde sprężyny zaworowe, to niestety jeszcze większe zło konieczne.

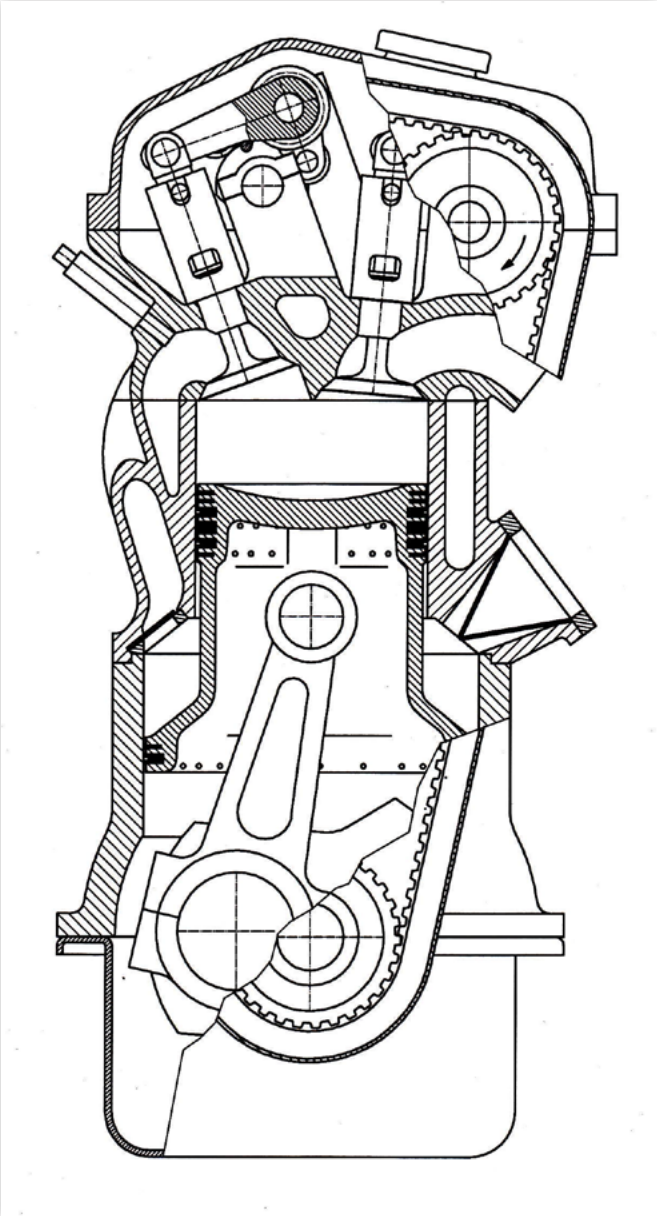
Przy okazji tworzenia nowego, dwusuwowego silnika spalinowego powstała więc paląca potrzeba przyjrzenia się tym sprzecznościom i znalezienia jakiegoś, w miarę logicznego kompromisu. Idealnym rozwiązaniem byłoby stworzenie całkiem nowego, prostego układu, o korzystnej charakterystyce, umożliwiającej równie szybką wymianę ładunku, przy znacznie mniejszych obciążeniach. Z racji na większe prędkości zaworów i większe siły boczne natychmiast pojawiają się dodatkowe wymagania w postaci znacznie pewniejszego prowadzenia trzonka zaworu, czy bardziej wydajnego smarowania. Przy tej okazji pokuśmy się jeszcze o kilka dodatkowych życzeń: mniejsze gabaryty, mniejsze obciążenia, wyższa trwałość elementów ruchomych, bezawaryjność, niższe koszty produkcji oraz brak konieczności ustawiania luzów zaworowych, co wyeliminowałoby konieczność stosowania ich hydraulicznej regulacji.

Podsumowując:

1. Korzystniejsza, bardziej „prostokątna" charakterystyka pracy rozrządu.
2. Szybsze otwieranie i zamykanie zaworów.
3. Lepsze prowadzenie i smarowanie zaworów, przy równoczesnym zmniejszeniu ich długości.
4. Znaczne zminimalizowanie obciążeń, przez usunięcie sprężyn zaworowych.
5. Brak konieczności ustawiania luzów zaworowych.
6. Zmniejszenie gabarytów całego układu rozrządu przez zmniejszenie średnicy koła pasowego, skrócenie długości zaworów i usunięcie hydraulicznych regulatorów luzów zaworowych.
7. Znaczne zredukowanie utraty mocy silnika niezbędnej do napędu rozrządu.
8. Znaczne zwiększenie żywotności i bezawaryjności całego układu.
9. Zmniejszenie kosztów produkcji.

W świetle znanych dotąd rozwiązań, wyżej wymienione wymagania są raczej niemożliwe do zrealizowania. Ale opracowany właśnie nowy i już opatentowany projekt: „Wielokrzywkowy system napędu zaworów silnika spalinowego" spełnia wszystkie te wymogi. Jego konstrukcja jest bardzo prosta, a jej nowatorstwo polega głownie na zastąpieniu sprężyn zaworowych dodatkową krzywką. Podstawową zasadą jest to, że jedna krzywka otwiera zawór, a druga go zamyka. Dlaczego więc tak prostego rozwiązania dotąd nie stosowano? Pewnie z kilku powodów. Po pierwsze, skoro nie istniała paląca potrzeba modyfikacji już istniejących rozwiązań to po co je zmieniać? Po drugie, nie istniały wówczas obrabiarki CNC, a wykonanie precyzyjnych krzywek bez ich pomocy byłoby obarczone znacznymi kosztami. Po trzecie, od silników spalinowych nie wymagano aż tak wyśrubowanych parametrów, a ich wielkość również nie miała większego znaczenia.

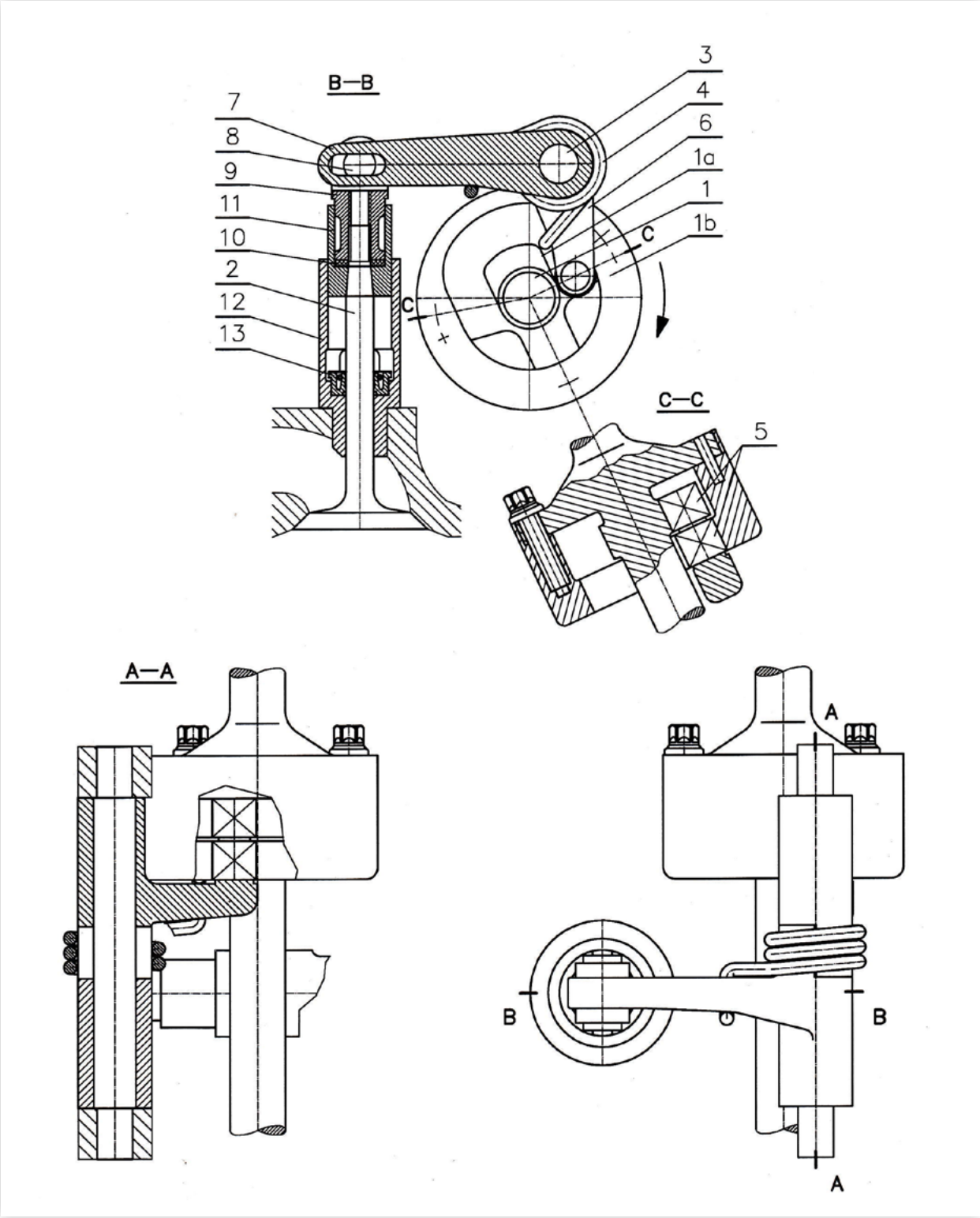
Nowe rozwiązanie może występować w dwóch wariantach. Wariant pierwszy, to dwie wzajemnie zintegrowane krzywki (wewnętrzna i zewnętrzna),



Rys. 1 Przykład zastosowania wielokrzywkowego systemu napędu zaworów do dwusuwowego silnika spalinowego

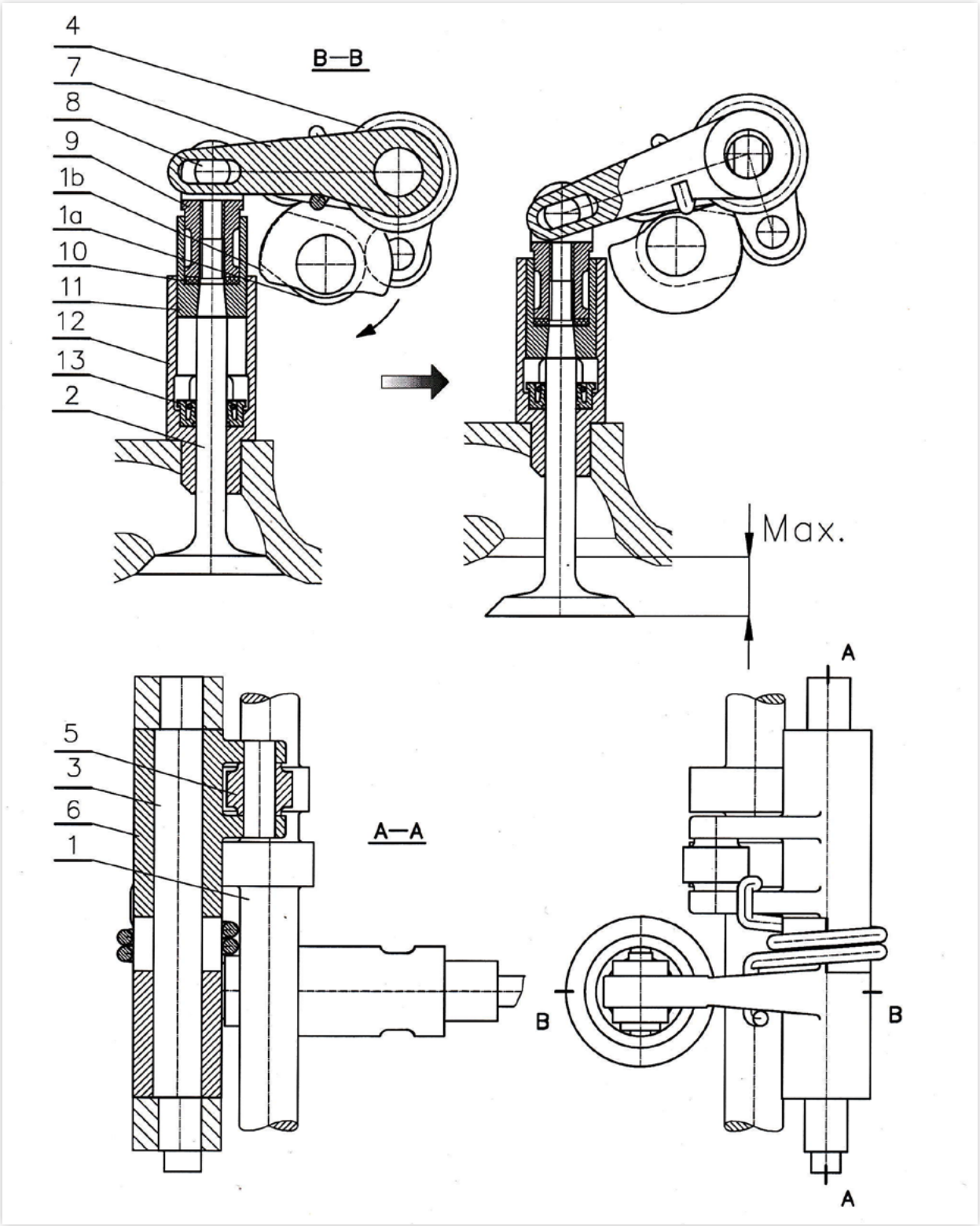
wraz z umieszczonymi między nimi rolkami i zastosowaniem dwuczęściowej dźwigni zaworowej. Drugi, to dwie tradycyjne krzywki zewnętrzne, współpracujące z dwiema rolkami osadzonymi na jednej, wspólnej dźwigni.

Zacznijmy jednak od konstrukcji samego zaworu. Tradycyjny długi trzonek zaworu prowadzony w pojedynczej, długiej, słabo smarowanej prowadnicy, narażony był na dewastujące działanie głównie sił bocznych, pochodzących głównie z jego napędu. W nowym rozwiązaniu trzonek zaworu podparty jest nie w jednym lecz w dwóch, skrajnie oddalonych od siebie punktach. Dolny punkt podparcia to dolna, znacznie skrócona



Rys. 2 Przykład rozwiązania wielokrzywkowego systemu napędu zaworów w wariancie z dwiema zintegrowanymi krzywkami (wewnętrzna i zewnętrzna)

prowadnica zaworowa, z tradycyjnym pierścieniem uszczelniającym. Górny punkt podparcia to większa, doskonale smarowana powierzchnia górnej części nowej prowadnicy, która przyjmuje oddziaływanie większości sił działających na dźwignię zaworu. Zamiana pojedynczej prowadnicy na dwie skrajne znacznie polepsza prowadzenie, przenosi większość obciążeń tradycyjnej, źle smarowanej, dolnej prowadnicy na górną i pozwala na znaczne skrócenie tej dolnej. Krótsza, dolna prowadnica i brak sprężyn zaworowych pozwalają także na zmniejszenie długości samego trzonka. W zasadzie sama idea tego rozwiązania z powodzeniem mogłaby być zaadaptowana również do tradycyjnego

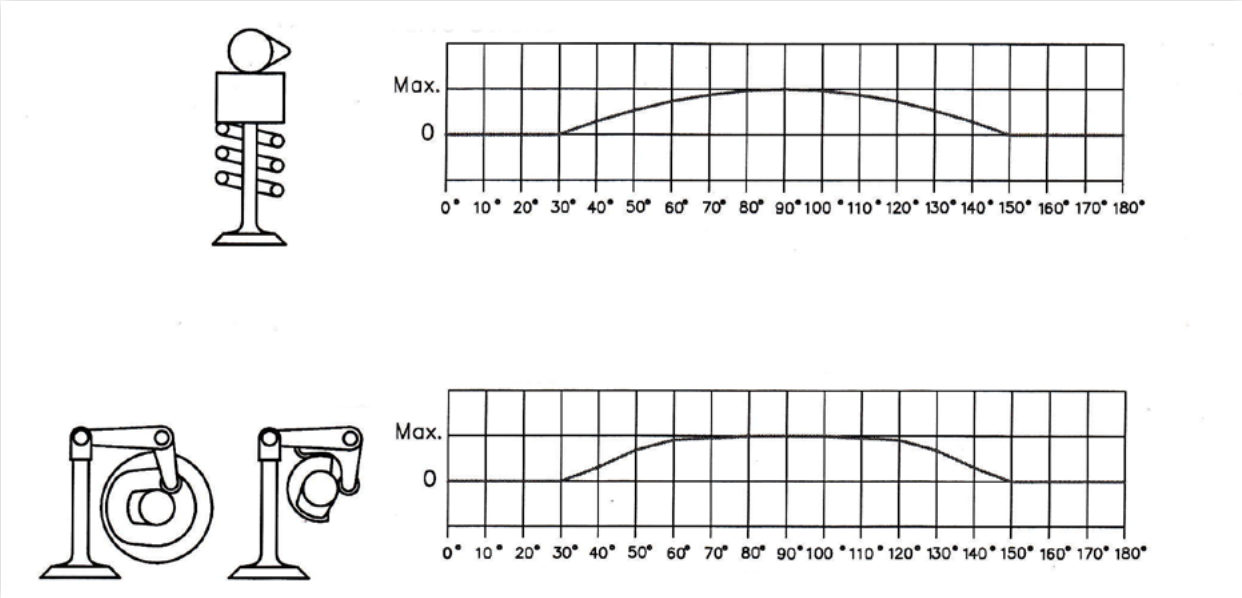


Rys. 3 Przykład rozwiązania wielokrzywkowego systemu napędu zaworów w wariancie z dwiema krzywkami zewnętrznymi

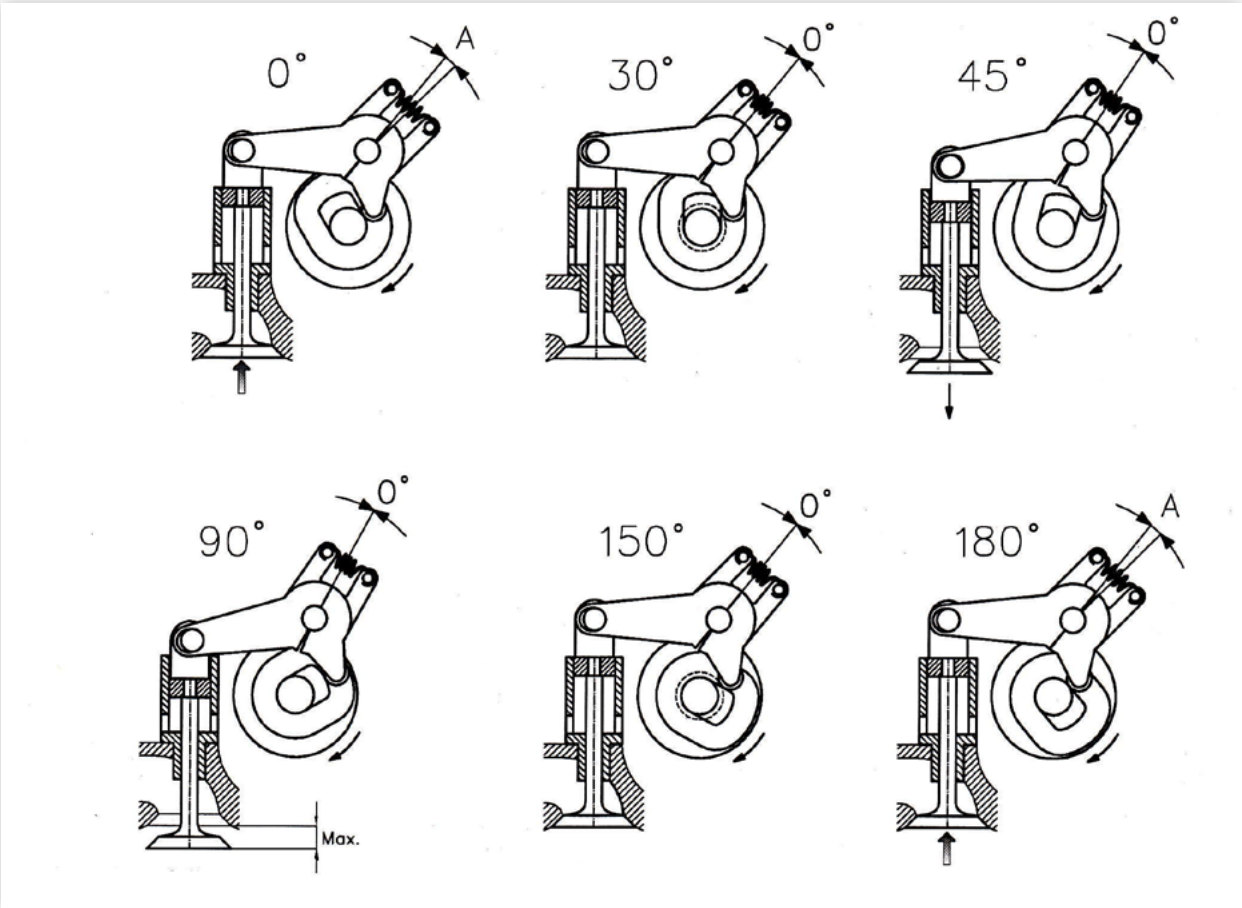
systemu ze sprężynami, co znacznie poprawiłoby warunki pracy całego rozrządu.

Istotą wynalazku nie jest jednak konstrukcja zaworu lecz system jego napędu (Rys. 2, 3).

Każdy zawór napędzany jest dwiema krzywkami (1a, 1b). Dźwignia zaworowa składa się z dwóch wzajemnie zazębionych części (6, 7), osadzonych obrotowo na wspólnym wałku (3). Obie części mogą wykonywać ruch obrotowy na wałku, przy czym ich zazębienie ma niewielki luz obwodowy (A). Luz ten jest zerowany przez niewielką sprężynę (4) spinającą obie części. Sprężyna ta w całym układzie pełni głównie rolę elementu dociskającego grzybek zaworu do gniazda w momencie jego zamknięcia.



Rys. 4 Wykresy charakterystyk pracy układów: tradycyjnego ze sprężyna zaworową, oraz dwóch wariantów nowego rozwiązania



Rys. 5 Fazy działania wielokrzywkowego układu rozrządu w funkcji kąta obrotu wałka rozrządu

A oto zasada działania nowego systemu, która w praktyce jest dość prosta, choć w opisie może robić wrażenie trochę zawiłej (Rys. 5): Zamknięty zawór nie może przemieszczać się ku górze, ponieważ grzybek zaworu opiera się o gniazdo zaworowe. Pozycja połączonej z zaworem, drugiej części dźwigni (7) jest więc uzależniona od pozycji zaworu. Pozycja pierwszej części dźwigni (6), zaopatrzonej w rolki (5), umieszczone między dwiema krzywkami, jest z kolei uzależniona od ich położenia. W tej chwili sprężyna jest napięta (położenie

0°). Objawia się to powstaniem maksymalnego luzu obwodowego (A) między obu częściami dźwigni. Napięta sprężyna powoduje przyciąganie drugiej część dźwigni, co przekłada się na docisk grzybka zaworu do gniazda. Kiedy wałek rozrządu zacznie się obracać, krzywka otwierająca (1a) wymusi ruch rolki, a więc pierwszej części dźwigni. Powoduje to zmniejszenie napięcia sprężyny, a tym samym zmniejszenie docisku grzybka zaworu do gniazda. Kiedy na skutek dalszego ruchu obrotowego wałka luz (A) zostaje wyzerowany (położenie 30°), nieruchoma dotąd druga część dźwigni zostaje zabrana przez ciągle poruszającą się pierwszą część. Zawór zaczyna się otwierać. Dalszy obrót wałka rozrządu wymusza ruch zaworu pod dyktando krzywki otwierającej (położenie 45°). Po osiągnięciu maksymalnego otwarcia zaworu (położenie 90°), czyli momentu przejścia części wznoszącej krzywki (1a) w cylindryczną, następuje zatrzymanie zaworu w pozycji otwartej. Wałek rozrządu porusza się nadal, aż do momentu rozpoczęcia działania krzywki zamykającej (1b) (położenie ok. 150°). Krzywka zamykająca wymusza ruch rolki, a dalej – pierwszej części dźwigni. Część ta, przy nadal wyzerowanym lub lekko zwiekszonym luzie (A) zaczyna „miękko" zabierać drugą część. Następuje zamykanie zaworu. Moment dotknięcia grzybka zaworu do gniazda jest momentem zatrzymania zaworu w pozycji zamkniętej i początkiem dalszego wzrostu luzu między częściami (położenie 150°–180°). Wraz z nim rośnie napięcie sprężyny i docisk grzybka zaworu do gniazda. Jeśli silnik osiągnie na tyle wysokie obroty, że podczas zamykania zaworu dość delikatna sprężyna nie będzie w stanie utrzymać pierwszej części na swojej pozycji, następuje rozciągnięcie sprężyny, aż do powstania maksymalnego luzu. Maksymalna wielkość luzu (A) po jednej stronie zazębienia, to zerowa wielkość luzu po drugiej stronie. Obie części dźwigni zetkną się więc po drugiej stronie i nastąpi „twarde" zabieranie pierwszej części i zamykanie zaworu.

Wyżej opisany luz obwodowy miedzy obiema częściami nie jest luzem zaworowym, w dotychczasowym rozumieniu. Nawet spory błąd jego wielkości nie ma żadnego wpływu na poprawne działanie układu. Jego wielkość określa konstruktor i nie podlega on żądnym regulacjom. Podobnie jest ze sprężyną, która służy głównie do docisku grzybka zaworu do gniazda. Jej sztywność może być wielokrotnie niższa od zestawu tradycyjnych sprężyn zaworowych.

Opisany system spełnia więc wszystkie, wyżej określone wymagania. Jest niezbędny dla prawidłowej pracy nowego, dwusuwowego silnika, co wcale nie oznacza, że nie może on być zaadaptowany do współczesnych silników czterosuwowych. Jest to nowy pomysł, który wymaga wykonania prototypu, przetestowania go i wprowadzenia niezbędnych poprawek. Silniki z takim systemem mogłyby być o wiele sprawniejsze, mniejsze i tańsze. Skończyłyby się problemy z okresową wymianą rozrządu, paska lub łańcuszka, czy z „wybijaniem" gniazd zaworowych na skutek działania silnych sprężyn zaworowych. Zniknęłyby też kłopoty z mechanizmem regulacji luzów zaworowych. Pozbycie się sprężyn zaworowych otwiera także drogę do kolejnego, bardzo ważnego kroku: do elektronicznego systemu sterowania zaworami. Wszyscy wiemy, jak ważne byłoby to usprawnienie. Mogłoby zmienić konstrukcje silników na miarę wprowadzenia elektronicznego wtrysku paliwa. Już teraz podejmowane są takie próby. Niestety, jak dotąd, z umiarkowanymi sukcesami. Główną przeszkodą okazuje się bowiem brak wystarczająco mocnego i szybkiego siłownika. Wymuszenie otwarcia zaworu z siłą przewyższającą siłę sprężyn zamykających w czasie ok. 0,001 sek. okazuje się nie do zrealizowania. Proponowane rozwiązanie może jednak okazać się pierwszym krokiem do osiągnięcia tego ambitnego zamierzenia.

inż. Jacek Majewski

Pierścienie ustalające firmy Smalley

– przegląd rozwiązań

Gwoździe, śruby, nakrętki, wkręty, szpilki… i długo jeszcze można wyliczać. Co łączy wszystkie te rzeczy? Są to tzw. elementy złączne, służące do łączenia różnych przedmiotów. Skoro jednak jest tyle rodzajów elementów złącznych, to skąd wiadomo, którego należy użyć? Wiąże się to z charakterystyką zastosowania. W grę wchodzą takie czynniki jak warunki zewnętrzne, łatwość instalacji, ograniczenia materiałowe i wagowe, koszty i estetyka, a także możliwość wielokrotnego użycia.

Podobnie w przypadku pierścieni ustalających produkcji firmy Smalley – najpierw musimy przyjrzeć się czym są pierścienie ustalające i kiedy się je stosuje.

CZYM SĄ PIERŚCIENIE USTALAJĄCE?

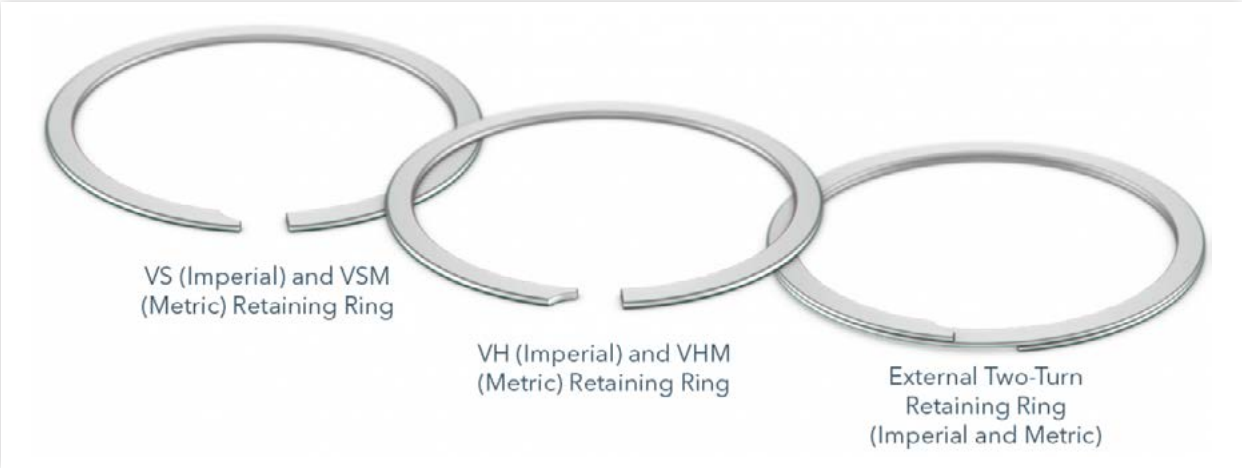
Pierścień ustalający to rodzaj elementu złącznego, którego zadaniem jest utrzymanie razem dwóch współpracujących części. Jest to wykonany z metalu, okrągły element, umieszczany w rowku (w obudowie lub na wale).

Wyróżniamy pierścienie ustalające wewnętrzne oraz zewnętrzne. Wewnętrzne mocowane są w rowku obudowy, a zewnętrzne w wyżłobieniu wału (Rys. 2).

PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ

Pierścienie ustalające mogą posłużyć jako wyjmowalne kołnierze. Stanowią w tym przypadku alternatywę dla kołnierzy wykonywanych w procesie obróbczym, dzięki czemu pozwalają wyeliminować potrzebę skomplikowanej obróbki, a w konsekwencji zapewniają optymalizację procesu produkcyjnego poprzez redukcję kosztów i masy oraz oszczędność czasu.

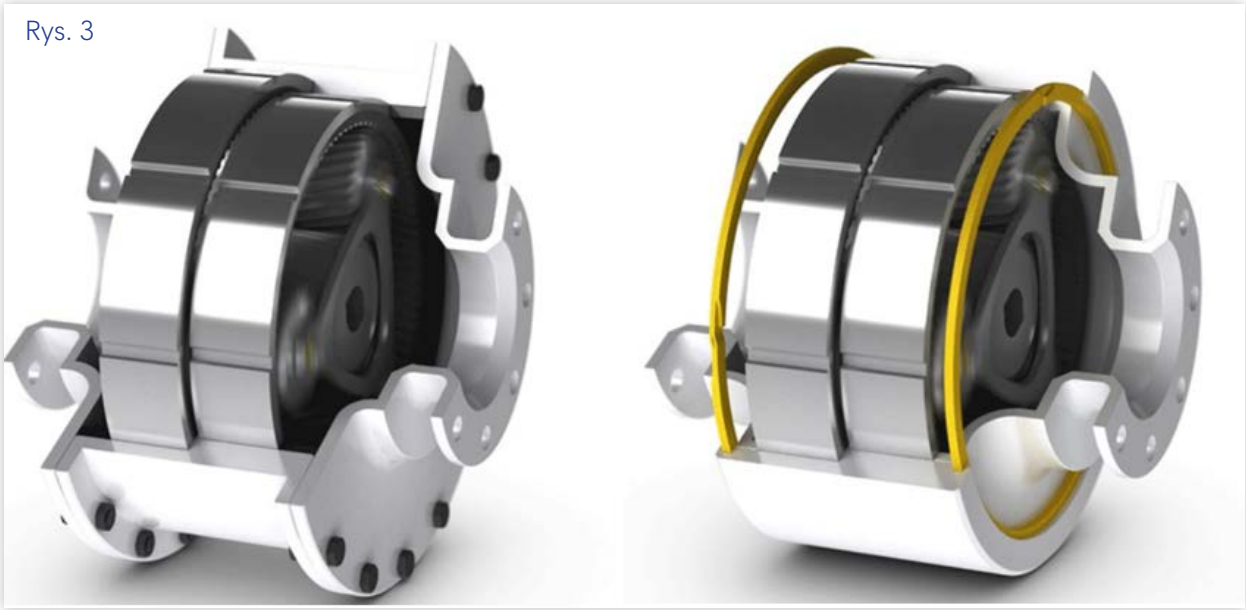
Ich zastosowanie może także wiązać się z ogólną racjonalizacją konstrukcji całego złożenia. Przykładowo, pojedynczy pierścień jest w stanie zastąpić połączenie śrubowe w konstrukcji przekładni, eliminując potrzebę wiercenia i gwintowania otworów, jak też przyczyniając się do



Rys. 1

Rys. 2 Pierścienie ustalające: wewnętrzny i zewnętrzny

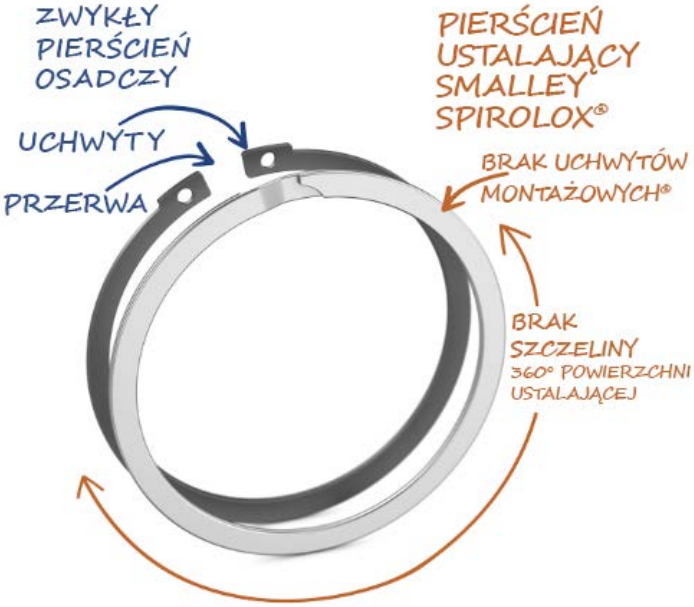
Rys. 3



uproszczenia procesu montażu, a co za tym idzie, także do redukcji kosztów. W prezentowanym na rysunku 3 przykładzie ponad dwadzieścia śrub zostało zastąpionych pojedynczym pierścieniem ustalającym.

PIERŚCIENIE USTALAJĄCE SMALLEY'A

Mimo że dostępnych jest wiele rodzajów pierścieni, inżynierowie wyróżniają pierścienie Spirolox ze względu na ich równy profil, wygodę obsługi i niezawodność. Zaletą pierścieni Spirolox, określanych także pierścieniami spiralnymi, jest ich konfiguracja. Podczas gdy konwencjonalne pierścienie osadcze mają wystające uchwyty, tzw. uszy,



Rys. 4

pierścienie Spirolox mają jednolity wymiar promieniowy na całym obwodzie, dzięki czemu z łatwością wpasowują się pomiędzy współpracujące elementy (Rys. 4). Mają jednolity przekrój poprzeczny i estetyczną powierzchnię, pozbawioną przerw, dzięki czemu zapewniają równomierną siłę ustalającą w zakresie 360 °, pozwalając na równy rozkład obciążeń i utrzymując współpracujące elementy na właściwym miejscu.

Co więcej, pierścienie Spirolox są także łatwe w montażu i demontażu, gdyż w przeciwieństwie do innych pierścieni, nie wymagają specjalnych narzędzi. Montowane są poprzez rozgięcie, a wyjmowanie ułatwia specjalny karb demontażowy, umożliwiający rozgięcie pierścienia.

METODA PRODUKCJI

Po omówieniu charakterystyki pierścieni ustalających i ich zastosowań, zobaczmy jak powstają takie pierścienie. W przeciwieństwie do pierścieni osadczych, które są kute z arkuszy blachy stalowej, pierścienie Spirolox powstają w procesie nawijania krawędziowego (Rys. 5). Zdaniem specjalistów z firmy Smalley, tylko taka metoda produkcji pozwala uzyskać precyzyjne a jednocześnie sprężyste elementy.

Nawijanie krawędziowe polega na zaginaniu po krawędzi specjalnego drutu o płaskim profilu, co stanowi tani i wydajny proces produkcyjny, który w odróżnieniu od wykuwania pierścieni osadczych nie wiąże się z generowaniem strat materiałowych, dość istotnych w przypadku elementów o dużej średnicy. Dzięki temu wykonanie pierścieni typu Spirolox nawet z niestandardowych materiałów staje się przystępnym ekonomicznie rozwiązaniem.

Inną zaletą procesu nawijania krawędziowego jest elastyczność konfiguracji. Zmiana parametrów produktu nie wiąże się z dodatkowymi kosztami oprzyrządowania i narzędzi. Produkcja niestandardowych pierścieni osadczych wymaga poniesienia także kosztów wykonania nowych narzędzi, co wiąże się z wydłużeniem czasu wdrożenia, podczas gdy w procesie nawijania krawędziowego istnieje możliwość modyfikacji parametrów produktu na bieżąco, zarówno w fazie prototypowej, jak i podczas produkcji seryjnej. Stanowi to duże ułatwienie w przypadku zapotrzebowania na niestandardowe pierścienie ustalające.

RÓŻNE RODZAJE PIERŚCIENI USTALAJĄCYCH

Od najlżejszych, po masywne i bardzo wytrzymałe pierścienie *heavy-duty*, Smalley oferuje ponad 6 tysięcy standardowych pierścieni ustalających, podzielonych na 30 konfiguracji. Obejmują one pierścienie jednozwojowe oraz o większej liczbie zwojów, w zależności od przewidywalnych obciążeń. W palecie standardowej znajdują się pierścienie o wymiarach

Rys. 5 Porównanie pierścieni nawijanych krawędziowo i kutych

Typ	Jednozwojowe pierścienie Spirolox	Wielozwojowe pierścienie Spirolox	Pierścienie o stałym przekroju	Hoopster	WaveRing
Opis	Spiralny, płaski pierścień; poniżej jednego obrotu	Spiralny pierścień z płaskiego drutu, z więcej niż jednym obrotem	Pierścień o prostopadłych krawędziach i grubym przekroju	Cienkościenny pierścień do płytkich rowków	Spiralny pierścień falisty
Obciążenie	lekkie	od średniego po duże	od średniego po duże	lekkie	od średniego po duże
Zamiennik	e-clip	pierścienie osadcze	pierścienie Eaton	kołnierze	pierścienie skośne/ stożkowe, kombinacja pierścienia i sprężyny wstępnie obciążającej

od 6 do 400 milimetrów, wykonane ze stali węglowej lub nierdzewnej. Jeśli dotąd stosowali Państwo pierścienie osadcze, istnieje możliwość doboru pierścieni Spirolox odpowiadających danemu rozmiarowi rowka. Szczegółowe informacje zawarte są w tabeli zamienników.

Główne rodzaje pierścieni ustalających to: pierścienie Spirolox jednozwojowe i wielozwojowe, pierścienie o stałym przekroju, pierścienie typu Hoopster oraz faliste WaveRing. Podstawową charakterystykę poszczególnych pierścieni przedstawia tabela powyżej.

DOSTĘPNE MATERIAŁY

Standardowe pierścienie Spirolox wykonane są ze stali węglowej, stali nierdzewnej 302 lub 316, podczas gdy pierścienie o stałym przekroju oraz typu Hoopster wykonane są standardowo ze stali węglowej lub nierdzewnej 302.

Pierścienie ustalające mogą być wykonane także z szerokiej gamy materiałów niestandardowych. Zapraszamy do zapoznania się z poradnikiem nt. doboru materiału i konsultowania się z ekspertami firmy Smalley w celu dopasowania optymalnego materiału dla Państwa potrzeb.

Na czas wysyłki wyprodukowane przez firmę Smalley pierścienie są zabezpieczane przed korozją przy pomocy oleju. Dodatkowo, oferowane są różnego rodzaju powłoki ochronne, w zależności od wymagań danego zastosowania. Do typowych rodzajów powlekania należą żelazowanie, cynkowanie i kadmowanie.

Zapraszamy do aplikacji pierścieni ustalających Smalley w Państwa konstrukcjach. Zachęcamy do:

- przesyłania specyfikacji,
- zamawiania próbek.

Więcej informacji: https://www.smalley.com/retaining-rings/smalley-retaining-rings

Liczy się każdy gram

Supersamochody: lekkie i zwinne

W ostatnich latach można zaobserwować tendencje coraz większego oddalania się samochodów sportowych od sportu motorowego. Większość z nich nie bierze udziału w wyścigach i rajdach. Wystarczają im zmagania na prostej, 400-metrowej trasie lub medialne pokazy na uznanych trasach testowych, np. Nordschleife. W sporcie zastępują je podobne z zewnątrz egzemplarze, nie mające technicznie wiele wspólnego z tymi, które oferowane są klientom.

Ryszard Romanowski

Do historii przeszły często powtarzane przez Ettore Bugatti'ego twierdzenia, że prawdziwą wartość samochodu poznaje się jedynie podczas sportowej rywalizacji. W tamtych czasach klienci chętnie kupowali prawie nowe samochody, które jednak miały krótką wyścigową przeszłość. Płacili za nie więcej niż za auta pochodzące prosto z fabryki.

Obecnie, dzięki działom marketingu, bardziej niż masa, konstrukcje zawieszeń, silników i aerodynamika liczy się luksusowe wyposażenie wnętrza, systemy multimedialne itp. Nic dziwnego, że nawet w klasie supersamochodów masa niższa niż 1400 kg należy do rzadkości.

Wyjątkiem była Alfa Romeo 4C, o wyścigowej konfiguracji zawieszeń, ważąca poniżej 900 kg. Tymczasem powoli powracać zaczęły dawne legendy Formuły 1, mistrzowie zupełnie nie podobni do dzisiejszych. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku potrafili walczyć za kierownicą o mistrzostwo świata i konstruować samochody. Jako że w większości pochodzili z antypodów wspólnoty brytyjskiej kibice nazywali ich Kiwi, bez względu na to, czy wywodzili się z Nowej Zelandii, Australii czy RPA.

W roku 2018 zaprezentowano bezkompromisowy supersamochód Brabham BT 62. W zarządzie firmy Brabham Automotive znajduje się David Brabham, syn potrójnego mistrza świata F-1 z lat 1959, 1960 i 1966 Jacka, który był również pierwszym kierowcą F-1 wygrywającym wyścig za kierownicą auta własnej konstrukcji. Pokonujący w pełnym, czterokołowym ślizgu zakręty z prędkością ponad 200 km/h „Black" Jack do dzisiaj

artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Spawalność stali czystych – podstawy fizyczne

cz. 1

Adam Jastrzębski, Ilona Jastrzębska, Zbigniew Prusak, Ryszard Jastrzębski

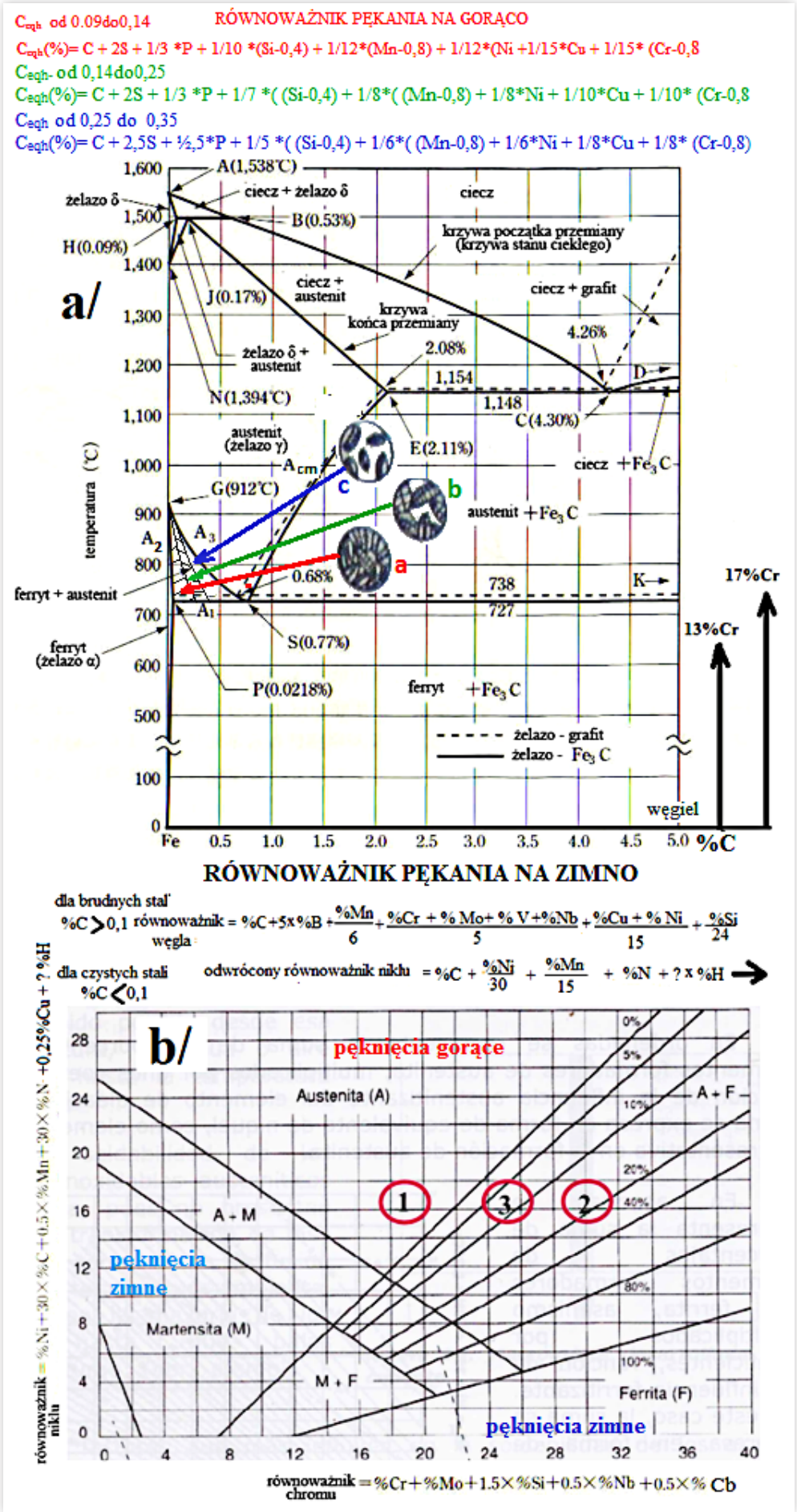
Współcześnie super czyste stale wysokowytrzymałe S690 podgrzewa się do 80 °C matami grzejnymi i do 100 °C propanem, w celu usunięcia wykraplającej się wilgoci i gazów. Przekroczenie temperatury międzyściegowej powyżej 200 °C w przypadku spawania stali wysokowytrzymałych jest niedopuszczalne, ze względu na ryzyko jej przegrzania skutkującego rozrostem ziaren. Po spawaniu należy materiał wygrzewać, aby zniwelować niekorzystny wpływ wodoru jako pierwiastka stopowego powodującego utwardzenie.

Na rysunku 1a przedstawiono zmodyfikowany wykres żelazo-węgiel z równoważnikami węgla do analizy pękania gorącego i równoważnikiem węgla do pękania zimnego dla stali zanieczyszczonych i współczesnych stali czystych.

Stale stopowe można podzielić na stale czarne (średniostopowe) i białe (wysokostopowe). Można je następnie podzielić na stale podatne na pęknięcia zimne (wodorowe), stale ze skłonnością do pęknięć gorących (krystalizacyjnych) oraz stale pękające na oba wymienione sposoby. Na rysunku 1 podano wzory przeliczające wpływ pierwiastków stopowych na działanie węgla zarówno w przypadku pękania gorącego jak i pękania zimnego spoin. Do przedstawionego podziału opracowano trzy typy technologii spawania. Stale pękające na zimno należy podgrzewać przed spawaniem, stosować dużą energię liniową (używać techniki spawania zakosowego) i obrabiać cieplnie po spawaniu. Stale o niskiej wytrzymałości, ze względu na dyfuzję zanieczyszczeń, pękają przy linii wtopienia od strony materiału rodzimego, natomiast stale czyste (drobnoziarniste), super wytrzymałe pękają przy linii wtopienia od strony spoiny. W przypadku spawania stali białych, tj. martenzytycznych i ferrytycznych, nagrzewanie realizuje się większym jeziorkiem uzyskanym przez zwiększanie napięcia łuku.

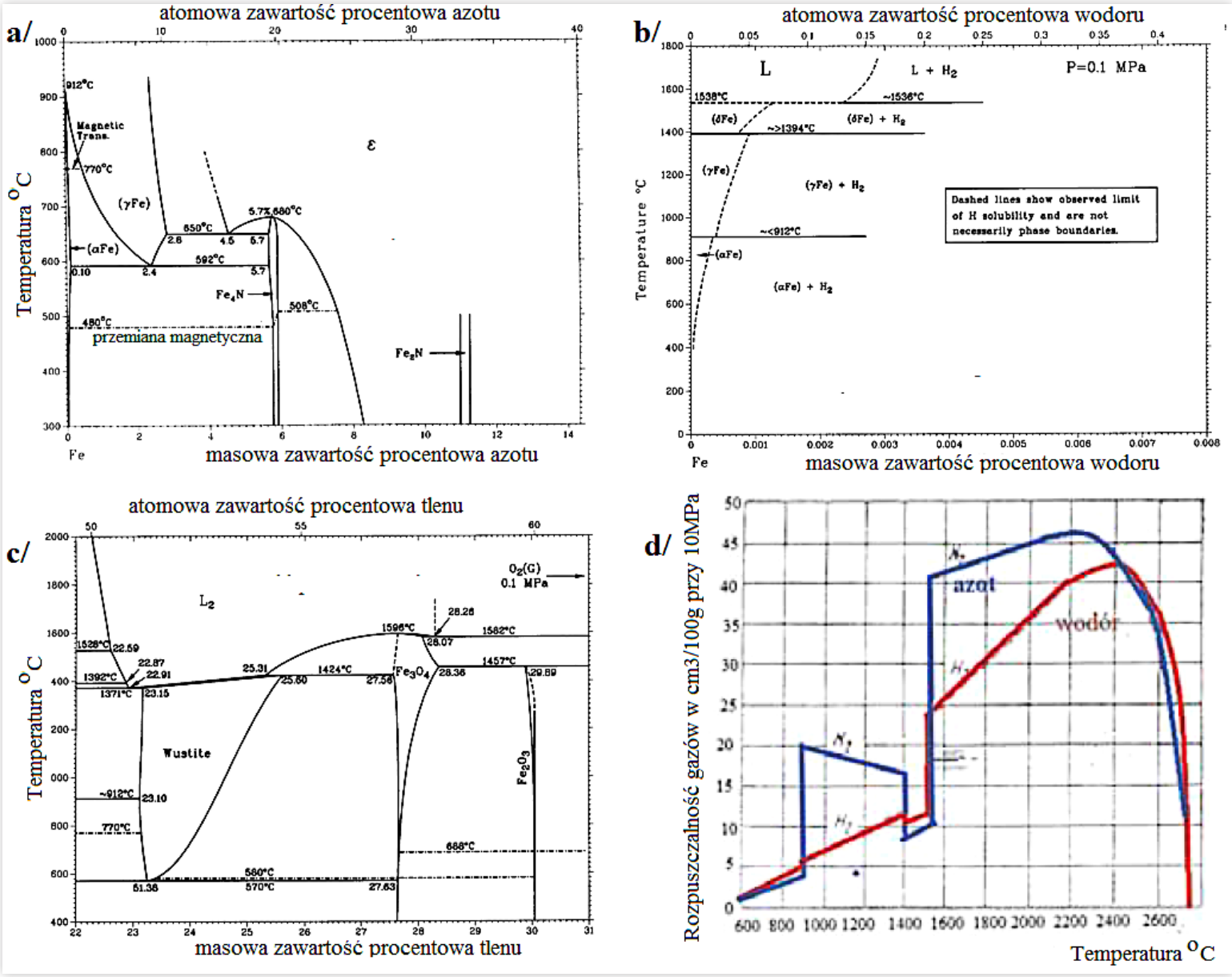
Właściwości struktury martenzytycznych stali wysokostopowych zależą od zawartości węgla, która może być na poziomie 0,1%, 0,05% lub 0,02%. Jeżeli stal martenzytyczna zawiera mniej niż 0,02% węgla, wówczas martenzyt jest wytrzymały i plastyczny. Jeżeli zaś stal martenzytyczna zawiera powyżej 0,1% C, wówczas martenzyt jest wytrzymały, twardy i kruchy. Taką stal należy spawać spoiwem ER307, a powierzchnie narażone na korozję gazową należy napawać stopiwem martenzytycznym. Jak wynika z wzorów na rysunku 1 w przypadku stali wysokostopowych o zawartości węgla 0,002% hartowanie tych stali wywołuje nikiel. Jak wynika z doświadczeń japońskiej metalurgii, w przypadku stali wysokowytrzymałych o 10 razy mniejszej zawartości siarki od tradycyjnych stali konstrukcyjnych hartowanie tych stali wywołuje wodór.

Stale, które pękają na gorąco należy spawać z wykorzystaniem mniejszych energii



Rys. 1 Wykres żelazo węgiel z równoważnikami węgla – pękania gorącego i pękania zimnego (brudne stale konstrukcyjne i czyste stale wysokowytrzymałe) i wykres DeLonga polskich i amerykańskich stali wysokostopowych

liniowych i krótkim łukiem (który nie grzeje jeziorka i odbiera ciepło topienia podłoża), starając się topić w łuku jak najwięcej drutu i zabierać ciepło topienia. Dlatego, aby kontrolować długość łuku przy spawaniu TIG stali austenitycznych, należy spawarkę wyposażyć w woltomierz (8–10 V). Przy spawaniu stali kriogenicznych łuk powinien być wręcz „zanurzony"; z tego powodu do spawania tych stali stosuje się elektrody zasadowe, przy których po wciśnięciu elektrody do jeziorka łuk elektryczny jarzy się w środku otuliny. Ponieważ stale te łatwo się magnesują, można z powodzeniem spawać je specjalną elektrodą zasadową prądem zmiennym, albo metodą MAG z informatycznym sterowaniem łuku spawalniczego z góry na dół. W przypadku spawania stali przegrzewających się zamiast pojęcia energii liniowej stosuje się raczej pojęcie ciepła wprowadzonego. Pojęcia te różnią się tym, że przy energii liniowej nie bierze się pod uwagę ciepła topienia. W pierwszym przypadku moc łuku (U·I) dzieli się przez prędkość spawania, natomiast przy cieple wprowadzonym



Rys. 2 Wykresy przemian fazowych tlenu, azotu i wodoru z żelazem

(energii masowej odczytywanej na spawarce), bierze się pod uwagę ciepło topienia, a moc dzieli się przez prędkość podawania drutu. W tłumaczeniach zazwyczaj te pojęcia są mylone.

W przypadku spawania stali wysokowytrzymałych drobnoziarnistych i stali super duplex należy dopilnować zarówno minimalnej energii liniowej, jak również maksymalnej wartości ciepła wprowadzonego, temperatury podgrzewania oraz temperatury międzyściegowej.

W przypadku spawania stali super duplex należy topić więcej drutu, co w przypadku MAG wiąże się ze stosowaniem drutu proszkowego (rurka topi się szybciej niż drut lity). Można również stosować nowoczesne elektroniczne zasilacze prądu zmiennego niesymetrycznego, które umożliwiają regulację szybkości stapiania drutu, niezależnie od prądu spawania.

Stali drobnoziarnistych wysokowytrzymałych nie wolno łączyć ściegami zakosowymi. Należy je spawać wyłącznie prostymi ściegami. Parametrami kontrolowanymi będą raczej: maksymalna szerokość ściegu oraz maksymalna i minimalna prędkość spawania, wynosząca około 0,5 m/min. Prędkość spawania określa się na podstawie obserwacji

rozmiaru jeziorka spawalniczego. Poza stalami drobnoziarnistymi występują nanostale, których ziarno można zobaczyć pod mikroskopem elektronowym. Cena takiej stali, ze względu na jej wysoką czystość, jest porównywalna z ceną złota, a wykorzystywana jest ona np. w reaktorach termojądrowych.

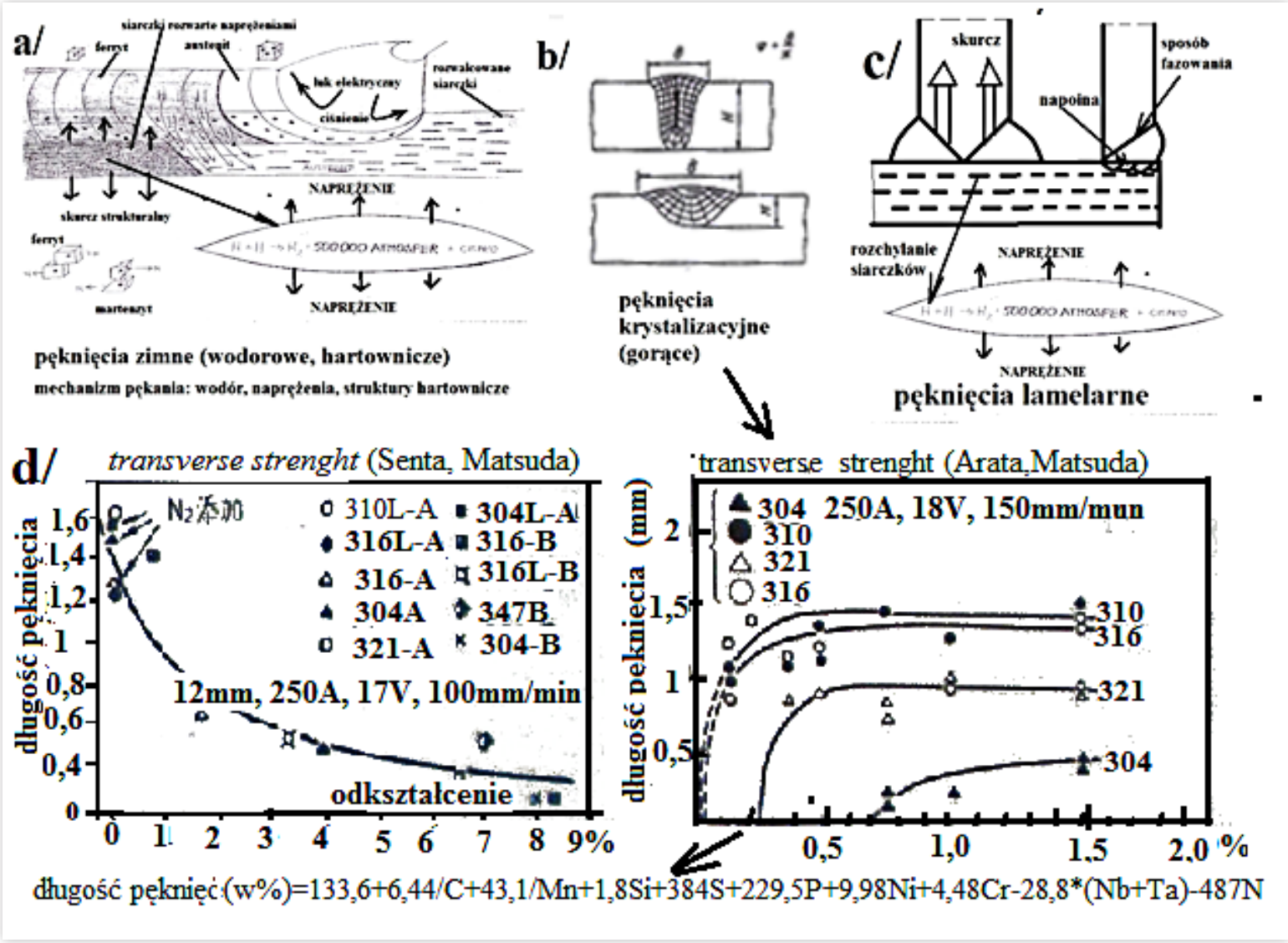
Na rysunku 2a-c przedstawiono wykresy przemian fazowych żelaza z gazami, dla czystych stali bez siarki. Na rysunku 2d pokazano rozpuszczalność wodoru i azotu w ciekłej stali, austenicie i ferrycie, w zależności od temperatury.

W badaniach połączeń spawanych, wykorzystujących szereg metod badawczych w zapobieganiu pękaniu spoin, istnieją schematy zjawisk fizycznych występujących podczas pękania, wypracowane na podstawie badań dylatometrycznych, wykresów przemian fazowych, wykresów chłodzenia oraz zbiorów danych (jak tabele oraz matematyczne równowagowe metody wyznaczania wykresów przemian fazowych i spawalności stali). Pojęcie spawalności wiąże się z wykonaniem spoin bez pęknięć i jest związane z poziomem technologii.

Kiedy w energetyce wprowadzano sztywne ekrany szczelne (rury połączone spoiną z płaskownikiem gdzie występuje trudność w zgubieniu skurczu poprzecznego spoiny), dominujące w energetyce spawanie gazowe nie pozwalało wykonać przetopu bez mikropęknięć. Obecność mikropęknięć przy ciśnieniu 150 atmosfer i temperaturze 400 °C powoduje zniszczenie rury w tydzień. Niewielka nieszczelność powoduje, że rozprężająca się para tnie sąsiednie rurki jak laser i w wyniku lawinowego działania cała ściana ekranu szczelnego jest do wymiany. Przy remontach takich konstrukcji koniecznym było wówczas opanowanie spawania TIG przy wietrze wywołanym różnicami temperatur na hali, wokół kotła pracującego i remontowanego. W ciepłownictwie, wykonanie na wietrze przetopu metodą TIG z soczewką do laminarnego wypływu gazów, pozwalającą uniknąć wystąpienia mikropęknięć (zamiast wykonania przetopu elektrodą otuloną) pozwoliło na zwiększenie gwarancji rurociągów preizolowanych z 15 lat do 30 lat.

Pęknięcia dzielimy na zimne (wodorowe) i gorące (krystalizacyjne). Aby uniknąć zimnych pęknięć materiał należy podgrzewać przed spawaniem. Z kolei, aby zapobiec powstawaniu pęknięć gorących należy materiał chłodzić, np. gazem formującym grań spoiny. Pęknięcia zimne przebiegają poprzez ziarna i mają szklisty przełom, natomiast pęknięcia gorące biegną po granicach ziaren, a ich przełomy są metaliczne. Pęknięcia zimne są wywołane wystąpieniem naprężeń odpowiedzialnych za koncentrację wodoru atomowego w obszarze podściegowym (Rys. 3a). Pęknięcia gorące są wywołane skurczem, powodującym rozproszenie niskotopliwych siarczków po granicach ziaren (Rys. 3b). Dlatego najczęściej na zimno pękają stale czarne konstrukcyjne (naprężenia związane z przemianą fazową), a na gorąco – stale białe austenityczne, które wykazują prawie dwa razy większy skurcz termiczny. Siarczki żelaza o niskiej temperaturze topnienia gromadzą się po granicach ziaren i podczas skurczu, w wyniku niedoboru cieczy powstaje matowa szczelina. Dlatego skutecznym sposobem zapobiegania pęknięciom gorącym stali zanieczyszczonej siarką jest dodawanie manganu o większym powinowactwie do siarki, którego siarczki mają wyższą temperaturę topnienia. W przypadku stali austenitycznych zastosowanie stopiwa o 15% zawartości ferrytu o niższym skurczu pozwala ścisnąć ciekłe siarczki po granicach ziaren i uniknąć pęknięć. W przypadku stali austenitycznych żarowytrzymałych musimy zastosować stopiwo austenityczne i jedynym ratunkiem jest podgrzewanie zmniejszające skurcz termiczny austenitu. Zastosowanie austenitu 307 z manganem (18%Cr+18%Ni+6%Mn) powoduje, że w czasie stygnięcia spoiny jest trochę ferrytu i spoina nie pęka.

Do wykonania kanałów spalin odpornych na działanie korozyjne gazów w wysokiej



Rys. 3 Mechanizm pękania a) zimnego (wodorowego), b) gorącego (krystalizacyjnego), c) lamelarnego i d) wykresy pękania gorącego stali wysokostopowych

temperaturze stosuje się stale wysokostopowe chromowe ferrytyczne, które się hartują i pękają na zimno, jak stale czarne. W latach 80-tych w hucie im. Lenina w Krakowie, gdzie stosowano stale 430, kanały spalin z stali ferrytycznej spawano spoiwem miękkim austenitycznym 307 i powierzchnię poddawaną korozji gazowej napawano spoiwem twardym 430.

Obecnie w Japonii, gdzie dysponują stalami wysokostopowymi o cztery razy mniejszej zawartości węgla (niż w stali 430) wyjaśnienie sposobów zapobiegania zjawisku pogarszania się udarności spoiny, zachodzącemu podczas spawania stali nierdzewnej ferrytycznej typu SUS430, przedstawia się następująco:

Aby ograniczyć zwiększanie się kryształów oraz powstawanie martenzytu, należy stosować takie parametry spawania, by energia liniowa nie była zbyt wysoka. Aby ograniczyć pogarszanie się udarności w strefie wpływu ciepła należy ograniczyć zawartość węgla i azotu, i stosować materiały zawierające takie pierwiastki jak niob, tytan czy cyrkon (np. materiały typu SUS430LX bądź 430J1L). Aby zachować udarność spoiny dobrze jest stosować materiały spawalnicze zawierające niob który ogranicza powiększanie się ziaren. Według autorów zamiast przejmować się energią liniową trzeba skrócić długość łuku lub zastosować elektroniczne spawarki pozwalające spawać niskim napięciem

w stosunku do łuku (niska temperatura jeziorka spawalniczego) albo spawać drutem proszkowym (rurkowym) bo rurka szybciej się topi i obniża temperaturę jeziorka spawalniczego ciepłem topienia drutu proszkowego.

Odmianą pęknięć zimnych są pęknięcia zwłoczne i pęknięcia lamelarne (Rys. 3c). Pęknięcia zwłoczne powstają po pewnym czasie, potrzebnym by wodór „przewędrował" z blachy do rozwalcowanych siarczków rozchylanych naprężeniami spawalniczymi podściegowymi (od mniejszego stężenia do większego stężenia – odwrotnie niż mówią wzory chemiczne dotyczące dyfuzji). Pęknięcia lamelarne powstają w złączach teowych pod ściegiem na rozsuwanych skurczem spoiny teowej rozwalcowanych siarczkach. Istnieją też pęknięcia odprężeniowe, które powstają w trakcie nieodpowiedniego wyżarzania czyli nieodpowiedniej obróbki cieplnej. Pęknięcia te powstają podczas odprężeniowej obróbki cieplnej spoin. Jak wynika z wzorów na rysunku 1 modele zjawisk występujących podczas pękania nie mają jednak odzwierciedlenia w przypadku nowoczesnych czystych stali wysokowytrzymałych, charakteryzujących się 100-krotnie mniejszą zawartością siarki oraz nie zawierających węgla stali wysokostopowych martenzytycznych i ferrytycznych, w których efekt utwardzenia (hartowania) wywołuje nikiel oraz wodór (w czystych stalach gazy : H_2, O_2 i N_2 są pierwiastkami stopowymi).

OPISOWE MODELE PĘKANIA

Na rysunku 3a zademonstrowano przestrzennie centryczną (węgiel w środku kryształu) strukturę ferrytu i płasko-centryczną strukturę austenitu (węgiel w środku ścian). Przemiana austenitu w ferryt wiąże się ze skurczem i jeżeli spoina będzie miała wyższą zawartość pierwiastków stopowych wówczas przemiana ta zachodzi w niej jeszcze szybciej. Kiedy zaś przemiana austenit→ferryt następuje pod spoiną, powstają wówczas naprężenia w kierunku poprzecznym (grubości), implikując rozsuwanie „płaskich" wtrąceń siarczkowych. W takie obszary łatwo dyfundują atomy wodoru. Jeżeli zawartość wodoru atomowego jest podwyższona, występuje tendencja do łączenia w cząsteczki dwuatomowe H_2, które lokując się w strukturze siarczków prowadzą do pękania stali. Pękanie to wspomagane jest przez egzotermiczną reakcję łączenia wodoru atomowego w wodór cząsteczkowy oraz gwałtowny wzrost ciśnienia. Obecność wodoru atomowego w stali stanowi duże ryzyko wstąpienia pęknięć (ze względu na jego tendencję do dyfuzji), powodując i powstanie lokalnych naprężeń. Tym sposobem przemieszczające się atomy wodoru wywołują kolejne mikropęknięcia zwłoczne, które mają charakterystyczny „błyszczący" przełom.

Jak przedstawia rysunek 3a, przy szybkim chłodzeniu, powodującym brak możliwości swobodnego przemieszczania węgla, powstają nieregularne kryształy martenzytu, przypominające swoją geometrią kamienie. Dla takiej struktury siły wywołujące poślizg są większe od sił potrzebnych do poślizgu idealnych kryształów. Zjawisko to implikuje wyższą mikrotwardość i wyższą kruchość struktury martenzytycznej. W przypadku spawania złączy teowych (Rys. 3c) skurcz spoiny „dokłada" dodatkowe naprężenia wynikające z konstrukcji złącza spawanego, powodując rozwarstwianie płaskich zanieczyszczeń siarczkowych i wynikowe pękanie strefy wpływu ciepła (SWC). Ochroną przed tego typu pęknięciami jest stosowanie złączy o konstrukcji doczołowej.

Najskuteczniejszym sposobem zapobiegania powstawaniu pęknięć lamelarnych jest „zamiana" płaskich zanieczyszczeń siarczkowych w stali na rozdyspergowane, poprzez napawanie lub też stosowanie materiałów z atestem w kierunku grubości, o niskiej zawartości siarki i zawierających w swoim

składzie krzem (siarczki krzemu są odporne na rozwalcowanie).

Przedstawione na rysunku 3b pęknięcia gorące (krystalizacyjne), występujące na granicach ziaren, są skutkiem występowania w stali niskotopliwych siarczków; powstają one kiedy spoina jest zbyt wąska lub zbyt szeroka. W przypadku zbyt wąskiej spoiny (stosunek szerokości do wysokości ściegu) zanieczyszczenia siarkowe przemieszczające się do cieczy koncentrują się w osi spoiny, gdzie spoina krzepnie na końcu. Natomiast kiedy spoina jest zbyt szeroka dendryty nie rozbudowują się na boki i nie zazębiają się na skutek dużego skurczu, wywołanego szerokością spoiny i spoina się rozwarstwia po graniach ziaren gdzie koncentrują się niskotopliwe siarczki.

W japońskiej literaturze przedmiotu podano wzory równoważnika C_{eqh} pękania gorącego (podobnie jak w przypadku pękania zimnego dla stali niskostopowych) (Rys. 1a). Podobnie też jak dla pękania zimnego skłonność do pękania gorącego podzielono na trzy grupy:

C_{eqh} ≤ 0,35% *(pęknięcia nie powstają),*

C_{eqh} =0,35-0,40% *(ryzyko występowania pęknięć),*

C_{eqh} ≥ 0,40-0,46% *(w celu zmniejszenia odkształcenia) konieczne jest podgrzewanie w temperaturze 180-250 ^{0}C i spawanie elektrodą zasadową.*

Na wykresie z rysunku 1a obszar pomiędzy krzywymi A1, A2 i A3 w zależności od mechanizmu pękania krystalizacyjnego podzielono na trzy obszary: **a, b i c.** W obszarze **„c"** dendryty w postaci stałej mogą swobodnie pływać w cieczy. Po obniżeniu temperatury przechodzimy do obszaru drugiego **„b",** gdzie dendryty zaczynają się łączyć. Jest to stan, w którym ciecz może być dostarczana do szczelin, które próbują się otworzyć i nie dochodzi wtedy do pęknięć. W obszarze **„a"** dendryty są ze sobą ściśle połączone. Mimo że znajdują się pomiędzy nimi szczeliny, to jest to obszar, do którego ciecz nie może się dostać – o dużej kruchości i wrażliwości na pęknięcia. Poza wyżej wymienionymi przyczynami o charakterze metalurgicznym, zdarza się , że pęknięcia na gorąco powstają w sposób wymuszony poprzez odkształcenia związane z krzepnięciem.

Na rysunku 1b pokazano wykres struktur de Longa dla stali wysokostopowych. W zależności od równoważnika chromu i równoważnika niklu uzyskamy pękające na zimno stale martenzytyczne i ferrytyczne, pośrednie stale austenityczno-ferrytyczne (duplex) oraz stale austenityczne kwasoodporne, pękające na gorąco wówczas, gdy zawierają mniej niż 5% ferrytu delta. Rysunek 3 pokazuje jak można regulować maksymalną długość pęknięć dzięki zmianom ilości ferrytu za pomocą próby „transverse strenght", na stali nierdzewnej austenitycznej różnego rodzaju.

Zaletami stali duplex są:

a) Bardzo dobra wytrzymałość na rozciąganie i granica plastyczności, umożliwiająca eksploatację przy wysokich naprężeniach dopuszczalnych.
b) Bardzo dobra odporność na korozję wżerową i szczelinową.
c) Niska podatność na pęknięcia korozyjne naprężeniowe.
d) Niska podatność na pęknięcia gorące, przy zastosowaniu np. materiałów spawalniczych o podobnym składzie.
e) Niewielkie odkształcenie spawalnicze (niewielki współczynnik rozszerzalności cieplnej).

Wady stali duplex to:

a) Dość niska udarność i ciągliwość (pojawia się kruchość niskotemperaturowa). Często zdarza się. że udarność strefy wpływu ciepła jest gorsza niż materiału rodzimego (ze względu na dominację struktury gruboziarnistej ferrytycznej w strefie wpływu ciepła). Problem ten można zmniejszyć poprzez dodatek azotu i niską zawartość węgla, która zwiększa zawartość austenitu.
b) Łatwo o pogorszenie odporności na korozję naprężeniową i związane z nią pęknięcia

w stosunku do odporności materiału rodzimego (w przypadku gdy strefa wpływu ciepła składa się z gruboziarnistego ferrytu oraz austenitu w postaci sieci, pogarsza się odporność na korozję i wynikające z niej pęknięcia). Problem ten można załagodzić przez dodanie azotu i niską zawartość węgla, która zwiększą zawartość austenitu.

c) W przypadku stosowania materiałów spawalniczych o podobnym składzie może dojść do powstania pęknięć niskotemperaturowych.

d) W spoinie może powstać kruchość fazy sigma (σ) oraz kruchość 475 ˚C.

cdn.

mgr inż. Adam Jastrzębski
Spaw-Projekt Sp. z o.o

dr inż. Ilona Jastrzębska
Akademia Górniczo-Hutnicza

prof. dr inż. Zbigniew Prusak
Central Connecticut State University

mgr inż. Ryszard Jastrzębski
Instytut Łączenia Metali

Literatura:

[1] Jastrzębski R.: *Metalurgia spawania,* Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie, 10/2010

[2] Jastrzębski R.: *Dobór materiałów dodatkowych do metod ręcznego spawania stali,* Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie, 9/2010

[3] Jastrzębski R.: *Projektowanie spoin we współczesnych technikach spawania,* Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie, 3/2010

[4] Jastrzębski R., Jastrzębski A.: *Problemy w spawaniu stali austenitycznych, kriogenicznych 9% Ni i stopów aluminium. Wykonanie przetopu,* Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie, 12/2017

[5] Tasak E., Ziewiec A.: *Spawalność stali materiałów konstrukcyjnych.* tom 1 Spawalność stali, Wydawnictwo JAK 2009

[6] Jastrzębski R., Jastrzębski A., Denisewicz G., Adamski P.: *Określenie spawalności stali i stopów tytanu na podstawie wykresów przemian fazowych,* Dozór Techniczny nr 3, 2019

[7] Jastrzębski R. i in.: *Osłona termiczna spoiny układanej pod wodą,* Patent nr 145046 z 10 lutego 1989

[8] Japan Welding Society: *Metody spawania oraz urządzenia spawalnicze,* Wydawnictwo Sanpō, 2008

[9] Smallman R. E., Ngan A. H. W.: *Modern physical metallurgy,* Butterworth-Heinemann, 2014

[10] Singh R.: Applied Welding Engineering: *Processes, Codes and Standards,* Butterworth-Heinemann, 2015

[11] Campbell F. C.: *Elements of metallurgy and engineering alloys,* ASM International, 2008

[12] Smallman R. E. , Ngan A. H. W.: *Physical metallurgy and advanced materials,* Butterworth Heinemann, 2007

[13] Higgins R.A.: *Engineering metallurgy,* Hodder and Stoughton, 1983

[14] Cahn R. W., Haasen, P.: *Physical metallurgy,* Wiley, 1996

[15] Easterling, K. E.: *Introduction to the physical metallurgy of welding,* Butterworth Heinemann, 1992,

[16] Dieter G.E: *Mechanical metallurgy,* McGraw-Hill

[17] Kou S: *Welding metallurgy,* Wiley, 1987

[18] Haruyoshi S., Hiroshi T.: *Metalurgia spawania,* Sampō 2000

[19] Tasak E.: *Metalurgia spawania,* Wydawnictwo JAK 2008

[20] Japan Welding Society: *Testy egzaminacyjne inżyniera spawalnictwa,* Wydawnictwo Sanpō, 2008

[21] Ryszard Jastrzębski: *Nadzór i kontrola prac spawalniczych,* Technolkonstrzębski 2000

[22] Kiełczyński W., Bal M., Haduch J., Jastrzębski R.: *Zabezpieczenie spoiny układanej pod wodą przed nadmiernym chłodzeniem,* Patent AGH

Wytwarzanie przyrostowe w energetyce jądrowej

Ponad czterysta reaktorów jądrowych wytwarza 10% energii elektrycznej na całym świecie, co stanowi jedną trzecią produkcji energii niskoemisyjnej. Z tej liczby jednak zaledwie 30% stanowią reaktory, które mają mniej niż trzydzieści lat. Ogólnie rzec ujmując można stwierdzić, że jeśli dotychczasowa tendencja z ostatnich lat nie ulegnie odwróceniu, wkrótce więcej reaktorów będzie wygaszanych niż budowanych.

Jacek Zbierski

W Stanach Zjednoczonych, gdzie elektrownie jądrowe generują jedną piątą energii elektrycznej w skali kraju, w ostatnim dwudziestoleciu zbudowano tylko jeden nowy reaktor (Watts Bar Unit 2 – 2016 r.). Poprzedni powstał w 1996 r. (Watts Bar Unit 1). Z dziewięćdziesięciu sześciu działających w tym kraju reaktorów energetycznych ponad połowa może zostać zamknięta w perspektywie kolejnych dwóch dekad. Wydłużanie licencji na funkcjonowanie reaktorów o kolejne dwadzieścia lat nie wyeliminuje problemu, jedynie odroczy w czasie konieczność podjęcia decyzji o przedsięwzięciu konkretnych środków zapobiegawczych.

W tej sytuacji prace nad projektami nowych reaktorów stanowią ambitne wyzwanie. Nie ulega wątpliwości, że potrzeba rozwiązań zapewniających obniżenie kosztów i czasu procesu konstrukcyjnego. Badacze z ORNL (*Oak Ridge National Laboratory*) w stanie Tennessee podjęli to wyzwanie w ramach projektu TCR (*Transformational Challenge Reactor*), który – jak wyjaśnia Thomas Zacharia, dyrektor ORNL – stawia sobie za cel przedstawienie nowego modelu dla przyspieszonego rozwoju zaawansowanych systemów energii jądrowej. Jednym z aspektów projektu jest wykorzystanie na bezprecedensową skalę rozwiązań w zakresie wytwarzania przyrostowego na potrzeby konstrukcji reaktora. Kurt Terrani, dyrektor programu TCR, przekonuje, że z użyciem druku przestrzennego możliwe stanie się spożytkowanie materiałów i technologii, których przez dziesięciolecia nie udało się wykorzystać do zastosowań energetyki jądrowej. Jego zdaniem, cała koncepcja TCR nie byłaby możliwa bez znaczących osiągnięć w rozwoju technologii wytwarzania przyrostowego.

SKROMNE POCZĄTKI

Mijają trzy lata od momentu, kiedy po raz pierwszy element wytworzony techniką przyrostową został dopuszczony do użytku w energetyce jądrowej. W roku 2017, w słoweńskiej elektrowni Krško, w zespole pompy przeciwpożarowej wymieniono wirnik, będący w ciągłym działaniu od 1981 r., kiedy elektrownia powstała. Jako że firma, która wyprodukowała oryginalny element, od dawna już nie funkcjonowała, konieczne było sporządzenie części zamiennej od podstaw. We współpracy z centrum technologii przyrostowych Siemensa w szwedzkim Finspång powstał zamiennik, wyprodukowany w całości przy użyciu druku przestrzennego z metalu.

Wobec faktu, że większość elektrowni jądrowych na świecie ma już za sobą dziesiątki lat funkcjonowania, niewątpliwie wytwarzanie podzespołów zamiennych dla wyeksploatowanych części starego

artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Po lewej oryginalny, zużyty wirnik pompy, odlak wydrukowany w 3D prototyp zamiennika, po prawej wytworzony przyrostowo docelowy zamiennik (fot. Siemens)

typu urządzeń stanowi testowe pole do działania dla specjalistów od druku przestrzennego w energetyce jądrowej. Nie wyczerpuje to jednak całej gamy możliwości, które dla branży niesie wytwarzanie przyrostowe.

Inżynierowie firmy Westinghouse Electric jako jedni z pierwszych podjęli się opracowania części wytwarzanych przyrostowo przeznaczonych do bezpośredniego użycia w podzespole reaktora jądrowego. Przykładowo, przy użyciu wykonanych ze stali nierdzewnej 316L, w technice Laser Powder Bed Fusion, służy do zagłębiania prętów paliwowych do rdzenia reaktora. Zdaniem producenta, druk przestrzenny stanowi doskonałe rozwiązanie do produkcji wysoko wyspecjalizowanych, jednostkowych urządzeń. W tym przypadku wykonanie przyrządu w nowej technologii nie wiąże się z żadnym ryzykiem dla bezpieczeństwa reaktora, ponieważ był to komponent zalewy na drodze do zatwierdzenia aplikacji wytwarzania przyrostowego na kluczowe podzespoły reaktora.

AMBITNE PLANY

Tymczasem w ORNL w ramach programu VCB analizowane są możliwości wytwarzania przyrostowego w zakresie produkcji najważniejszych

Wykonany ze stali nierdzewnej 316L w technice Laser Powder Bed Fusion prototyp służy do zagłębiania prętów paliwowych do rdzenia reaktora (fot. Westinghouse)

Metale lekkie DO CIĘŻKIEJ PRACY

Wśród wielkiej liczby stopów metali na dużą uwagę zasługują te, które cechują się niskim ciężarem właściwym, wysoką wytrzymałością oraz dużą odpornością na korozję. Te cechy bardzo dobrze spełniają metale lekkie, tj. takie, których ciężar właściwy jest równy lub mniejszy od 4,5 [g/cm³]. W artykule przedstawiono przegląd dostępnych metali lekkich i ich stopów.

Aleksander Łukomski

Dla dzisiejszej techniki, a zwłaszcza metalurgii, wyzwaniem jest skonstruowanie takiego stopu, który byłby lekki jak balsa (gęstość 0,04 do 0,18 [g/cm³], średnio 0,11 [g/cm³]), a jednocześnie którego wytrzymałość porównywalna byłaby ze stalą wysokostopową.

ALUMOLD I HOKOTOL

W przemyśle zbrojeniowym, a zwłaszcza lotniczym, znane są stopy metali, których właściwości są mocno zbliżone do ideału, ale jednak, jak na razie, są od niego różne.

Przykładowo, znane także w Polsce stopy aluminium Alumold lub Hokotol (stop podobny do alumold, wynaleziony w Japonii) są lekkie i o charakterystyce i wytrzymałości porównywalnej ze stalą P20.

Aluminium w czystej postaci rzadko wykorzystywane jest w technice, przeważnie stosuje się je pod postacią stopów (jak mawiał pewien wykładowca metaloznawstwa w Politechnice Poznańskiej – czyste aluminium wykorzystywane jest w sztućcach, w lokalach gastronomicznych III i IV kategorii).

Wspomniany Alumold, to specjalny stop aluminium z serii 7000, który z powodzeniem zastąpił stal w licznych zastosowaniach. Łączy wysoką przewodność cieplną, wytrzymałość, łatwość obróbki i polerowania ze stabilnością wymiarową oraz stałą twardością. Materiał ten ma do sześciu razy wyższą przewodność cieplną niż stal P20. Jest lekki i twardy. Nadaje się do frezowania, polerowania, obróbki powierzchni w celu zwiększenia twardości, umożliwia spawanie metodą TIG / MIG. Jest stosowany głównie na wszelkiego rodzaju formy wtryskowe do tworzyw sztucznych o maksymalnej temperaturze roboczej 230 °F, ale nie tylko. Buduje się z niego płyty podstawowe przyrządów np. spawalniczych w przemyśle motoryzacyjnym, ponieważ nie przywierają do nich odpryski spawalnicze, albo jak już się pojawią to są bardzo łatwo usuwalne np. podczas czyszczenia przyrządu za pomocą drobnego lodu pod ciśnieniem. Płyty te i inne korpusy powinny być raczej skręcane śrubami niż spawane, chociaż ich spawanie jest również możliwe.

Generalnie stopy aluminium z serii 7000 to stopy aluminium z cynkiem i magnezem, które po odpowiedniej obróbce cieplnej zyskują najwyższą wytrzymałość spośród wszystkich stopów aluminium. Stosowane są w silnie obciążonych elementach konstrukcji, na części samolotów i jako elementy różnych maszyn. Sprzedawane jako płyty walcowane do grubości 350 mm.

Podstawowe właściwości stopów Alumold i Hokotol

minimalna wytrzymałość na rozciąganie Rm [Mpa]	485-575
minimalna granica plastyczności Rp [Mpa]	470-620
twardość [HB]	180
gęstość [g/cm3]	2,80-2,95

artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Aluminiid stosowany jest głównie na wszelkiego rodzaju formy wtryskowe do tworzyw sztucznych o maksymalnej temperaturze roboczej 200 °F

TYTAN

Innym ciekawym materiałem lekkim jest tytan i jego stopy. Jest to metal o szarym metalicznym kolorze. Charakteryzuje się wysoką wytrzymałością mechaniczną oraz odpornością na korozję, także wody morskiej. Stopy tytanu są wykorzystywane w przemyśle lotniczym – w silnikach odrzutowych, w przemyśle zbrojeniowym, metalurgicznym, motoryzacyjnym, medycznym i innych. Tytan występuje w skorupie ziemskiej w postaci minerałów ilmenitu, rutylu i tytanitu, które są szeroko rozpowszechnione na całej Ziemi i we wszechświecie. Metaliczny tytan otrzymywany jest w bardzo kosztownym procesie metalurgicznym z udziałem magnezu. Jest odporny na korozję oraz ma najwyższy stosunek wytrzymałości mechanicznej do masy spośród wszystkich znanych metali. Ma stosunkowo niską gęstość (4,5 g/cm³). W wysokiej czystości jest ciągliwy. Charakteryzuje się wysoką temperaturą topnienia: 1660 °C.

Tytan o czystości 99,2% ma wytrzymałość na rozciąganie 437 MPa, porównywalną z wytrzymałością stali, jednak jest lżejszy od niej o 45%. Pewne stopy tytanu mają wytrzymałość na rozciąganie ponad 1380 MPa. Tytan jest cięższy od aluminium o 60%, ale charakteryzuje się ponad dwukrotnie większą

Tytanowe koła zębate

Zygmunt Choreń ojciec żaglowców

The Tall Ship Races i inne regaty oraz zloty wielkich żaglowców przyciągają zawsze tłumy widzów. Wizyta tych jednostek w każdym z portów stanowi wielkie wydarzenie, nie tylko w skali lokalnej. Większość z tych pięknych, obecnie pływających po morzach statków zaprojektowana została przez inż. Zygmunta Chorenia i założone przez niego w 1992 roku biuro projektowe Choreń Design & Cosulting. Wystarczy tylko wymienić takie jednostki jak: Dar Młodzieży, Mir, Chopin, Pogoria, Iskra, Aleksander von Humbolt, Kaliakra, Estelle, Mephisto, Running of Waves czy badawczy statek Oceania. Lista jest bardzo długa. Największy – jeszcze do niedawna – żaglowiec świata, Royal Clipper, którego historia zaczęła się jeszcze w latach osiemdziesiątych od projektu Gwarek, gigantycznego pływającego domu wczasowego dla „ludzi pracy", zdetronizowany został przez Flying Clipper. Obydwa żaglowce także zaprojektowano w gdańskim biurze.

z Zygmuntem Choreniem rozmawia Ryszard Romanowski

– Co wpłynęło na to, że zaczął Pan projektować wielkie żaglowce?

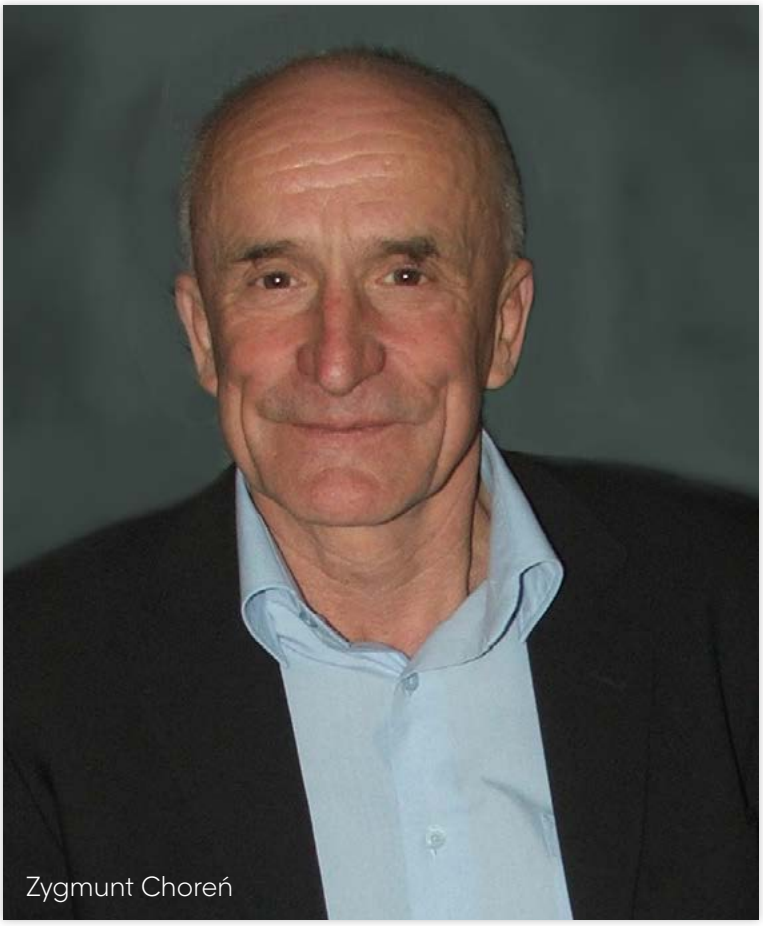
– Na pewno w jakimś stopniu rejs w regatach Whitbread Round The World Race 1973-1974 na jachcie Otago pomógł mi wejść na tę drogę projektowania. W tym czasie pracowałem w biurze projektowo-konstrukcyjnym Stoczni Gdańskiej i byłem członkiem Jachtklubu tej stoczni. Gdy ten rejs był organizowany przez kpt Zdzisława Pieńkawę, to się zgłosiłem i zostałem zaakceptowany. To była taka naturalna droga. Przedtem oczywiście uprawiałem żeglarstwo. Najpierw w Akademickim Klubie Morskim, a jak zmieniłem pracę to w Jachtklubie Stoczni Gdańskiej.

– Royal Clipper przypomina sylwetką największy windjammer początków XX stulecia Preussen, a nowszy Flying Clipper – równie sławny statek France II. W opisach tych jednostek nie ukrywa się podobieństwa. Czy te sławne żaglowce były dla pana inspiracją ?

– Preussen pojawił się przy projektowaniu Royal Clippera. Royal Clipper to jak wiadomo nasz dawny Gwarek. Preussen to była idea armatora Mikaela Kraffta. On tak sobie wyobraził swój statek. Rola projektanta jest, jak wiadomo, rolą służebną. Armator zażyczył sobie, aby sylwetka była, o ile to możliwe, jak najbardziej podobna do Preussena i tak ją zaprojektowano. Podobnie było w przypadku France II.

– W projektowanych przez pana jednostkach uwagę zwraca ożaglowanie. Z jednej strony klasyczne, z epoki żaglowców, a z drugiej – nietypowe, wspomagane mechanicznie i hydraulicznie, jak np. w Oceanii czy w Royal Clipper.

– W tym wypadku sprawa jest bardzo prosta. Statki szkolne mają mieć obsługę ręczną, aby



Zygmunt Choreń

Royal Clipper

Flying Clipper – największy żaglowiec świata

znajdująca się na statku stosowna ilość kadetów czy kursantów miała co robić. Na Royal Clipper jest ponad 5 tys. m^2 żagli i tę całą powierzchnię obsługuje zwykle do pięciu marynarzy, a najczęściej dwóch, bo tylu jest na wachcie. Podobnie na Flying Clipper.

– Ogromny i fascynujący Flying Clipper został dawno zwodowany i wyposażony, ale nadal nie wypłynął w morze. Dlaczego?

– W jego wypadku długo ciągnął się proces pomiędzy armatorem a stocznią. W końcu trafił do trzeciej firmy. Nie znam wszystkich szczegółów. Wiem, że była długotrwała wojna sądowa. Dużo na ten temat można znaleźć w internecie.

– Piękna sylwetka to nie tylko ożaglowanie lecz również kadłub. Jak pogodzić piękne linie z efektywnością ?

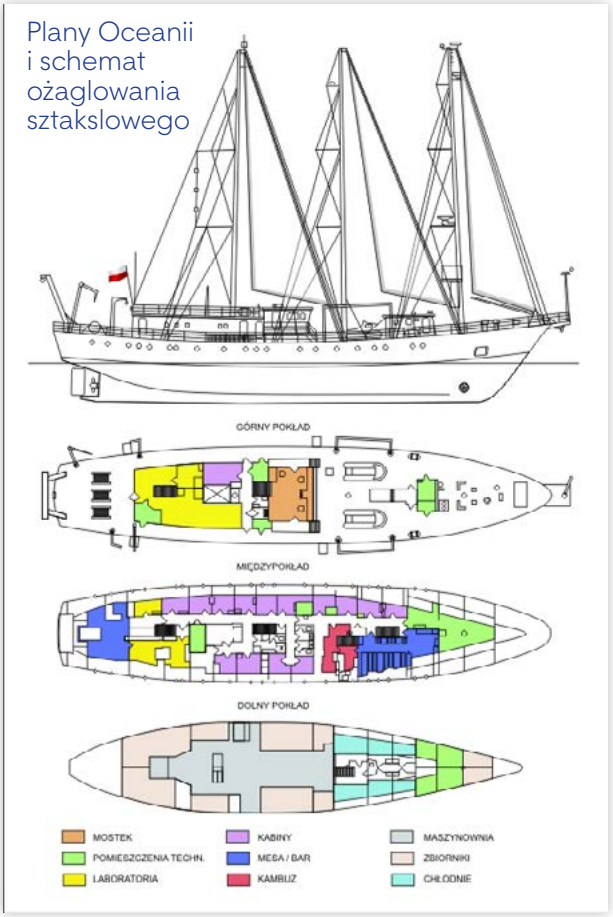
– W budowie kadłubów wielkiej rewolucji nie ma. Trzeba spełnić prawo Archimedesa, zbudować statek, który będzie miał dobrą stateczność, a na dodatek będzie szybko pływał. Powiedziałbym, że ta dziedzina jest opanowana.

– Co pan sądzi o konstrukcjach wielokadłubowych?

– Nawet na Zatoce Gdańskiej pływają katamarany. Życie dyktuje kierunek rozwoju. Pływają katamarany morskie ale nie ma przekonującej opinii o ich wyższości. W warunkach wzburzonego morza chyba pojedyncze kadłuby są korzystniejsze. Nie chciałbym się za bardzo na ten temat wypowiadać bo inni znają go lepiej. Mamy w Szczecinie firmę, która projektuje katamarany i tam warto popytać.

– Wśród wielu mniejszych jednostek, które pan zaprojektował, uwagę zwraca badawcza Oceania, a szczególnie jej niekonwencjonalne ożaglowanie.

Plany Oceanii i schemat ożaglowania sztakslowego



– Oceania nie jest statkiem szkolnym i chodziło o to żeby obsługa żagli była prosta. Zresztą Oceania zmieniła żagle. Przez lata eksploatacji trafiło na jej pokład dużo ciężkiego wyposażenia i należało statek odciążyć. Zdjęto więc reje i zastosowano żagle sztakslowe, które też się w prosty sposób obsługuje. To nie jest statek do szkolenia żeglarzy tylko do prac badawczych Instytutu Oceanologii PAN, stąd obsługa żagli ma być jak najłatwiejsza, nawet kosztem szybkości.

– Pierwotnie zaprojektowane duże, pojedyncze na każdym z masztów żagle rejowe w kilku źródłach internetowych nazwano parawanowymi. Czy taka jest ich nazwa?

– Parawanowe? Nie znam tego hasła, nic na ten temat nie wiem i nie potrafię odpowiedzieć. Nie potrafię tych żagli nazwać, musiałbym się zastanowić.

– W wielu opiniach słyszy się, że sztaksle to żagle tylko pomocnicze. Jak się one mają w porównaniu do żali rejowych?

– Trudno mi być wyrocznią. Wszystko zależy od warunków żeglugowych. Zawsze sztaksle lepiej

Oceania, jeszcze z żaglami rejowymi

Dar Młodzieży

się sprawdzają przy pływaniu kursami ostrymi do wiatru, a rejowe są lepsze przy pełnych wiatrach. Jedne i drugie są dobre. Najczęściej stosuje się ożaglowanie mieszane. Na większości jednostek są żagle rejowe i trójkątne. Chętnie posłużyłbym się zdjęciami ale rozdałem całe swoje archiwum i nic z powrotem nie wróciło. Sami bierzemy zdjęcia z internetu.

– Dawno już ogłoszono koniec żaglowców, tymczasem ciągle powstają nowe. Nie tylko piękne i efektywne ale również ekologiczne. Jak wygląda światowy rynek?

– Zbudowaliśmy dużo żaglowców szkolnych i rynek się częściowo nasycił, natomiast na pewno będzie rynek na żaglowce pasażerskie. Jak nas zmiany klimatyczne przycisną to może się zdarzyć, że zamiast samolotów statki żaglowe będą woziły pasażerów na drugą stronę oceanu. W każdym razie na pewno jest przyszłość dla żaglowców w turystyce morskiej.

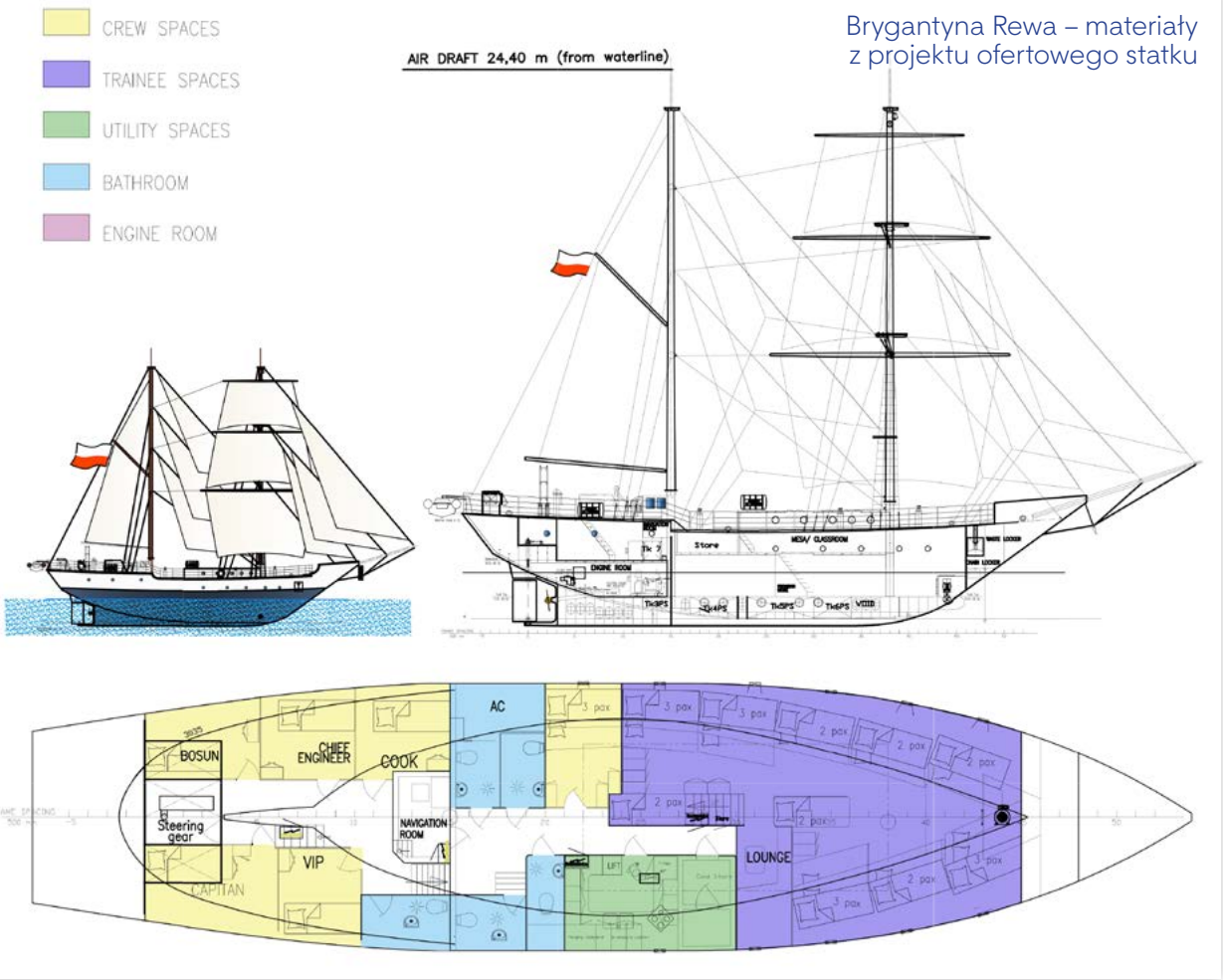
– Ilość żaglowców szkolnych wydaje się dosyć duża, jednak zainteresowanie nimi jest tak ogromne, że chyba ciągle jest ich za mało.

– Oczywiście. Ciągle jest ich za mało. Budowa takiego statku wcale nie jest tak kosztowna, jak się powszechnie wydaje, a pozwala spełnić żeglarskie marzenia tysiącom młodych ludzi. Poza tym, żaglowiec jest najlepszą wizytówką kraju, którego banderę nosi.

Ostatnim, bardzo już zaawansowanym naszym projektem jest statek szkolny Rewa. Ma on bardzo dobre notowania wśród kapitanów, którzy pływają na Chopinie i na Pogorii. Na pewno więc ten statek będzie budowany. To jednostka, która bierze na pokład trzydzieści trzy osoby. Przewidziano również dwa miejsca dla sponsorów, które będą sprzedawane – za przyjemność pływania z dzielną młodzieżą trzeba będzie trochę zapłacić. Pomoże to pokryć część kosztów eksploatacji statku. Ponosić je będzie Jachtklub Rewa, o którym od wielu lat dużo mówi się w żeglarskim świecie.

Brygantyna Rewa, o około 500 m^2 powierzchni żagli, ze względów szkoleniowo-dydaktycznych ma wszystkie typy ożaglowania. Statek ma na maszcie trzy reje. Jedna reja jest opuszczana. Na

Brygantyna Rewa – materiały z projektu ofertowego statku



reje oczywiście można również wchodzić, co jak wiadomo hartuje charakter młodych żeglarzy.

– Dziękuję bardzo za rozmowę i życzę aby najnowszy projekt szybko trafił do stoczni.

z Zygmuntem Choreniem rozmawiał
Ryszard Romanowski

Z ostatniej chwili:

W wyniku procesu prawa do statku Flying Clipper nabyła stocznia Brodosplit. Jej rzecznik ogłosił to 5 maja. Zaprzestano używania nazwy Flying Clipper, zastępując ją symbolem budowy Brodosplit 483. Statek otrzyma nową nazwę i armatora. Jego operatorem będzie brytyjska firma *cruisingowa* Tradewind Voyages UK Ltd., na której stronie internetowej już można zamawiać bilety na rejsy 2020-2021. Prawdopodobnie właścicielem statku zostanie spółka DIV Group, do której m.in. należy stocznia Brodosplit.

MAIN DIMENSIONS			
RULE LENGTH = LENGHT OF WATERLINE		L	24,15 m
LENGTH OVERALL		L_A	39,00 m
LENGHT OF HULL		L_H	32,80 m
BREADTH		B	7,00 m
DRAUGHT		T	2,40 m
DRAUGHT (WITH KEEL)		T_H	2,80 m
DEPTH		H	4,50 m
DISPLACEMENT		Δ	182 t
SAILS AREA		S_A	~ 440 m^2
SPEED UNDER SAILS (6° B.)		V	~12 knots
MAIN ENGINE	POWER	Ne	~75 kW
ELECTRIC	RPM	n	~ 750 rpm
GENERATOR UNITS	POWER	Ne	2x51kW, 1500rpm
RATED SPEED UNDER ENGINE POWER		V_0	~ 6– 7 knots
GROSS TONNAGE		GT	150
SAILING REGION			UNLIMITED AREA
STORES	FOOD'S STORES		2,5 t
	FUEL OIL		11 t
	FRESH WATER		15 t
EQUIPMENT NUMBER	EN = 107		
CLASS NOTATION	DNV GL: ✠ 1A YACHT SAIL "TRAINING SHIP"		
CREW			7
TRAINEES	BOYS/ GIRLS		24
GUESTS/ VIPS (PASSENGERS)			2
TOTAL COMPLEMENT			33

CHOREŃ DESIGN & CONSULTING
ul. Amundsena 5A/4
80-288 Gdańsk, Poland
Tel: +48 58 3456191,-93
E-mail: choren@choren.com.pl

Date: 02.10.2019		Order no.: B24	Format:
Designed: TEAM CDC			Mass:
Drawn: TEAM CDC		Drawing no.:	Sheet: 1/1
Approved: Z. Choren			
BRYGANTYNA 24M			Alteration:
Statek do morskiego wychowania młodzieży			Scale:

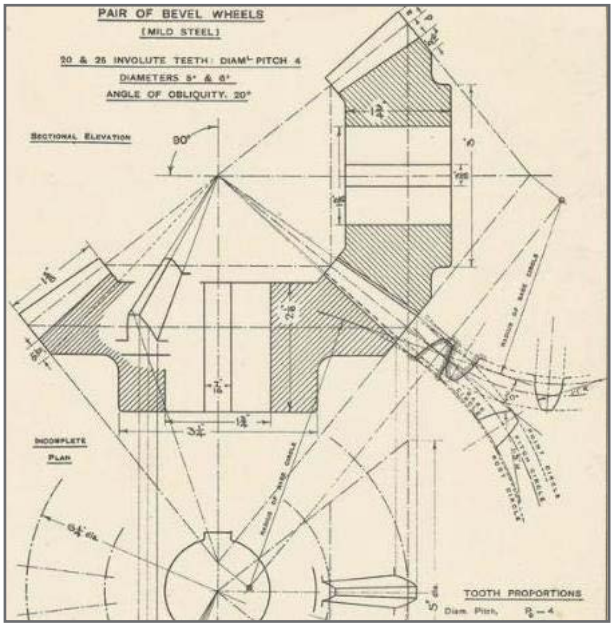
Projektowanie przekładni ślimakowej

krok po kroku

Zaprojektowanie przekładni zębatej było jednym z zadań do wykonania w trakcie studiów na wydziale mechanicznym. Należało do tych bardziej skomplikowanych i wymagało zapoznania się z literaturą fachową ale też dokładnego przeanalizowania geometrii i dokonania niezbędnych wyliczeń.

Wiktor Mielczarek

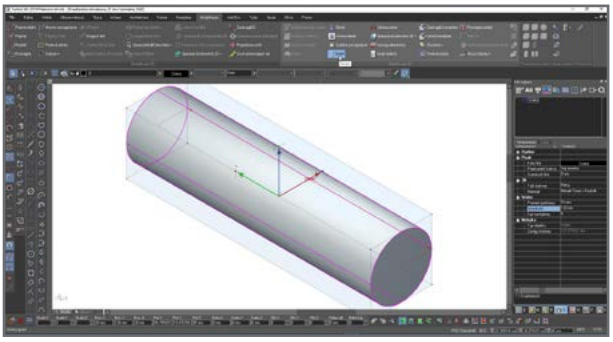
Dokumentacja 2D w postaci rzutów, przekrojów i powiększonych szczegółów często okazywała się prawidłowa jedynie na papierze...



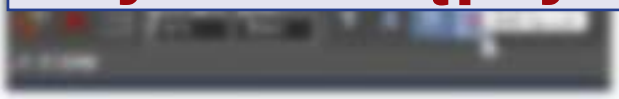
Jeżeli była to prosta przekładnia zębata, to nie było najmniejszych problemów. Komplikacje zaczynały się podczas projektowania przekładni stożkowej, ślimakowej lub hipoidalnej. Wykonanie prototypu było często bolesną weryfikacją zadania. Tradycyjne projektowanie na desce kreślarskiej, a później w programach CAD 2D dalej nie dawało na tym etapie odpowiedzi na podstawowe pytania dotyczące wzajemnego usytuowania dwóch współpracujących elementów. Częściowym rozwiązaniem było zastosowanie w projektowaniu geometrii wykreślnej, ale każdy kto zaliczył zadanie z narysowaniem linii przenikania przecinających się dwóch podstawowych figur geometrycznych np. stożka i walca, wiedział przed jakim wyzwaniem stoi. Przełomem okazało się zastosowanie programów 3D, zwłaszcza tych, które umożliwiają projektowanie parametryczne. Pokazanie w tym programie linii przecięcia wspomnianych dwóch figur trwa ułamek chwili.

Prześledźmy opis projektowania przekładni ślimakowej w programie TurboCAD. Skupimy się na szczegółach dotychczas wymykających się spod kontroli projektanta: wzajemnego przenikania się dwóch współpracujących, leżących w prostopadłych osiach elementów.

Projektowanie zaczynamy od narysowania walca o średnicy 30 mm i wysokości 120 mm, a następnie wybieramy polecenie rysowania gwintu.



artykuł dostępny w wydaniu płatnym



Nie warto oszczędzać!

NBP prowadzi bardzo niebezpieczną i szkodliwą politykę antyoszczędnościową, co doprowadzi do tego, że Polacy bez pieniędzy na „czarną godzinę" będą coraz bardziej narażeni na wszelkie sytuacje kryzysowe, o ciągłej utracie majątku nie wspominając.

Tomasz Cukiernik

Już przed koronawirusowym kryzysem sytuacja osób ciężko pracujących i próbujących oszczędzać była niewesoła. Odsetki od lokat w banku po opodatkowaniu podatkiem Belki w najlepszym razie dawały zwrot na poziomie inflacji. Wtedy w trakcie kryzysu wkroczyła Rada Polityki Pieniężnej i znacznie pogorszyła tę sytuację, trzy razy obniżając stopy procentowe. Mimo rzeczywistej inflacji powyżej 3% tzw. stopa referencyjna została obniżona z 1,5% do 0,1%. W efekcie oprocentowanie rachunków w bankach spadło, co powoduje, że oszczędzający nie jest nawet w stanie utrzymać wartości swoich pieniędzy i z miesiąca na miesiąc traci to co ma. Bo w najlepszym wypadku banki oferują oprocentowanie w wysokości 0,5%, a niektóre nawet… 0,01%, podczas gdy szaleje inflacja, która w maju sięgnęła 3,4%! A tę ostatnią wspiera NBP, który – wbrew zapisom Konstytucji, a wzorem amerykańskiej Rezerwy Federalnej, Europejskiego Banku Centralnego, Banku Anglii czy Banku Japonii – uruchomił dodruk pustego pieniądza.

Jakie w tej sytuacji wyjście mają ludzie, którzy chcą zaoszczędzić na spokojną starość, skoro nie mogą lub nie chcą liczyć na państwowy ZUS? Mogą albo inwestować w biznesy, firmy, co jest dość ryzykowane, albo w mieszkania na wynajem. Ale tu kolejny cios ze strony państwa. Ministerstwo (niedo)rozwoju pogroziło, że wprowadzi podatek od drugiego mieszkania, mimo że już obowiązuje i podatek od nieruchomości, i podatek od wynajmu!

Profesor Henryk Radziszewski, związany z międzywojennym Uniwersytetem Lubelskim (dzisiaj KUL), we wznowionej w zeszłym roku przez wydawnictwo 3DOM książce pt. „Podręcznik ekonomii politycznej" definiuje oszczędność jako odroczone spożycie albo odłożenie pieniędzy i nagromadzenie dóbr ekonomicznych przez ich niespożywanie. Dodaje, że oszczędność jest jednym z najważniejszych źródeł zasobności. Tak więc jeśli chcemy rozwijać gospodarkę i być bogaci, to musimy oszczędzać! Tymczasem obecne władze prowadzą dokładnie odwrotną politykę! Działają tak, by ludzie nie oszczędzali, a jak najwięcej wydawali – i tego co mają, a nawet i tego co nie mają. Zachęcają do brania kredytów i do jak największej bieżącej konsumpcji, bo wtedy szybko wznoszą się słupki statystyczne dotyczące PKB. Ale taki nadmuchany wzrost gospodarczy, bez solidnych podstaw, może doprowadzić do smutnego końca.

Bo nie od dziś wiadomo, że ta keynesowska polityka nie sprawdza się, jest bardzo szkodliwa i krótkowzroczna. Ostatecznie prowadzi do głębokiej recesji wywołanej błędnymi inwestycjami zrealizowanymi z nadmiernej ilości tanich kredytów. No i ktoś będzie musiał pospłacać te pozaciągane pożyczki. Tak jednak działają politycy, bo dla nich liczy się tylko perspektywa najbliższych wyborów, a nie długookresowy wzrost bogactwa Polaków. Krótka preferencja czasowa charakteryzuje przedstawicieli nierozwiniętych cywilizacji, meneli i właśnie... polityków. Ludzie myślący racjonalnie mają długą preferencję czasową. Wolą zaoszczędzić i dzięki temu mieć więcej w przyszłości. Państwo odwrotnie – woli nieracjonalnie się zadłużać, a cięcie stóp procentowych to ułatwia, bo umożliwia władzom oferowanie niżej oprocentowanych obligacji.

To bardzo niekorzystna polityka. Zamiast do inflacji powinniśmy dążyć do deflacji, bo to oznacza wzrost siły nabywczej pieniądza. Za to samo 100 zł możemy kupić więcej towarów, czyli jesteśmy coraz bogatsi. Cały XIX wiek wzrostu gospodarczego pokazał, że ta polityka sprawdza się. Natomiast jeśli za rok za to samo 100 zł kupię dóbr, które teraz warte są 90 zł, to będę starał się wydać pieniądze jak najszybciej. Bo w tej sytuacji oszczędzanie staje się nieracjonalne! A NBP swoją polityką właśnie nas do tego zachęca! Tylko że jeśli nie zaoszczędzę, to z czego będę żył w trudniejszych czasach kryzysowych czy po utracie pracy, albo po przejściu na emeryturę, kiedy okaże się, że ZUS bankrutuje?

Myślenie ma przyszłość

– Dzieci, czy wiecie skąd mamy prąd? – pyta nauczycielka w klasie. – Z Afryki! – woła Jasio. – Skąd ci to przyszło do głowy, dlaczego z Afryki? – dopytuje pani. Na to Jaś – Bo wczoraj, jak zgasło światło przy kolacji, to tata powiedział: znowu te małpy wyłączyły prąd!

Tomasz Gerard

artykuł dostępny w wydaniu płatnym

Mewi płat w lotnictwie

Wybrane patenty oraz rozwiązania techniczne

cz. 3

Po II wojnie światowej mewi płat był sporadycznie stosowany w niektórych samolotach (np. Fairey Gannet z 1949 r. czy Beriew Be-12 z 1960 r.), prowadzono też różne badania z nim związane. Przykładowo w 1963 r. opublikowano patenty US 3081964 oraz US 3089666, zgłoszone przez Henryego H. W. Quenzlera z zakładów Boeing, które zawierają opis wielosilnikowego wielopłata w układzie mewim, pionowego startu i lądowania[1]. Patenty przewidują możliwość pochylania i przechylania przednich i tylnych końcówek gondoli silnikowych zawierających śmigła, tak by uzyskać wektor ciągu w niemal dowolnym kierunku[2]. Dzięki temu taki samolot mógłby utrzymywać różne formy przechylenia, pochylenia i odchylenia, nawet przy prędkości zerowej. Zastosowanie mewiego płata ma tu na celu podniesienie gondoli napędowych wyżej nad poziomem ziemi, dzięki czemu możnaby zastosować śmigła o większej średnicy. Samolotu tego jednak nie zbudowano.

Jakub Marszałkiewicz

W połowie lat 80-tych zakłady Grumman prowadziły prace nad odrzutowym samolotem pionowego startu i lądowania Grumman 698, który miał mieć obracane gondole z silnikami[3]. Rozpatrywano kilka układów aerodynamicznych, w tym górnopłat z mewim płatem, przedstawiony w patencie US 411640 z 1978 r[4]. Opis patentu już na początku podkreśla, iż mewi płat zastosowano tam, aby móc umieścić gondole silników jak najwyżej. Silniki znajdowały się w pobliżu miejsca łączenia zewnętrznej części płata z wewnętrzną. Przewidywano zarówno wojskowe oraz cywilne odmiany tego pionowzlotu, o czym szeroko informowała ówczesna prasa lotnicza. Grumman 698 został zbudowany jedynie w postaci pojedynczego prototypu służącego do badań naziemnych.

Innym patentem zakładów Gumman, związanym z mewim płatem, jest US 5,542,625 zawierający opis odrzutowca w układzie kaczka, z mewim płatem, usterzeniem przednim oraz opcjonalnie – niewielkim pomocniczym usterzeniem tylnym (także o mewim kształcie), ale bez statecznika pionowego[5]. W opisie patentu zaznaczono, iż rezygnacja ze statecznika pionowego spowoduje obniżenie

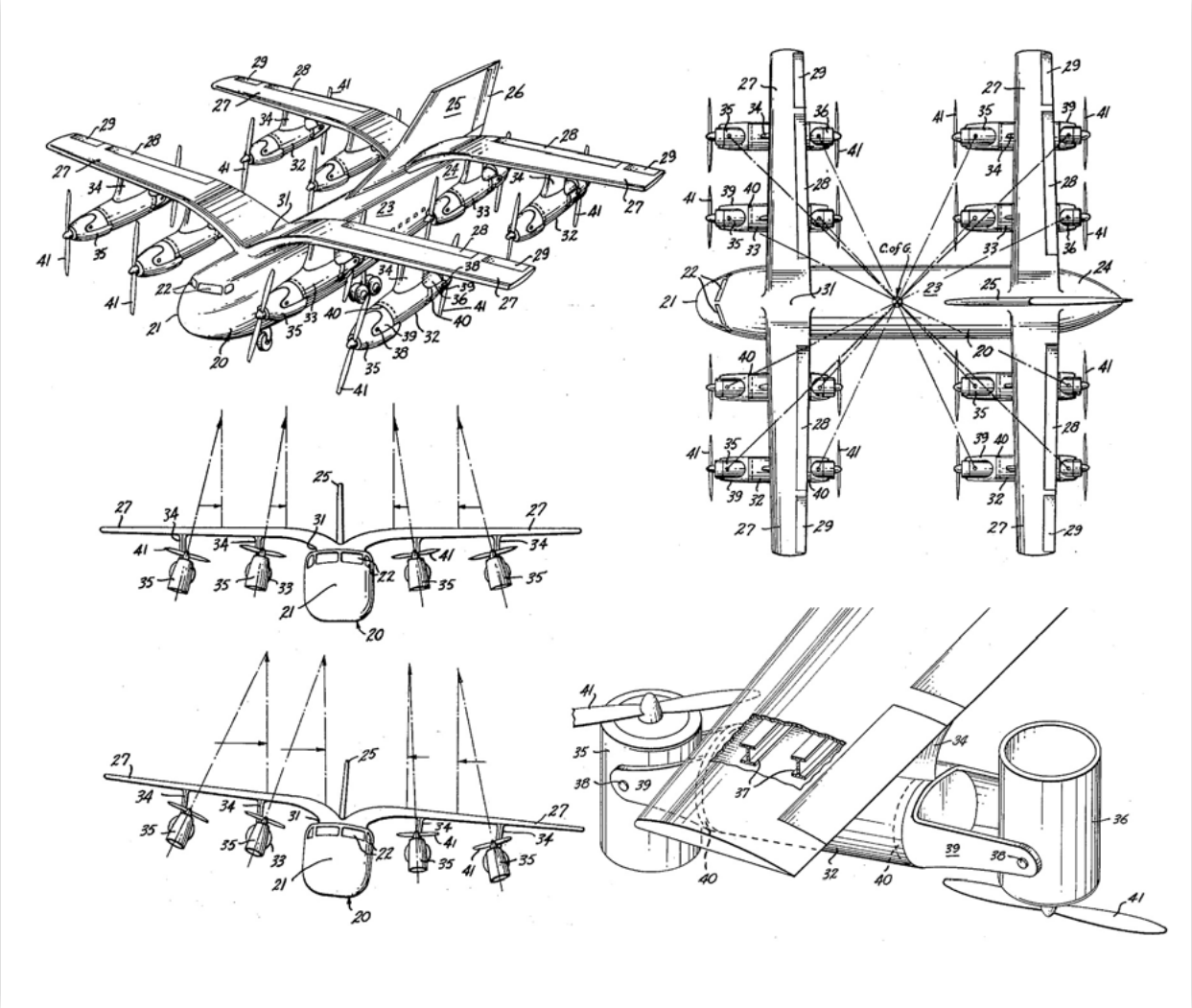
[1] H. H. W. Quenzler, Airplane having changeable thrust direction, patent US 3089666, zgłoszony 13.04.1961, udzielony 14.05.1963 r. oraz Airplanes for vertical and/or short take-off and landing, patent US 3081964, zgłoszony 8.12.1958, udzielony 14.05.1963 r.

[2] Od standardowych samolotów pionowego startu i lądowania o zmiennym wektorze ciągu (tzw. tiltrotor, np. Curtiss-Wright X-19 , V-22 Osprey czy Augusta Bell BA609) niniejsze rozwiązanie różni się tym, że tutaj przekręcać się miały same końcówki gondoli napędowych, a nie całe gondole lub całe skrzydła. Nieco podobne rozwiązanie zastosowano w projekcie Focke-Achgelis Fa-269 z 1944 r. oraz eksperymentalnym Bell XV-3 z 1955 r., gdzie wychylały się osie śmigieł. Patrz także: L. Zhonga,b, H. Yuqinga, Y. Liyinga, H. Jianda, Control techniques of tilt rotor unmanned aerialvehicle systems: A review, w: "Chinese Journal of Aeronautics" nr 30(1)/2017, s. 135-148.

[3] Samolot transportowy klasy VTOL (Vertical Take Off and Landing) był popularnym tematem do badań w wielu państwach, w tym w Polsce (projekty Bronisława Żurakowskiego PS-1, PS-2, PS-3 i PS-4 z lat 1957-1961). Lista zbudowanych samolotów pionowego startu i lądowania: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_VTOL_aircraft

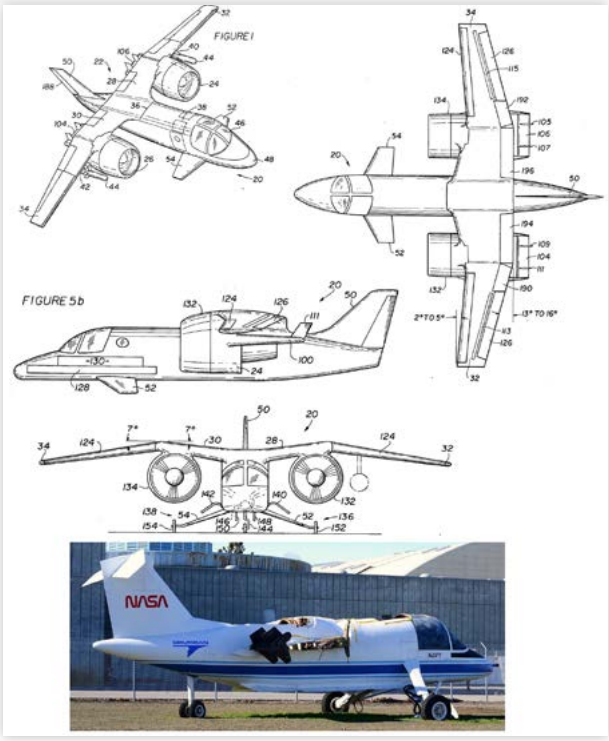
[4] A. C. Bacchi, R. W. Kres, Airplane, patent US 411640, zgłoszony 28.03.1977, udzielony 26.09.1978 r.

[5] W. R. Burhans, N. Kirchbaum, R. F. Nastasi, Gull wing aircraft, zgłoszony 26.03.1993, udzielony 6.08.1996 r.

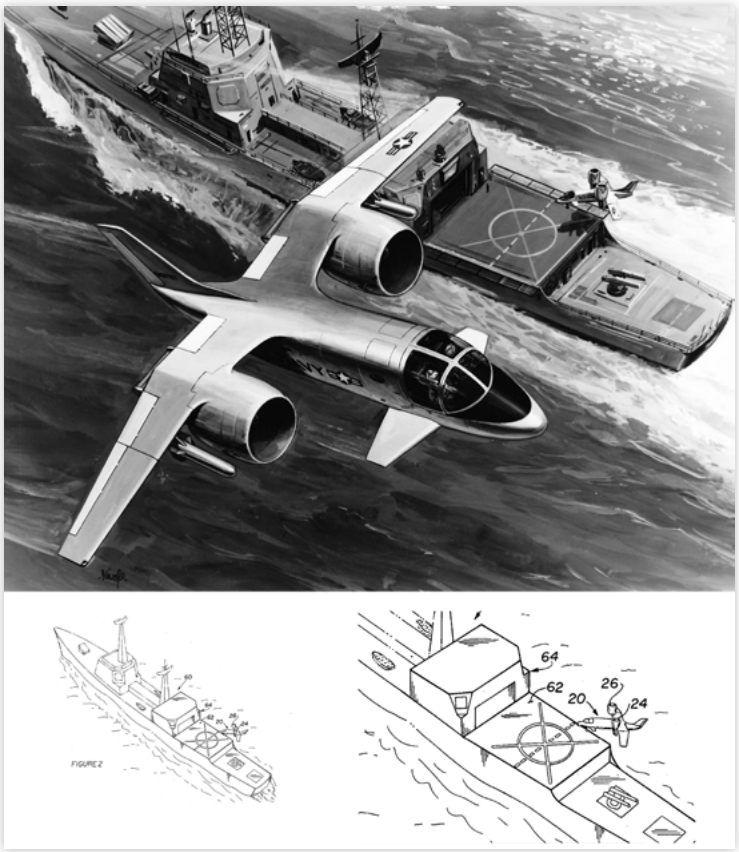


Rys. 27 Rysunki z patentów US 3089666 oraz US 3081964 uzyskanych przez Henryego H. W. Quenzlera z zakładów Boeing w 1963 r.

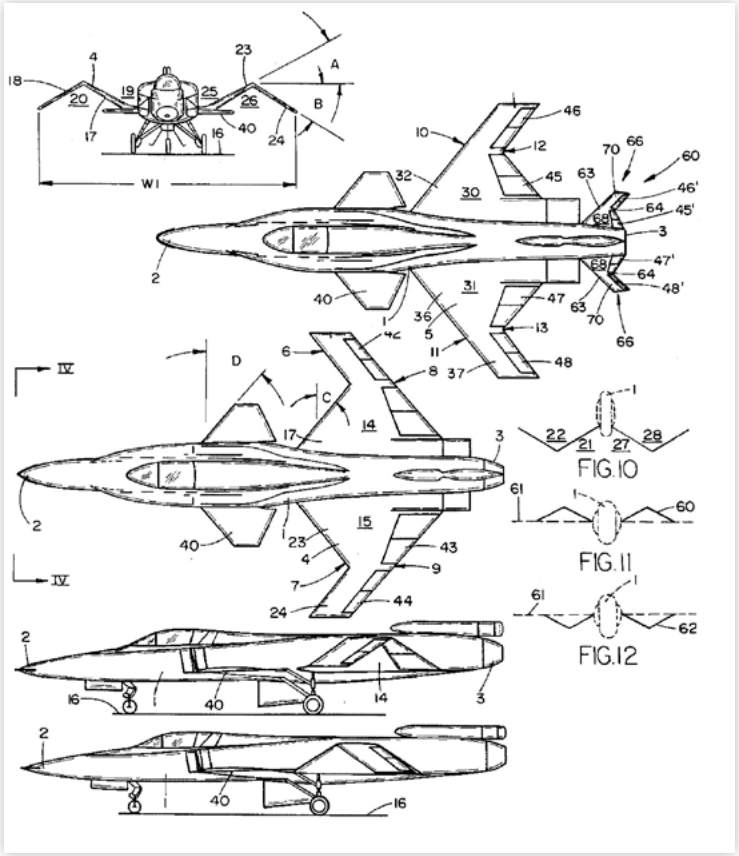
masy oraz oporu aerodynamicznego. Stateczność kierunkowa ma być wtedy zapewniona przez skos skrzydeł oraz ich mewi kształt. Rysunki zawierają samolot zarówno z płatem o skosie dodatnim, jak i ujemnym. Zaznaczono także, iż płaty mogą mieć formę mewy tradycyjnej oraz odwróconej. Samolot na rysunkach wygląda na zmodyfikowanego Grummana X-29 z 1984 r., którego przednia część kadłuba wraz z podwoziem przednim pochodzi z myśliwca F-5 Freedom Fighter, silnik od F/A-18 Hornet, a podwozie główne od F-16 Fighting Falcon. X-29 pozostał jedynie prototypem zbudowanym w dwóch egzemplarzach. Żaden myśliwiec oparty na jego konstrukcji nie wszedł do służby, choć samolot ten rozbudzał wyobraźnię autorów science-fiction. Przykładowo w 1989 r. firmy Digital Image Design oraz Ocean Software stworzyły grę komputerową, w której można było usiąść za



Rys. 28 Patent US 411640 oraz jedyny prototyp pionowzlotu Grumman 698, który służył do badań naziemnych



Rys. 29 Wizja artystyczna pionowzlotu Grumman 698 w wersji pokładowej wzorowana na rysunku z patentu US 411640 (na dole)



Rys. 30 Patent US 5,542,625 przedstawiający koncepcję zmodyfikowanego X-29 z mewim płatem oraz bez statecznika pionowego

sterami futurystycznych myśliwców F-29 lub F-22. Gra powstała pod koniec zimnej wojny i przedstawiała fikcyjny scenariusz jej przedłużenia w pierwszych latach XXI w.

W 2015 r. Rosjanin Dmitrij Siergiejewicz Durow zgłosił patenty RU 2591102C1 oraz RU 2605585C1 zawierające opis futurystycznego naddźwiękowego samolotu o niskiej emisji hałasu[6]. Ma on układ tandemowy, z dolnym lub górnym płatem w postaci tradycyjnej lub odwróconej mewy, gdzie w patencie RU 2605585C1 dwa silniki znajdują się w miejscu przejścia wewnętrznej części płata w zewnętrzną. Trzeci silnik, umieszczony nad kadłubem, przytrzymywany jest przez pochylone do wewnątrz usterzenie pionowe. Obniżenie hałasu ma być osiągane za pomocą specjalnego tłumika (klina) rozbijającego strugi powietrzna na dziobie (oznaczenie 4 na rysunku) oraz za pomocą odpowiedniego ukształtowania powierzchni nośnych[7]. Natomiast w patencie RU 2591102C1 samolot jest dwusilnikowy, a gondole napędowe są utrzymywane od dołu przez tylne usterzenie poziome, a od góry przez mewi płat. Gondole są umieszczone w miejscu, gdzie wewnętrzna część mewiego płata przechodzi w zewnętrzną. Samolot ma też niewielkie stabilizatory przednie.

W 2001 r. Amerykanin Michael Paulson (syn Allena Paulsona, założyciela zakładów lotniczych Gulfstream Aerospace), założył w USA firmę Supersonic Aerospace International LLC (SAI)[8]. Jej celem było opracowanie ponaddźwiękowego samolotu komunikacyjnego, który nie wytwarzałby gromu dźwiękowego podczas przekraczania

[6] Dmitriy Sergeyevich Durov, Описание изобретения к патенту (Supersonic low-noise aircraft with tandem wings), patent RU 2605585C1, zgłoszony 07.06.2015 r., udzielony 12.12.2016 r. oraz Сверхзвуковойсамолетс крыльямизамкнутойконструкции (Supersonic aircraft with closed structure wings), patent RU 2591102C1, zgłoszony 20.02.2015, udzielony 10.07.2016 r.

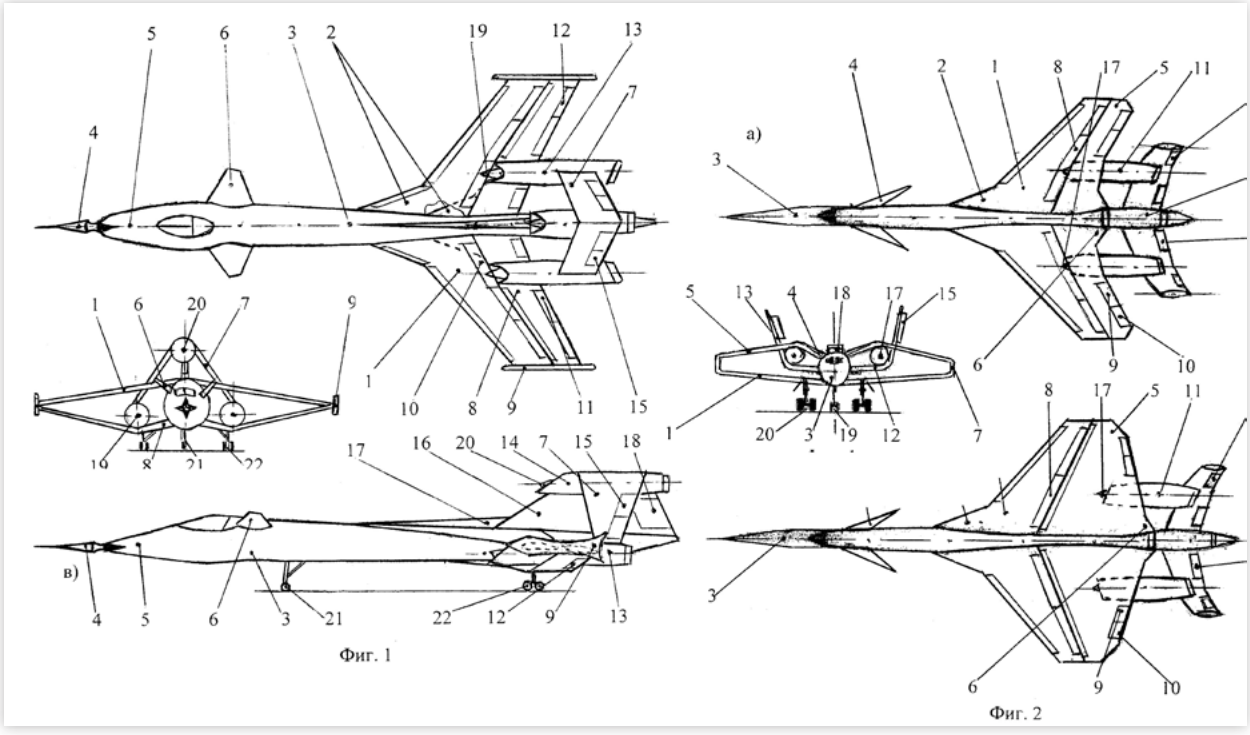
[7] Rozbijanie fali dźwiękowej za pomocą klina znajdującego się przed dziobem zostało przetestowane w NASA w projekcie Quiet Spike w latach 2006-2008. Przed dziobem samolotu testowego F-15B zamontowano chowaną tyczkę o długości 7,3 m (24 stopy) z grotem wykonanym z materiałów kompozytowych, który wytwarza trzy małe fale uderzeniowe, które przemieszczają się równolegle do siebie aż do ziemi, wytwarzając mniej hałasu niż typowe fale uderzeniowe, które gromadzą się z przodu samolotów naddźwiękowych.

[8] Strona firmy: http://www.sai-qsstx.com/

[9] Równolegle NASA wraz z Lockheed Martin prowadzą prace nad podobnym samolotem eksperymentalnym X-59 QueSST (Quiet Supersonic Transport).

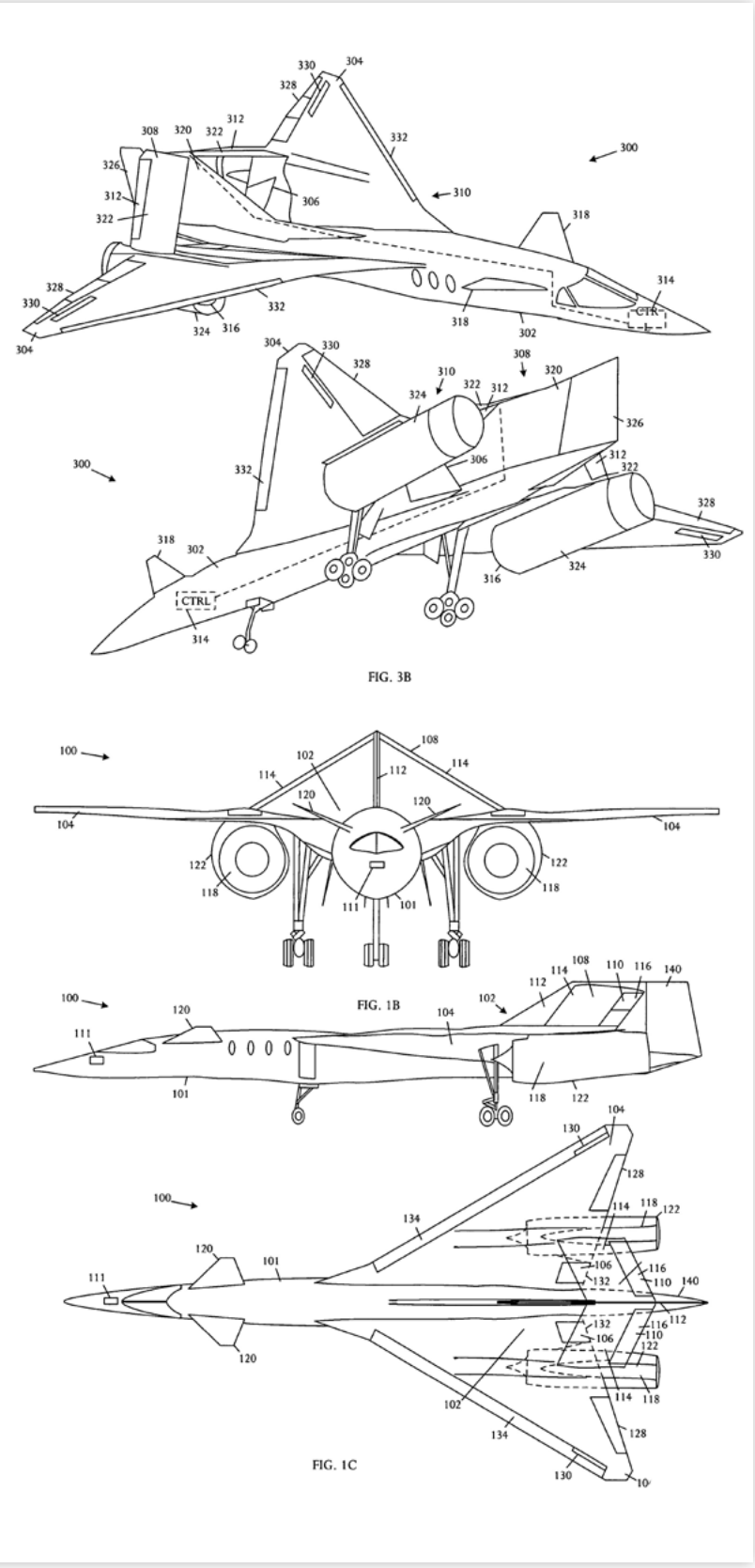
Rys. 31 Samolot eksperymentalny Grumman X-29 z 1984 r., którego przednia część kadłuba wraz z podwoziem przednim pochodzi z myśliwca F-5 Freedom Fighter, silnik od F/A-18 Hornet, a podwozie główne od F-16 Fighting Falcon. Z rysunków wynika, że to właśnie na nim zamierzano oprzeć patent US 5,542,625, lecz ostatecznie go nie zrealizowano.

bariery dźwięku. Rozpoczęto tam prace nad samolotem komunikacyjnym SAI Quiet Supersonic Transport (QSST), ale już kilka lat później wszelkie informacje na temat tego projektu ucichły[9]. Nigdy nie został on oficjalnie zamknięty, ale od około 2014 r. nie ukazują się żadne nowe doniesienia na jego temat. Jedną z niewielu informacji o samolocie SAI QSST jakie opublikowano był patent US 6921045B2 z 2003 r[9]. Z jego opisu wynika, iż QSST miał mieć obniżoną emisję hałasu podczas przekraczania bariery dźwięku dzięki zastosowaniu odpowiedniej proporcji długości samolotu do wydłużenia skrzydeł oraz dzięki specjalnemu kanałowi powietrznemu tworzonemu przez odpowiednio ukształtowany tył kadłuba przechodzący w skrzydła. Miał być to specyficzny rodzaj mewiego płata, gdzie „mewie" wysklepienie zwiększałoby się wraz z cięciwą płata. Silniki miały być umieszczone w pobliżu płynnego przejścia

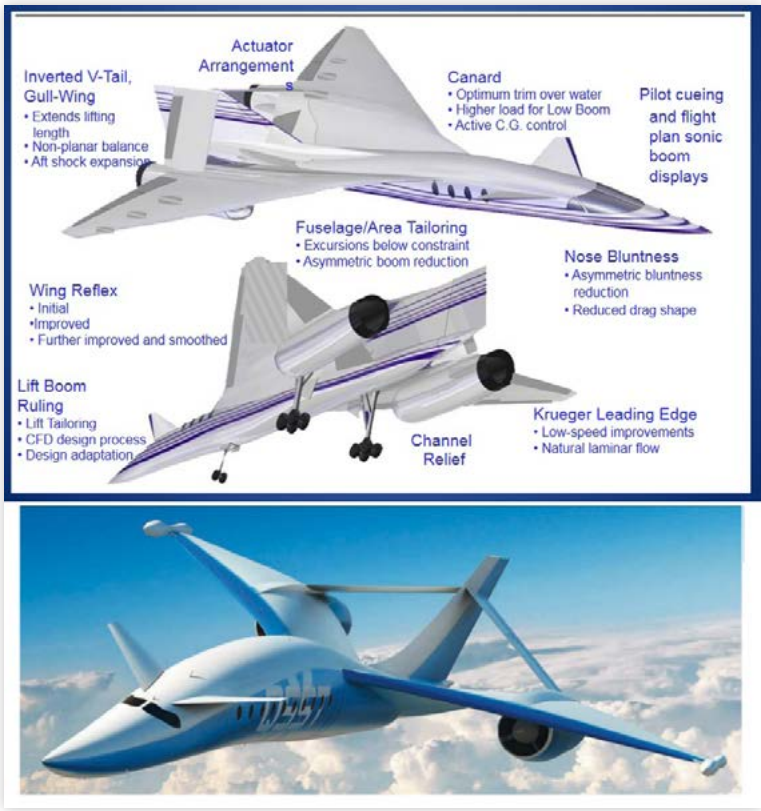


Rys. 32 Rysunki z patentów RU 2591102C1 oraz RU 2605585C1 Dmitrija Siergiejewicza Durowa z 2015 r.

[9] M. Chang, V. Meza, J. M. Morgenstern, A. E. Arslan, Supersonic aircraft with channel relief control, patent US 6921045B2, zgłoszony 30.10.2003, udzielony 26.07.2005 r.



Rys. 33 Rysunki z patentu US 6921045B2 przedstawiającego projekt samolotu SAI Quiet Supersonic Transport (QSST)



Rys. 34 Koncepcja samolotu SAI Quiet Supersonic Transport (http://www.sai-qsstx.com/)

wewnętrznej części mewiego płata w część zewnętrzną.

Podobne koncepcje mewiego płata były przewidziane także dla projektów naddźwiękowych samolotów komunikacyjnych Lockheed L-2000 oraz Boeing 2707 (obydwa zakończone w 1971 r.), a także Boeing Sonic Cruiser z 2001 r[10]. Pewnej formy mewiego płata można się doszukać nawet w największym samolocie pasażerskim świata Airbus A380 z 2005 r.

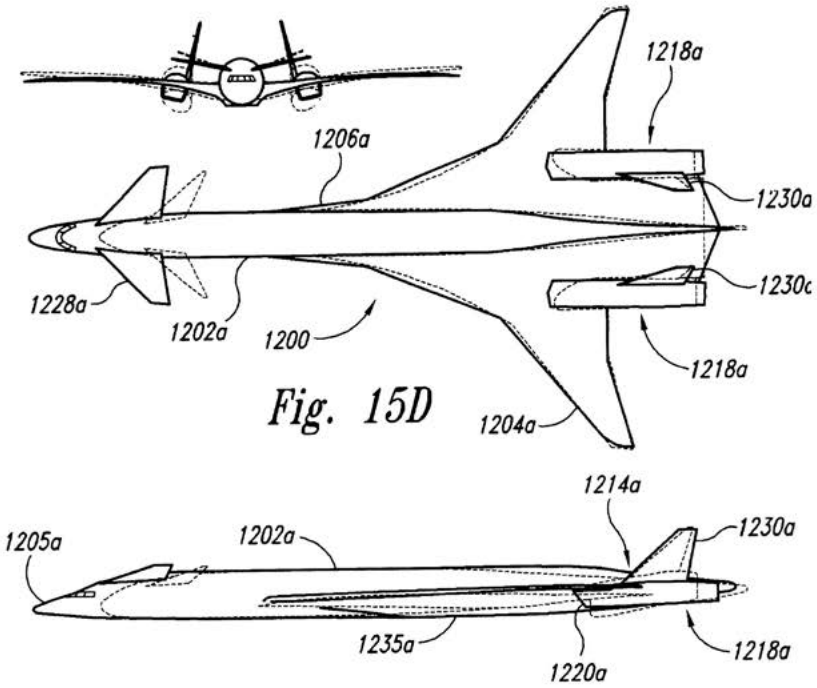
Warto też zwrócić uwagę na oryginalne wykorzystanie mewiego płata zawarte w patencie US 3259338A zgłoszonym przez Theodore'a W. Schmidta z zakładów Boeing w 1964 r[11]. Opisuje on samolot transportowy pionowego startu i lądowania z mewim płatem, gdzie część zewnętrza jest dużo mniejsza od wewnętrznej. W miejscu przejścia części zewnętrznej w wewnętrzną są umieszczone gondole z silnikami o ciągu pionowym. Dawałoby to korzyść w postaci większego prześwitu między dyszami a poziomem ziemi, czyli

[10] C. P. Nelson, Integrated and/or modular high-speed aircraft, patent US 6575406B2, zgłoszony 22.04.2001, udzielony 10.06.2003 r.

[11] T. W. Schmidt, Aircraft for short and/or vertical take-off and landing, patent US 3259338A, zgłoszony 17.02.1964, udzielony 5.07.1966 r.

– obniżonej wartości ciśnienia gazów wylotowych docierających do ziemi, które mogą porazić ludzi lub sprzęt naziemny. Poza tym, uzyskano by lepszą stabilność w powietrzu, dzięki efektowi wahadła – zdecydowana większość masy samolotu znajdowałaby się poniżej dysz. Oprócz tego samolot posiadałby także dwie gondole napędowe podwieszone pod wewnętrzną częścią mewiego płata, służące do lotu w kierunku przednim.

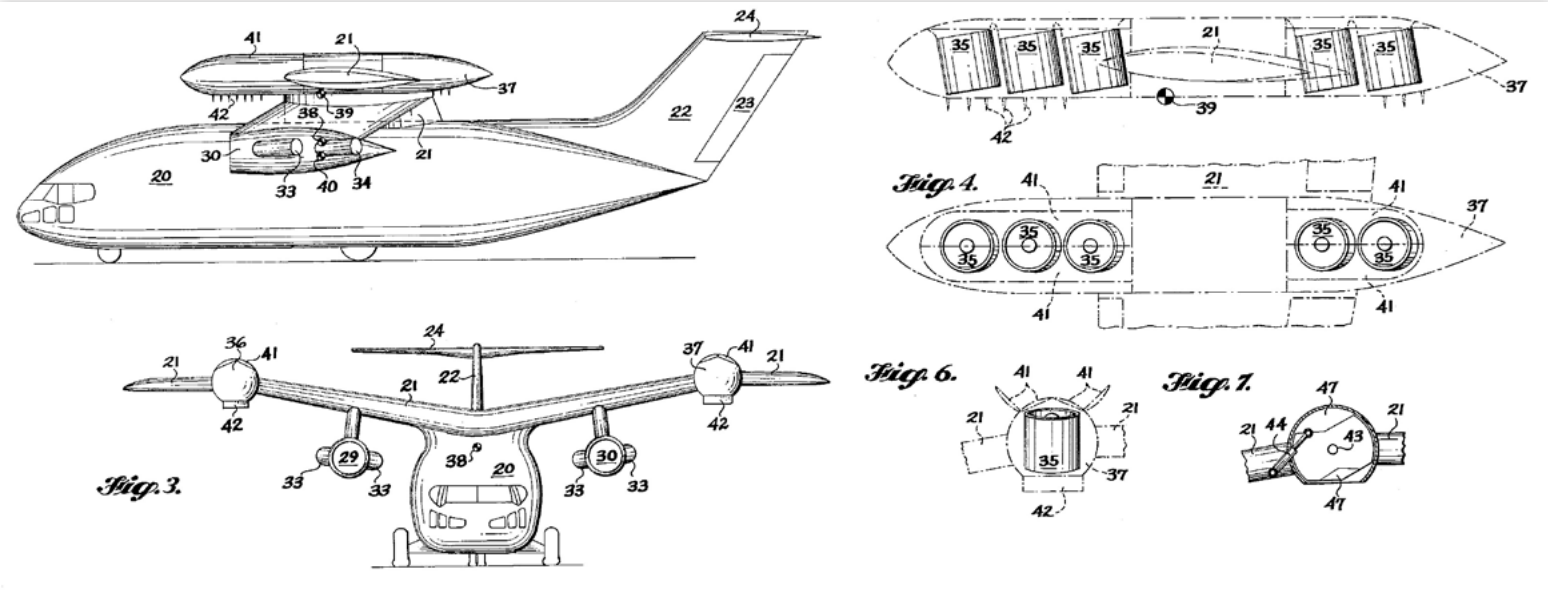
Wzorowana na ptakach konstrukcja skrzydła o zmiennym wysklepieniu była rozpatrywana już przez Leonarda da Vinci. W XX wieku początków prac nad tą koncepcją możemy doszukać się w opisanym wcześniej samolocie Bonney Gull z lat 30-tych, który miał mieć możliwość wyprostowania skrzydeł w czasie lotu. Obecnie prowadzi się na ten temat szereg prac na świecie[12]. Samolot taki



Rys. 35 Patent US 6575406B2 z 2003 r. prezentujący koncepcje futurystycznego samolotu komunikacyjnego Boeing Sonic Cruiser

Rys. 36 Pewnej formy mewiego płata można się doszukać nawet w największym samolocie pasażerskim świata Airbus A380 z 2005 r.

[12] Np. T. M. Seigler, D. Inman, W. Mason, D. Leo, Dynamics and Control of Morphing Aircraft, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg USA 2005; M. Abdulrahim, R. Lind, Flight Testing and Response Characteristics of a Variable Gull-Wing Morphing Aircraft, AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit 16-19 August 2004, Providence, Rhode Island, DOI: 10.2514/6.2004-5113 oraz Z. Min, V. K. Kien, L. J.Y. Richard, Aircraft morphing wing concepts with radical geometry change, w: "The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering", Vol. 3, No. 3, August 2010, s. 188–195, DOI: 10.1080/19373261003607972.

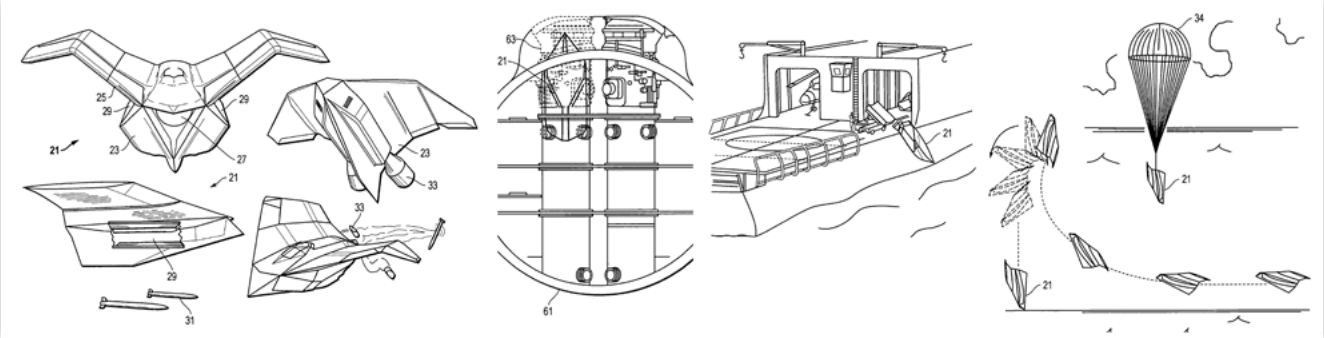


Rys. 37 Patent US 3259338A zakładów Boeing z 1966 r.

mógłby przybierać różne formy, w zależności od aktualnych potrzeb. Podczas lotu horyzontalnego mógłby przyjąć formę płaskiego płata, by uzyskać jak najwięcej siły nośnej. Podczas zniżania mógłby złożyć skrzydła w formę klina, przez co znacznie skrócono by wytracanie wysokości. Formą pośrednią może być przyjęcie mewiego kształtu, który z jednej strony daje dużą siłę nośną, a z drugiej wspomaga też stabilizację. Obecnie rozpatruje się morficzną (zmienną) formę głównie dla samolotów bezzałogowych, choć powstają też koncepcje pilotowanych statków powietrznych z tym układem. Układ taki ma przykładowo bezzałogowiec Z-Wing badany przez Lockheed Martin. Podobny układ otrzymał także inny projekt z tych samych zakładów – Cormorant z 2008 r. Miał on być wystrzeliwany z wyrzutni rakiet balistycznych typu UGM-133 Trident II D-5, z zanurzonych okrętów podwodnych typu Ohio. Po wydostaniu się ponad powierzchnię wody za pomocą startowych silników rakietowych miał rozkładać skrzydła w formie mewiej i kontynuować lot na własnym silniku odrzutowym. Program został wstrzymany w 2008 r. Samolot Lockheed Martin Cormorant oraz sposób jego wystrzeliwania spod wody został opisany w patencie US 7097136B2 z 2004 r[13].

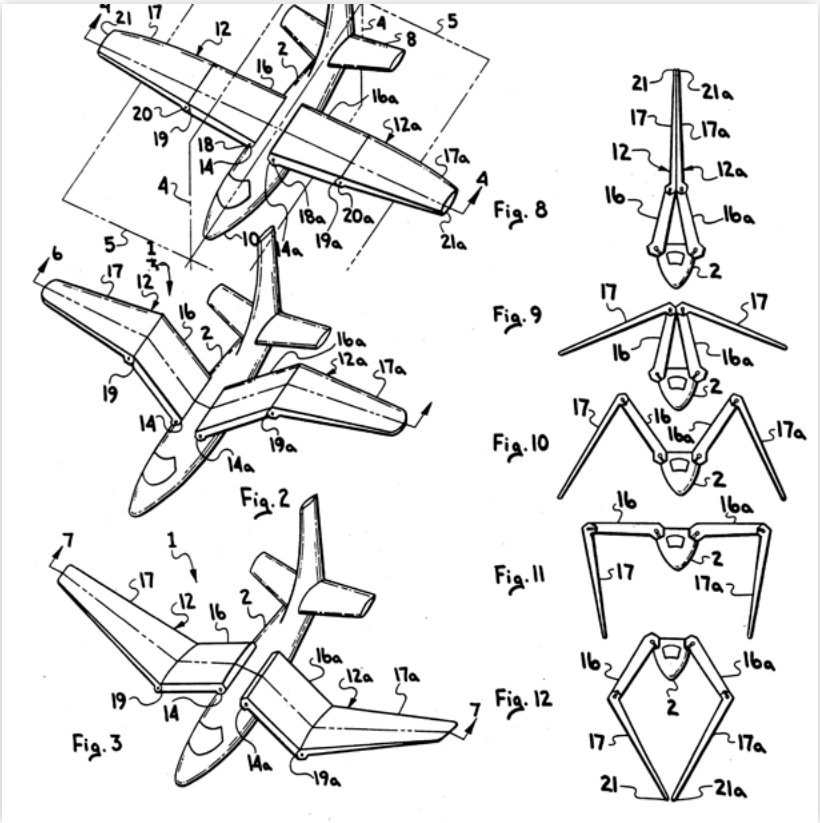
Rys. 38 Przykładowe koncepcje samolotów ze zmiennym (morficznym) płatem, w tym Lockheed Martin Z-Wing (u góry po lewej) oraz Cormorant (po prawej). (Karl Reque; Z. Min, V. K. Kien, L. J.Y. Richard, dz. cyt.)

[13] R. A. Ruszkowski, Immersible unmanned air vehicle and system for launch, recovery and re-launch at sea, patent US 7097136B2, zgłoszony 13.04.2004, udzielony 29.08.2006 r.



Rys. 39 Ilustracje z patentu US 7097136B2 przedstawiające samolot załogowy Lockheed Martin Cormorant z 2008 r., który miał być wystrzeliwany z zanurzonych okrętów podwodnych typu Ohio

W 1990 r. zgłoszono patent US 5019007A na bezzałogowy szybowiec z mewim skrzydłem morficznym[14]. Ilustracje w patencie (Rys. 40) przedstawiają szybowiec ze standardowym kadłubem i usterzeniem. Autor patentu sugeruje, że rozwiązanie jest przeznaczone dla latających zabawek, ale można je użyć także w prawdziwym szybowcu. W tym przypadku problemem technicznym może być umieszczenie w wąskim kadłubie na tyle mocnego silnika elektrycznego, by mógł swobodnie składać i rozkładać skrzydła w czasie lotu. Przykładowo, gdyby taki szybowiec chciał szybko zanurkować, mógłby złożyć skrzydła do góry i zacząłby spadać jak kamień. Wyprowadzenie do lotu poziomego wymagałoby jednak rozłożenia skrzydeł przy bardzo dużym oporze nacierającego powietrza.



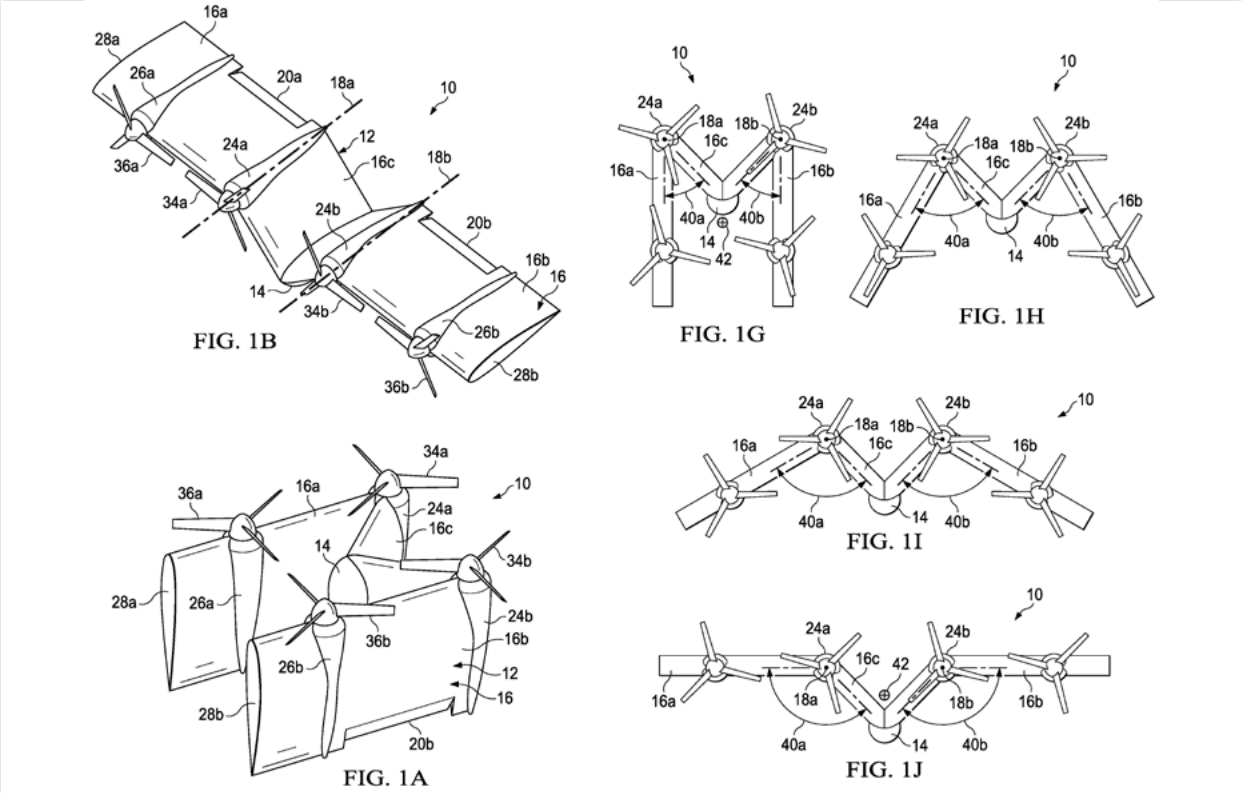
Rys. 40 Ilustracje z patentu US 5019007A przedstawiające projekt bezzałogowego szybowca z mewim skrzydłem morficznym

W 2018 r. zakłady Bell Helicopter Textron zgłosiły patent US 20190322365A1 na bezzałogowe latające skrzydło morficzne[15]. Jednym z układów aerodynamicznych, które może ono przyjmować w czasie lotu jest kształt mewi, co jest wyraźnie zaznaczone w opisie patentu oraz na ilustracjach. Silnik znajduje się w szczątkowym kadłubie po środku skrzydła, a moc (energia elektryczna) przekazywana jest na śmigła oraz na serwomechanizmy sterujące układem aerodynamicznym.

Płat mewi co jakiś czas inspiruje inżynierów i projektantów. W czasopismach lotniczych oraz w sieci można znaleźć koncepcje futurystycznych samolotów komunikacyjnych i bojowych ze skrzydłami będącymi jakąś formą mewiego płata. Część z nich to projekty inżynierskie, a część to jedynie koncepcje artystyczne z zakresu *designu*/wzornictwa przemysłowego. Wiele z nich zasługuje na uwagę. Jako przykład można podać koncepcję dwóch Irańczyków Ahmada Ashtianiego oraz Mohammadreza

[14] J. V. Miller, Toy glider with variable dihedral wings, patent US 5019007A, zgłoszony 9.07.1990, udzielony 28.05.1991 r.

[15] S. R. Gaffney, R. R. Graham, C. E. Campbell, K. K. Prasadk, I. N. Martinez, J. M. Rosenkrance, L. N. Everhart, W. P. Crisler, Aircraft having M-Wing and Gull Wing Configurations, patent US 20190322365A1, zgłoszony 18.04.2018, udzielony 24.11.2019 r.



Rys. 41 Ilustracje z patentu US 20190322365A1 zgłoszonego w 2018 r. przez zakłady Bell Helicopter Textron Inc.

Hejaziego z 2014 r. Przedstawia ona wstępny projekt lekkiego dwuosobowego futurystycznego samolotu odrzutowego o napędzie wodorowym. Zakładane dane techniczne: długość 12000 mm, rozpiętość 7900 mm, wysokość 3000 mm, masa własna 2500 kg, masa startowa 4000 kg, zasięg 2000 km, prędkość maksymalna 700 Km/h oraz pułap 13500 m[16].

Rys. 42 Koncepcja lekkiego samolotu dyspozycyjnego z mewim płatem autorstwa dwóch Irańczyków Ahmada Ashtianiego oraz Mohammadreza Hejaziego z 2014 r.

Mewie skrzydło jest efektem odwiecznej obserwacji przyrody przez człowieka. W okresie pionierskim lotnictwa wielu wynalazców uważało wręcz, iż płat maszyny latającej musi być jak najbardziej zbliżony do skrzydła ptaka. Płat mewi przeżył swój złoty okres w pierwszej połowie lat 30-tych ub. wieku, kiedy to sięgnął po niego szereg konstruktorów samolotów myśliwskich (z polskim konstruktorem Zygmuntem Puławskim i zakładami PZL na czele) i nie tylko. Był ciekawostką, ale nie utrzymał się długo w szerszym użyciu. Jest jednak bardzo prawdopodobne, że w XXI w. płat mewi przeżyje pewien renesans, zwłaszcza w przypadku samolotów bezzałogowych (w tym morficznych).

dr Jakub Marszałkiewicz

[16] A. Ashtiani, M. Hejazi, Gullwing Jet, https://competition.adesignaward.com/design.php?ID=36815

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

PRENUMERATA

UWAGA: Wydanie czerwcowe ukaże się wyłącznie w formie elektronicznej

PRENUMERATA ROCZNA

- prenumerata zwykła, krajowa, przy płatności jednorazowej: 126 zł
- przy 4 ratach kwartalnych: 4 x 35 zł (płatne do 10 dnia każdego kwartału)
- dla uczniów i studentów: 105 zł (jednorazowo) lub 4 x 28 zł (kwartalnie)
- prenumerata zagraniczna, zwykła: 65 EUR (Europa, Rosja, Izrael) lub 75 EUR (pozostałe kraje)

Prenumerata roczna obejmuje 10 egzemplarzy

PRENUMERATA PÓŁROCZNA

- prenumerata zwykła, krajowa: 84 zł
- dla uczniów i studentów: 63 zł
- prenumerata zagraniczna, zwykła: 35 EUR (Europa, Rosja, Izrael) lub 40 EUR (pozostałe kraje)

Prenumerata półroczna obejmuje 5 egzemplarzy

WERSJA ELEKTRONICZNA

(1 egzemplarz na 1 komputer)
cena w wersji elektronicznej: 12,50 zł

- e-prenumerata roczna: 105 zł
- e-prenumerata roczna dla uczniów i studentów: 84 zł

Prenumeratę można rozpocząć od dowolnego miesiąca w roku.
Poza prenumeratą cena pojedynczego egzemplarza
w wersji papierowej: 17,50 zł
w wersji elektronicznej: 12,50 zł

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