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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

7/8 (166/167) lipiec/sierpień 2021

- Prasy wielozabiegowe HYDOMAT
- Druk 3D w zastosowaniach militarnych
- Trójkolumnowa wirówka filtracyjna

TECHNOLOGIE w lotnictwie

Kompozyty polimerowe w samolotach wojskowych

Silniki samolotowe z otwartym wirnikiem

Drewno jako materiał konstrukcyjny i technologiczny

WIELTON

POSZUKIWANI INŻYNIEROWIE

wiele dróg, wspólny kierunek

W Wieltonie tworzymy i dostarczamy najlepsze rozwiązania transportowe dla biznesu, a nasze produkty uczestniczą w transporcie w wielu zakątkach Europy i świata. Chcesz być częścią naszego zespołu inżynierów i wspólnie z nami tworzyć i wdrażać innowacyjne rozwiązania w konstruowaniu przyczep, naczep i zabudów?

ZAINTERESOWANY/A ?

- posiadasz wykształcenie wyższe techniczne lub właśnie je zdobywasz,
- posiadasz wiedzę z zakresu konstrukcji i eksploatacji pojazdów, wytrzymałości materiałów, metalo- i materiałoznawstwa
- posługujesz się programami do projektowania 3D i rysunkiem technicznym
- jesteś ambitny, lubisz wyzwania i chcesz się rozwijać...

DOŁĄCZ DO NASZEGO ZESPOŁU!

Wyślij CV lub pytania na adres: **praca@wielton.com.pl**
Wszystkie oferty pracy sprawdzisz na: **www.wspolnykierunek.pl**

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 7/8 (166/167)
lipiec/sierpień 2021

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

Adres do korespondencji:
ul. Marszałkowska 111
00-102 Warszawa

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

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

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

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

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

Na okładce:
F-35 Joint Strike Fighter
fot. Michael Fitzsimmons/Photogenica

ITER © 2021

Drodzy Czytelnicy,

Dzisiejszy człowiek, taki „wytwór" nowoczesnego, wyedukowanego i demokratycznego świata, jest osobą bezwzględnie praktyczną. Brak zainteresowania dla spraw natury duchowej, awersja do poszerzania horyzontów czy do prób krytycznego myślenia – to jego znaki szczególne. Unika tych rzeczy, bo wydają mu się kompletnie nieprzydatne w życiu. Nie pomogą przecież w pracy, w urządzaniu kuchni czy łazienki, w wyborze urządzeń i sprzętów domowych albo nowego samochodu. W rozmowach ze znajomymi też będą nieprzydatne, bo ich te tematy również zupełnie nie interesują. Gdy taki nowoczesny człowiek dowie się o czyichś planach studiowania na kierunkach typu filozofia, teologia czy filologia klasyczna, zwykle pyta – a co ty będziesz po tych studiach robił? Zdawałoby więc, że liczy się dla niego tylko praktyczna i utylitarna wartość wszystkiego z czym ma do czynienia.

Najczęściej jednak taki ktoś jest namiętnym oglądaczem telewizji, głupawych seriali, płytkich dyskusji, prymitywnych programów rozrywkowych albo wszystkiego, jak leci. Pewnie też często słucha radia, wypełnionego równie głębokimi treściami. Być może również regularnie odwiedza najpopularniejsze portale internetowe. Prawda, jakiż tam wszędzie wysyp praktycznych informacji?

Próżno by jednak oczekiwać, że sam siebie zapyta, po co mu to wszystko. Gdyby bowiem zechciał się nad tym zastanowić, to już samo to byłoby pierwszym krokiem do doniosłego odkrycia – że to wszystko jest właśnie po to, aby się nad ważnymi rzeczami nie zastanawiał.

Bo tak się składa, że wiele z tych „niepraktycznych" obszarów jest człowiekowi potrzebnych aby się rozwijał i doskonalił w swoim człowieczeństwie. A z pobieżnej nawet obserwacji naszej rzeczywistości widać, że różnym kreatorom współczesnego świata nie na rękę jest, aby człowiek dążył do doskonałości.

Dusza ludzka nie może istnieć bez miłości i jak zauważył św. Grzegorz – albo lubuje się w rzeczach niskich, albo w najwyższych. A im silniej rozgorzeje w trosce o rzeczy niskie, tym zgubniejszy chłód oddala ją od najwyższych.

Zapraszam do lektury kolejnego wydania naszego magazynu,

Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 7/8 (166/167)
LIPIEC/SIERPIEŃ 2021

Pokonać aquaplaning ... 6
Strefa zgniotu wielokrotnego użycia ... 6
Targi ITM INDUSTRY EUROPE – już od 31 sierpnia ... 8
Origami ożywa ... 8
Materiał z pamięcią kształtu wycisza samoloty ... 10
Wysokowydajny materiał elektroenergetyczny ... 10
Automatyzacja laminowania ... 11
Druk 3D z betonu ... 11
Powrót legendy: Lamborghini Countach 2021 ... 12
Nowa metoda seryjnej produkcji wyrobów kompozytowych ... 13

Wirówka trójkolumnowa do stosowania w strefie zagrożonej wybuchem ... 14
Piotr Sarama, Jerzy Lisaj

Sześć powodów, dla których warto użyć sprężyn falistych ... 21

Kompozyty polimerowe w wojskowej technice lotniczej ... 24
Michał Sałaciński, Piotr Synaszko — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Silniki lotnicze z otwartym wirnikiem ... 26
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Drewno jako materiał konstrukcyjny i technologiczny ... 28
Aleksander Łukomski

Omega wiecznie młoda ... 38
z Andrzejem Szynkiewiczem rozmawia Ryszard Romanowski

Wytwarzanie przyrostowe w zastosowaniach militarnych ... 43
Jacek Zbierski

Automatyczne generowanie tolerancji wykonania, cz. 2 ... 50
Andrzej Wełyczko — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Prasy HYDOMAT ... 52
Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Słaba kondycja ... 54
Tomasz Gerard — ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

MASZYNY i URZĄDZENIA

14 Wirówka trójkolumnowa do stosowania w strefie zagrożonej wybuchem

Piotr Sarama, Jerzy Lisaj

System inertyzacji w wirówce wyposażony został w analogowe i cyfrowe czujniki ciśnienia, tlenomierz oraz rotametry, które gwarantują, że proces przebiega niezawodnie i bezpiecznie.

MATERIAŁY

24 Kompozyty polimerowe w wojskowej technice lotniczej

Michał Sałaciński, Piotr Synaszko

W trakcie produkcji prepreg jest cięty na formatki, i układany w formach pod odpowiednimi kątami w różnych warstwach, tak aby zapewnić żądane właściwości mechaniczne wytworzonej struktury.

KONSTRUKCJE

38 OMEGA wiecznie młoda

z Andrzejem Szynkiewiczem rozmawia Ryszard Romanowski

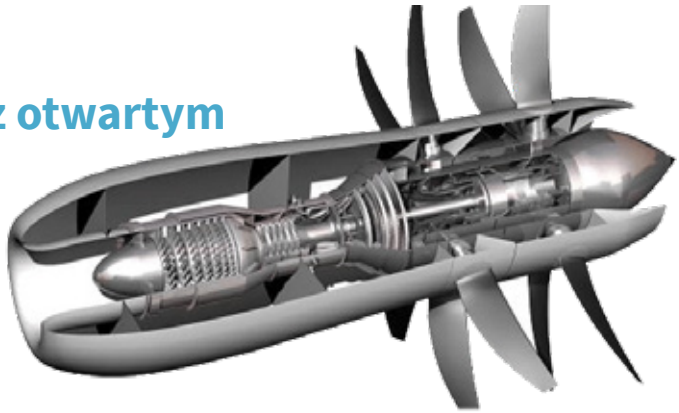
Skrzynia mieczowa jest równa z podłogą i od spodu ma fartuch otulający miecz. Łódka ma niewielkie, 12-centymetrowe zanurzenie bez miecza, tak że rufa wisi nad wodą.

KONSTRUKCJE

26 Silniki lotnicze z otwartym wirnikiem

Ryszard Romanowski

Otwarty, nieobudowany wentylator znacznie poprawia sprawność napędu „przetwarzając” nieporównywalnie większą ilość powietrza niż tradycyjne silniki.



MATERIAŁY

28 Drewno jako materiał konstrukcyjny i technologiczny

Aleksander Łukomski

Własności drewna egzotycznego nie są, na razie, powszechnie unormowane i skatalogowane, wobec czego trzeba ostrożnie podchodzić do ich własności mechanicznych. Najlepiej przed użyciem sprawdzać te własności we własnym zakresie, na próbkach.

Pokonać aquaplaning

Aquaplaning to jedno z najniebezpieczniejszych zjawisk zagrażających samochodom. Klin wodny powstający pomiędzy oponą a nawierzchnią potrafi zredukować współczynnik tarcia do zera, czyniąc tym samym samochód zupełnie niesterownym. Nie są w stanie temu zjawisku sprostać ani wyszukane konstrukcje opon, ani systemy kontroli trakcji. Rozwiązania, które dotąd próbowano rozwijać potrafiły zredukować wpływ klina wodnego pogarszając jednocześnie przyczepność w normalnych warunkach ruchu. Jedną z ciekawych koncepcji było zastosowanie wody pod ciśnieniem. Jej precyzyjny strumień kierowany na bieżnik opony wpływał na rozbicie klina wody deszczowej pomiędzy bieżnikiem a nawierzchnią. Wymagało to jednak umieszczenia zbiorników z wodą w i tak już szczelnie wypełnionym mechanizmami nadwoziu auta. Problematyczne pozostawały również odpowiednie czujniki decydujące o uruchomieniu natrysku na zagrożone koło. Włoska firma Easyrain rozwiązała ten problem wykorzystując płyn zawarty w zbiorniku spryskiwaczy szyb. Prowadzone od 2013 roku prace zaowocowały opracowaniem układów Aquaplaning Inteligent Solution oraz Digital Aquaplaning Information. Wykorzystują one istniejące układy kontroli trakcji oparte m.in. na czujnikach ABS i potrafią określić różnice pomiędzy śliską nawierzchnią a formującym się klinem wodnym. Urządzenie może być montowane w każdym seryjnym samochodzie, jak również w pojazdach o pełnej autonomii. Testy wykazały, że urządzenie potrafi również znacznie zredukować niebezpieczne zjawisko w przypadku zastosowania tzw. ekologicznych opon, o niskich oporach toczenia, stosowanych w samochodach elektrycznych.

easyrain.it

Strefa zgniotu wielokrotnego użycia

Powszechnie używane w różnych środkach transportu urządzenia i struktury pochłaniające i rozpraszające energię mają zasadniczą wadę. Po każdej kolizji zostają zgniecione i trzeba je wymieniać lub naprawiać. Prof. Jongmin Shim wraz z asystentką Seoyoung Heo z Uniwersytetu Buffalo zademonstrowali inne rozwiązanie. Składa się ono ze stalowego słupa z każdej strony zakończonego kołnierzem. Kołnierze mają specjalnie zaprojektowane zawiasy, które po uderzeniu pozwalają kolumnie wyskoczyć z dotychczasowego miejsca i przekształcić energię zewnętrzną w kinetyczną, odprowadzając ją poza pojazd. Urządzenie ma wysoką sztywność i zdolność do przenoszenia dużych obciążeń, jak też odporność na zgniecenia. Konstruktorzy upatrują bardzo szerokie spektrum jego zastosowania, od samochodów, poprzez pociągi do śmigłowców. Obecnie przygotowują zgłoszenie patentowe.

buffalo.edu

AKADEMIA INŻYNIERA INNOWACJI I OPTYMALIZACJI

Dla inżynierów, którzy projektują i mają już doświadczenie

Tematy:

- Design for Assembly (DFA)
- Desing for Manufacturing (DFM)
- Rozwiązywanie trudnych problemów technicznych narzędziami TRIZ

Intensywne 3 miesiące zajęć + praca dyplomowa

Start:
2 października 2021
zajęcia hybrydowe: stacjonarne i online

GRUPA ODITK

Zobacz więcej informacji na:
https://oditk.pl/pl/oferta/otwarte-szkolenia-i-kursy/akademia-inzyniera-innowacji-i-optymalizacji/

TECHNOVATION FORUM 2021

Rozwój innowacyjności od R&D po produkcję

Technovation Forum gromadzi uczestników z różnych branż, umożliwiając tym samym zainspirowanie się rozwiązaniami spoza własnego obszaru.

Nowy Termin: 26 – 27 października, Warszawa

Zapraszamy na 15 inspirujących prelekcji oraz 5 paneli dyskusyjnych w gronie ekspertów.

Możliwość zwiedzenia Global Solution Center ABB

GRUPA ODITK TECHNOVATION ABB

Zobacz więcej informacji na:
https://www.technovationforum.pl/

SCRUM FOR HARDWARE

Szybsze projektowanie urządzeń

Dla managerów

10 września 2021 online

Dla inżynierów

22-23 listopada 2021 online

Poznaj rewolucyjne zasady inkrementacyjnego projektowania sprzętu

GRUPA ODITK

Zobacz więcej informacji na:
https://oditk.pl/pl/oferta/otwarte-szkolenia-i-kursy/scrum-for-hardware/

Zobacz więcej informacji na:
https://oditk.pl/pl/oferta/otwarte-szkolenia-i-kursy/scrum-for-hardware-2/

Targi ITM INDUSTRY EUROPE – już od 31 sierpnia

Targi ITM INDUSTRY EUROPE – największe krajowe wydarzenie dedykowane przemysłowi – odbędą się w tym roku stacjonarnie i online. Tegoroczne wydarzenie ma odbywać się w nowej formule, łączącej tradycyjne targi z koncepcją wirtualnych spotkań. Internetowa platforma spotkań ma poszerzyć tradycyjną ofertę targów, umożliwiając uczestnikom poznanie kontrahentów z całego świata za pośrednictwem narzędzia online.

Tradycyjnie już targi obejmować będą salony tematyczne poświęcone konkretnym branżom przemysłowym. W ramach Salonu MACH-TOOL przedstawione zostaną najnowsze osiągnięcia w obróbce metali. W SMART FACTORY będzie można zobaczyć procesy produkcji w nowoczesnych fabrykach z wykorzystaniem najnowszych narzędzi i rozwiązań. Ekspozycja METALFORUM to salon poświęcony metalurgii, hutnictwu, odlewnictwu i przemysłowi metalowemu. SURFEX to nazwa Salonu Technologii Obróbki Powierzchni. Eksponowanym tam produktom i maszynom towarzyszyć ma Poligon Umiejętności – wyjątkowy pokaz obróbki powierzchniowej różnymi metodami. Salon WELDING poświęcony jest spawalnictwu.

Targi to nie tylko bogata ekspozycja i pokazy maszyn, ale także interesujący program. W hybrydowej formule odbędzie się m.in. spotkanie Industry Next. Wydarzenie zostanie poświęcone programom wsparcia oraz funduszom pomocowym.

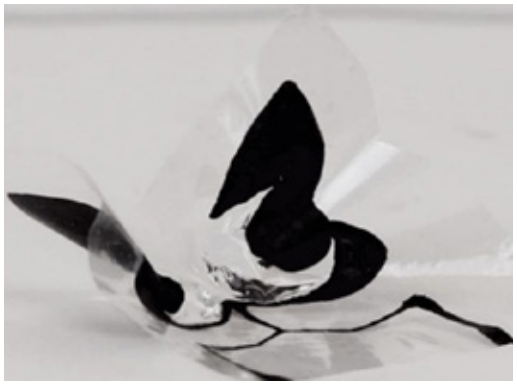
Na terenach Międzynarodowych Targów Poznańskich razem z ITM INDUSTRY EUROPE odbywać się będą – w tym samym czasie – Targi Logistyki, Magazynowania i Transportu Modernlog, 3D Solutions – targi druku i skanu 3D, Targi Kooperacji Przemysłowej Subcontracting oraz Forum Odlewnicze Focast. Szczególny nacisk na relacje biznesowe oraz pozyskiwanie nowych kontaktów stawiany jest podczas targów Subcontracting. Wydarzenie skierowane jest do przedsiębiorców szukających podwykonawców przemysłowych oraz zleceniobiorców gotowych na nowe wyzwania zawodowe. Aranżacja spotkań tych dwóch grup zawodowych realizowana jest w trakcie międzynarodowych spotkań kooperacyjnych Subcontracting Meetings. W ramach tegorocznej edycji targów Subcontracting będzie można także wziąć udział w dwudniowym seminarium (1-2 września) skierowanym do osób zainteresowanych rozwinięciem działalności o rynki zagraniczne oraz promocją polskiego podwykonawstwa poza granicami kraju.

Targi potrwają od 31 sierpnia do 3 września 2021 r.

Więcej na: www.itm-europe.pl

Origami ożywa

Podczas konferencji Association for Computing Machinery – Designing Interactive System 2021 grupa naukowców z uniwersytetu Colorado, która przyjęła nazwę Electriflow, zadziwiła zebranych. Zespół zaprezentował przypominające origami figurki, które samodzielnie się poruszały. Wyrysowane na stronie książki motyle machały skrzydłami, myszka miki poruszała uszami itp.



Te pozornie zabawne efekty mogą mieć duże znaczenie w robotyce. Zastosowano bowiem sztuczne mięśnie opracowane przez Christopha Keplingera i nazwane HASEL, czyli hydraulicznie wzmacniane, samonaprawiające się siłowniki elektrostatyczne. Nie występują w nich żadne silniki ani tradycyjne siłowniki. Rozwiązanie wykorzystuje energię płynów i siły elektrostatyczne. Siłowniki HASEL są bardzo wszechstronne. W zależności od kształtu zbiorniczków płynu można wygenerować różne rodzaje ruchu. Urządzenie ma wysoką sprawność. Prezentowane motyle mogły wykonać 25 uderzeń skrzydłami na sekundę. Zaprezentowane roboty były cienkie jak papier, szybkie i ciche.

colorado.edu

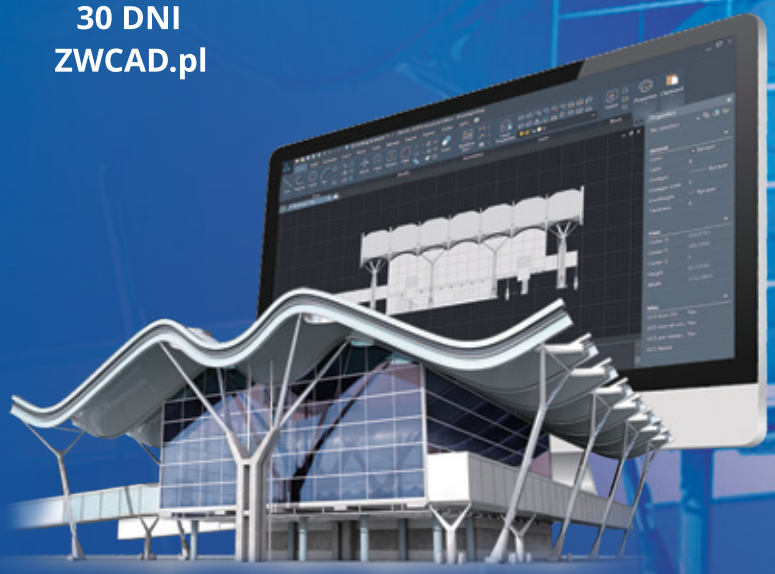
ZWCAD 2022

już dostępny!

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

Dostępny w bezterminowych licencjach, w wersjach Standard, Professional, Architecture i Mechanical

POBIERZ I TESTUJ 30 DNI ZWCAD.pl



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

SZANSA

ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Materiał z pamięcią kształtu wycisza samoloty

Darren Hartl z Texas A&M University College zaprezentował rozwiązanie, które może wyciszyć lądujące samoloty. Problem jest poważny, szczególnie w okolicach dużych lotnisk. Naukowcy zauważyli, że o ile podczas startu hałas generują głównie silniki to podczas lądowania ma on zupełnie inne źródło. Silniki pracują wówczas na biegu jałowym lub na bardzo niskich obrotach i z ziemi są niemal niesłyszalne. Hałas oscylujący wokół wartości 80 dB generują skrzydła, a głównie ich struktury przy połączeniach ze sterami i lotkami. Hartl porównał to do gry na flecie, ponieważ dźwięki generuje powietrze przepływające przez struktury zmieniające swój kształt i objętość. Należało opracować rozwiązanie, które nie wpływa na właściwości płatowca, a skutecznie ogranicza przepływy powietrza w wymaganych miejscach. Rozwiązanie tego pozornie prostego problemu wymagało tysięcy obliczeń i symulacji. Rozważano nacisk powietrza na poruszający się materiał. Trzeba było opracować strukturę, której ruch zmienia przepływ powietrza, a jednocześnie przepływ powietrza zmienia samą strukturę. Badano kompozyty z włókna węglowego i specjalne stopy. Sukcesem okazały się stopy z tzw. pamięcią, w kształcie litery S. Podczas lądowania przepływ powietrza powoduje zmianę ich kształtu, wypełniając newralgiczne miejsca. Po starcie struktury wracają do pierwotnych kształtów.

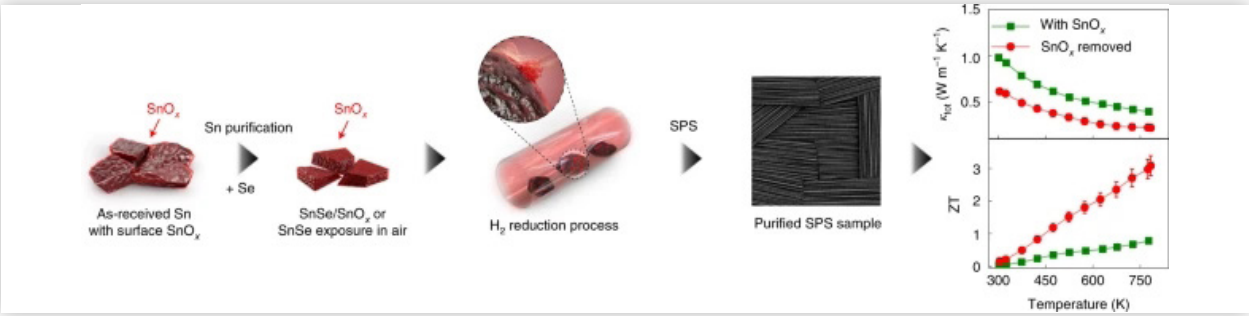
tamu.edu

Wysokowydajny materiał elektroenergetyczny

Ciepło odpadowe pochodzące z różnych gałęzi przemysłu pochłania około 65% energii. Efektywność stosowanych dotąd rozwiązań zmierzających do jej odzyskania jest ciągle daleka od oczekiwań. Obiecujące wysoką efektywność materiały termoelektryczne znajdują bardzo niszowe zastosowania, np. w łazikach marsjańskich. Wymagania stawiane materiałom termoelektrycznym zakładają m.in. ich bardzo niską przewodność cieplną i wysoką przewodność elektryczną. Dostarczane ciepło zmieniane jest w prąd elektryczny. Jednak efektywnych tego typu materiałów odkryto dotąd niewiele.

Naukowcy Northwestern Uniwersity i Seul National University na początku sierpnia zaprezentowali najwydajniejszy w historii materiał termoelektryczny. Jest to selenek cyny w formie polikrystalicznych granulek. Najpierw badano jego formę monokrystaliczną. Nie przyniosło to pożądanych rezultatów. Działanie formy polikrystalicznej początkowo okazało się krótkotrwałe. Przyczyną był szybko postępujący proces utleniania. Naukowcy z Seulu spróbowali więc opracować inną technologię otrzymywania tego związku. Sukcesem był proces pozbawiony tlenu. Materiał musiał również sprostać wysokim wymaganiom termicznym. Znajduje się on bowiem w środku urządzenia, którego gorąca strona może mieć temperaturę 400 do 500 °C, przy której SnSe musi zachować stabilność. Próby wypadły pomyślnie. Materiał może znaleźć zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu.

northwestern.edu



Automatyzacja laminowania

Osiągający 400 km/h helikopter RACER (*Rapid and Cost Effective Rotorcraft*) Airbusa nie tylko jest jednym z najszybszych śmigłowców, ale ma części kadłuba wykonane w niespotykany dotąd sposób. Górne pokrywy osłon o wymiarach 3,4 x 1,5 m każda, składają się z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem węglowym (CFRP), z rdzeniem o strukturze plastra miodu, wykonanym z żywicy fenolowej. Dotąd tego typu kompozytowe struktury wykonywano wyłącznie ręcznie. Naukowcy Fraunhofer IGCV w Ausburgu opracowali zautomatyzowany proces wytwarzania elementów CFRP.

Powstał proces automatycznego umieszczania włókien przez robota. Zamiast dotychczas używanych materiałów preimpregnowanych zastosowano jednokierunkowe taśmy, które mają lepsze właściwości mechaniczne i generują mniej odpadów niż dotychczasowe metody. Robot wykorzystuje specjalne oprogramowanie i narzędzie umożliwiające ułożenie taśm dokładnie tam, gdzie są potrzebne. Tak wykonany element jest o 5% lżejszy niż wykonany ręcznie, przy zachowaniu wymaganych właściwości.

Automatyzacja procesu pozwala zredukować ilość odpadów produkcyjnych z 45 do 20%.

fraunhofer.de

Druk 3D z betonu

Naukowcy ETH Zurych wraz z Block Reaserch Group i Zaha Hadid Architects w nietypowy sposób podeszli do drukowania 3D elementów budowlanych. Na etapie projektu zrezygnowali z użycia stali zbrojeniowej i zaprawy. Łukowy chodnik w Wenecji, nazwany Striatus, o wymiarach 12 x 16 m, powstał z bloczków betonowych. Bloczki wytworzone metodą przyrostową uzupełniają się, podobnie jak kamienie w dawnych mostach, tworząc łuki. Stabilizują się wzajemnie dzięki geometrii konstrukcji.

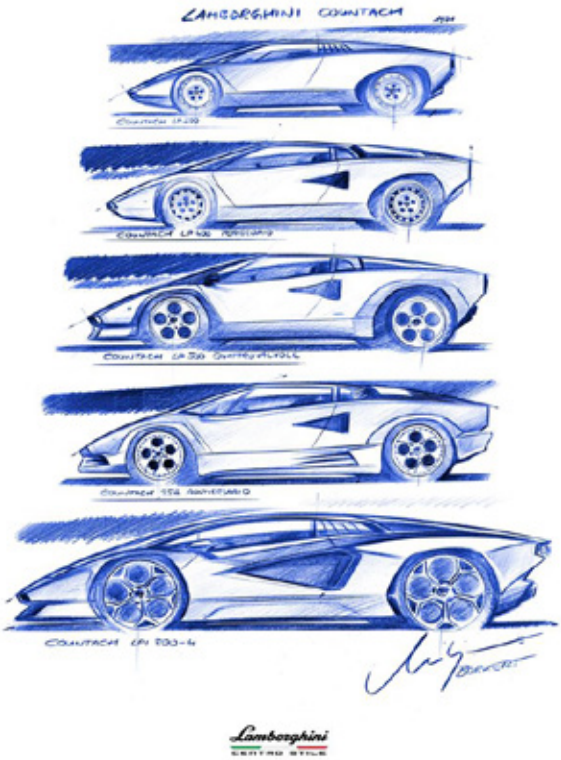
Beton używany do druku nie jest nakładany poziomo lecz pod określonymi kątami. W zaprojektowanej konstrukcji warstwy mają być dokładnie pod kątem prostym w stosunku do sił ściskających.

Założeniem było połączenie zasad tradycyjnej konstrukcji sklepień z drukiem 3D za pomocą betonu i z użyciem materiałów tylko tam, gdzie jest to konieczne – mówił profesor ETHZ Phillipe Block.

Obok szybkości i oszczędności na stali, zaprawie, szalunkach itp., konstrukcja ma jeszcze jedną niespotykaną zaletę. W każdej chwili można ją przenieść w inne miejsce.

ethz.ch

Powrót legendy: Lamborghini Countach 2021

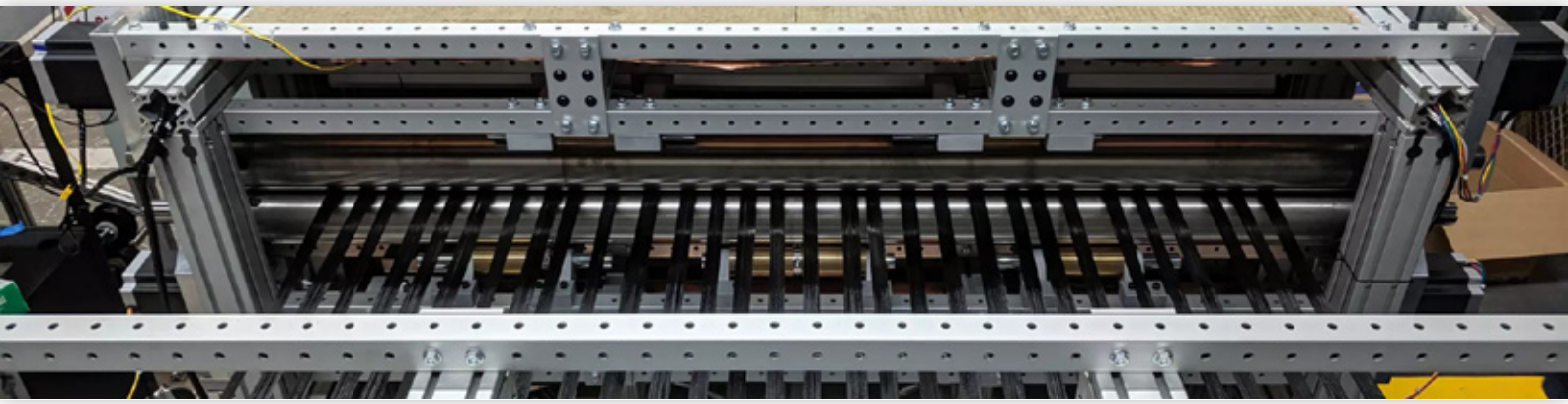


Legendarny model Lamborghini powraca jako na wskroś nowoczesny Countach LPI 800-4, w którym sprawne oko rozpozna niejeden detal nawiązujący do niepowtarzalnej stylistyki jego protoplasty, który zadebiutował na genewskich salonach 50 lat temu. Jak wyjaśnia Mitja Borkert, dyrektor Centro Stile, czyli działu projektowego Lamborghini, oryginalny Countach już od lat ma swoje specjalne miejsce w Centro Stile. Ten model jak żaden inny ukształtował DNA marki. Countach w nowej odsłonie wkracza w kolejne półwiecze, w którym nadal będzie stanowił wyznacznik niekonwencjonalnego, kanciastego stylu. Linie nadwozia nawiązują do wersji LP 500 i produkcyjnej LP 400, a przód – do edycji Quattrovalvole, jednocząc w ten sposób wersje samochodu z lat 1971-1990.

LPI 800-4 jest hybrydowy, z układem napędowym zaczerpniętym z modelu Sián, złożonym z dwunastocylindrowego widlastego silnika o pojemności skokowej 6,5 l i mocy 769 KM oraz z dodatkowego silnika elektrycznego 48V, przyłączonego bezpośrednio do skrzyni biegów. Z napędem na wszystkie koła Countach ma rozpędzać się do setki w 2,8 sekundy i rozwijać prędkość 355 km/h. Zarówno monocoque, jak i panele nadwozia wykonano z carbonowego kompozytu, zapewniającego niską masę i dużą sztywność. Dzięki temu na sucho auto waży niecałe 1,6 t. Ruchome elementy kanałów aerodynamicznych zostały wydrukowane w 3D. Powstanie 112 egzemplarzy.

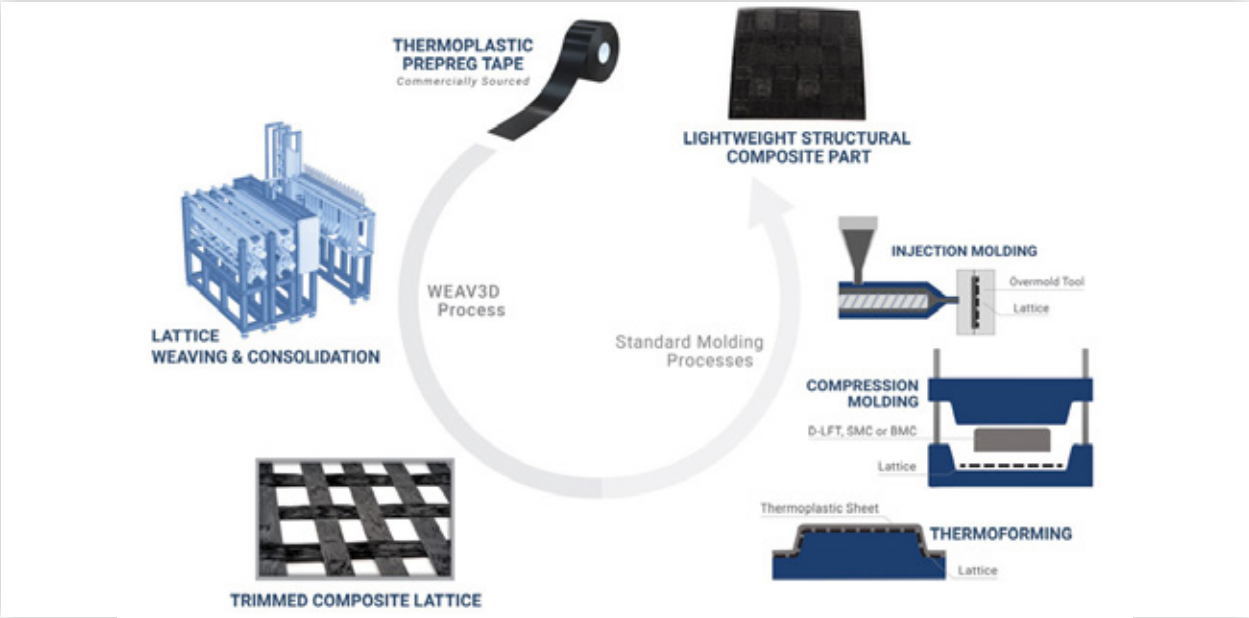
lamborghini.com

Nowa metoda seryjnej produkcji wyrobów kompozytowych



Niezaprzeczalne zalety materiałów kompozytowych idą w parze z istotnymi ograniczeniami, które wiążą się z wysokimi nakładami pracy i dużymi kosztami jednostkowymi, co utrudnia stosowanie komponentów kompozytowych w produkcji seryjnej. Chris Oberste, który doktoryzował się z technologii produkcji kompozytów i sam zetknął się z tymi problemami w pracy dla koncernów lotniczych, opracował autorskie rozwiązanie, skomercjalizowane pod marką WEAV3D, otwierające drogę do seryjnej produkcji materiałów kompozytowych. Jako że nie wszystkie produkty wymagają spełnienia wyśrubowanych norm przemysłu lotniczego, Oberste zrezygnował z epoksydowych i winyloestrowych żywic utwardzalnych na rzecz standardowych tworzyw termoplastycznych. W ramach technologii WEAV3D wykorzystywane są niedrogie i ogólnodostępne taśmy zbrojone włóknami szklanymi lub węglowymi, z których na specjalnej maszynie splatana jest termoplastyczna tkanina o odpowiednim splocie, która następnie w konfiguracji jedno- lub wielowarstwowej trafia na formę wtryskową lub ciśnieniową, gdzie służy za zbrojenie formowanej części. W ten sposób wytwarzane seryjnie części, nie posiadające odpowiednich charakterystyk wytrzymałościowych, łatwo można przekształcić w komponenty strukturalne. Metoda WEAV3D jest skalowalna i stanowi alternatywę dla prepregów i ręcznych procesów laminowania, a także dla technologii AFP i innych procesów wykorzystujących autoklaw.

weav3d.com



Wirówka trójkolumnowa
do stosowania w strefie zagrożonej wybuchem

Zadanie na pozór wydawało się proste. Mieliśmy zaprojektować i wykonać wirówkę trójkolumnową, ebonitowaną od wewnątrz, o średnicy bębna ø 800 mm, do rozdzielania mieszanin złożonych z cieczy i ciała stałego dla przemysłu farmaceutycznego. Jak zwykle jednak w takich sytuacjach – diabeł tkwił w szczegółach. Wraz z zapytaniem klient przesłał nam szczegółową specyfikację wymagań, jakie musi spełnić to urządzenie w celu dopuszczenia go do eksploatacji w jego zakładzie. Oprócz szeregu danych technicznych były tam również zapisy, że wirówka ma być zaprojektowana tak, aby zapewnić wysoki poziom ochrony w środowisku, w którym istnieje prawdopodobieństwo powstania atmosfery potencjalnie wybuchowej. Oznaczenie ATEX: II 2/3G Ex h IIB T4 Gb/Gc – gdzie: II – Grupa II (atmosfera wybuchowa gazów lub pyłów), 2/3G – kategoria wewnątrz urządzenia 2 (strefa 1) / na zewnątrz 3 (strefa 2), G – gazy. Ponadto postawiony był wymóg, że przed załadunkiem wirówka musi być inertyzowana azotem oraz że musi spełniać wszystkie wymagania obowiązujących w tym zakresie dyrektyw CE i ATEX.

Piotr Sarama, Jerzy Lisaj

Producent maszyn ma obowiązek wprowadzać na rynek urządzenia bezpieczne. Aby to osiągnąć konieczne jest właściwe ich projektowanie, wykonanie i prawidłowa instalacja. Producenci ponoszą odpowiedzialność za przeprowadzenie oceny zgodności wyprodukowanych przez siebie maszyn z obowiązującymi przepisami dyrektyw i norm.

Producenci ponoszą odpowiedzialność za przeprowadzenie oceny zgodności wyprodukowanych przez siebie maszyn z obowiązującymi przepisami dyrektyw i norm. W szczególnych przypadkach niezbędne jest uczestnictwo strony trzeciej w procedurze oceny zgodności.

Dyrektywa maszynowa nakłada szereg wymagań. Na terenie Europejskiego Obszaru Gospodarczego wprowadzane na rynek maszyny i urządzenia, które są montowane na stanowiskach pracy muszą posiadać deklarację zgodności WE lub UE na znak CE (kompletna dokumentacja przeprowadzonej analizy oceny zgodności maszyn powinna być dostępna na życzenie). W szczególnych przypadkach, np. urządzeń przeznaczonych do pracy w strefach zagrożenia wybuchem, niezbędne jest uczestnictwo strony trzeciej w procedurze oceny zgodności.

Wraz z przyjęciem dyrektywy ATEX ws. urządzeń przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej, wyraźnie przesunięto odpowiedzialność za urządzenia na ich producenta. Dawniejsze decyzje administracyjne (np. dopuszczenie do stosowania) zastąpiła deklaracja producenta, ze wszystkimi wynikającymi z tego faktu konsekwencjami. Producent musi być świadomy, że obecnie odpowiada za:

- poprawną konstrukcję urządzenia
- wybór właściwego modułu oceny zgodności
- dokumentację przekazywaną użytkownikowi

W związku z tym producent musi odpowiedzieć sobie na z pozoru proste i podstawowe pytania:

1. Jakiej kategorii jest urządzenie,
2. Na czym polega bezpieczeństwo przeciwwybuchowe urządzenia (czym różni się od takiego samego urządzenia w wykonaniu „nie-przeciwwybuchowym”),
3. Jakie zastosował normy zharmonizowane i jaki model oceny zagrożenia zapłonem ma przyjąć.

Celem oceny ryzyka zapłonu jest zapewnienie oczekiwanego bezpieczeństwa pracy urządzenia przeznaczonego do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (skutkiem obecności palnych i wybuchowych pyłów, gazów, par cieczy). Ma to umożliwić podjęcie decyzji czy wymagane są środki ochronne i/lub rodzaj wykonania przeciwwybuchowego.

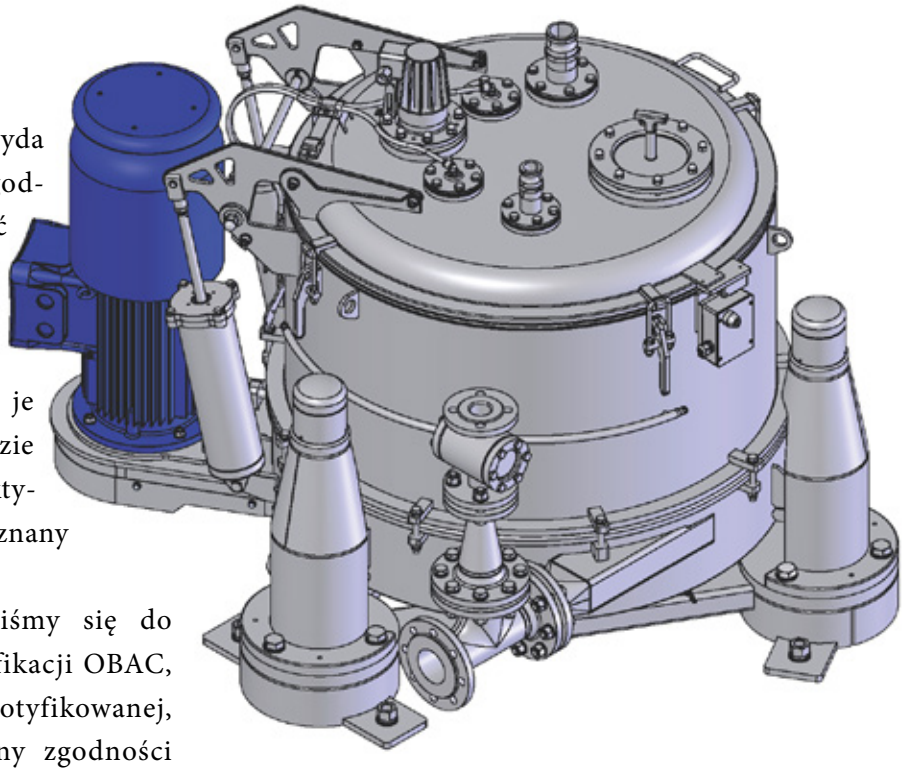
Ocena ryzyka zapłonu bierze pod uwagę:

- możliwość występowania atmosfery wybuchowej wewnątrz urządzenia lub wniknięcia jej z zewnątrz do urządzenia (dotyczy normalnych warunków pracy, jak i stanów awaryjnych),
- obecność i prawdopodobieństwo możliwych źródeł zapłonu (wynikających zarówno z konstrukcji urządzenia, jak i własności atmosfery wybuchowej, prowadzącej do obecności stref zagrożenia).

Pierwotnym warunkiem przeprowadzenia oceny zagrożenia zapłonem jest definicja przeznaczenia urządzenia (użycia zgodnie z przeznaczeniem). Producent, projektując urządzenie, zakłada i definiuje ramy dopuszczalnego stosowania urządzenia. Zakres oceny ryzyka zapłonu zawierający wszystkie działania, powinien uwzględniać:

- używanie zgodnie z przeznaczeniem,
- możliwe do przewidzenia użycie niezgodne z przeznaczeniem.

I tu zaczęły się schody – gąszcz przepisów i norm, różny sposób interpretacji, brak wystarczającej wiedzy i doświadczonych inżynierów projektantów, którzy są w stanie zidentyfikować wszystkie wymagania i zagrożenia. Jedynym wyjściem było poszukanie wsparcia u fachowców w tej branży i uzupełnienie brakującej wiedzy.



Zanim producent przygotuje i wyda deklarację zgodności, powinien (zgodnie z dyrektywą ATEX) dostarczyć egzemplarz urządzenia wraz z pełną dokumentacją techniczną do odpowiedniej jednostki notyfikowanej, która następnie je zweryfikuje. Jeśli urządzenie będzie spełniało wymogi zawarte w dyrektywie, producentowi zostanie przyznany certyfikat ATEX.

Mając to na uwadze zwróciliśmy się do Ośrodka Badań, Atestacji i Certyfikacji OBAC, który ma status jednostki notyfikowanej, o przeprowadzenie procesu oceny zgodności i badania wyrobu.

Proces przeszedł pomyślnie i w ten sposób, po przejściu całej procedury projektowo-wykonawczej, opracowania sprawozdania z oceny zagrożenia zapłonem i – w końcu – certyfikacji wyrobu, powstała nowa, bezpieczna wirówka dla przemysłu farmaceutycznego, oznaczona symbolem WT-800EEx tj.: WT – wirówka trój-kolumnowa, 800 – średnica bębna, EEx – ebonitowana, do strefy Ex.

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA			
Lp	Nazwa		
1	Wewnętrzna średnica bębna	mm	800
2	Wewnętrzna wysokość bębna	mm	420
3	Pojemność bebna	dcm3	90
4	Obroty nominalne bębna	1/min	38-1000
5	Parametry silnika	–	CEMP / NORD Napędy Sp. z o.o.
	Typ / Model	–	HC70R 132MB4
	Znamionowa moc	kW	7,5
	Prędkość obrotowa silnika	1/min	1.445
	Rodzaj pracy		S1
	Napięcie zasilania silnika	V	400D/690S
	Moment hamowania	Nm	90
	Napięcie zasilania hamulca		400VAC / 180VDC
	Stopień ochrony		IP66
	Częstotliwość napięcia	Hz	50
6	Przełożenie przekładni pasowej		1,5
7	Przemiennik częstotliwości	–	ABB
	Typ / Model	–	serii ACS
	Znamionowa moc silnika	kW	7,5
	Prąd wyjściowy	A	16
8	Napięcie zasilania - zabezpieczenia (rygiel zabezpieczajacy)	V	24V DC/AC
9	Maksymalny ciężar napełnienia	kg	180
10	Ciężar wirówki (bez napełnienia)	kg	1180

Charakterystyka techniczna wirówki filtracyjnej WT-800EEx

PODSTAWOWE PARAMETRY WIRÓWKI

Wykonanie:

- bęben – stal S355 ebonitowana,
- elementy robocze w bezpośrednim kontakcie z czynnikiem odwirowywanym – stal kwasoodporna 1.4571/316Ti/ ebonitowana,
- pozostałe elementy – stal kwasoodporna 1.4301/304/ oraz stal konstrukcyjna węglowa. Wartości temperatury otoczenia podczas pracy wirówki: od –20 °C do +40 °C. W czasie normalnej pracy (zarówno dla urządzenia nieobciążonego jak i obciążonego) poziom hałasu emitowanego przez maszynę nie przekracza 80 dB(A).

Elementy kontrolno-pomiarowe umieszczone na wirówce:

- czujniki temperatury łożysk,
- rygiel bezpieczeństwa,
- czujnik niewywagi.

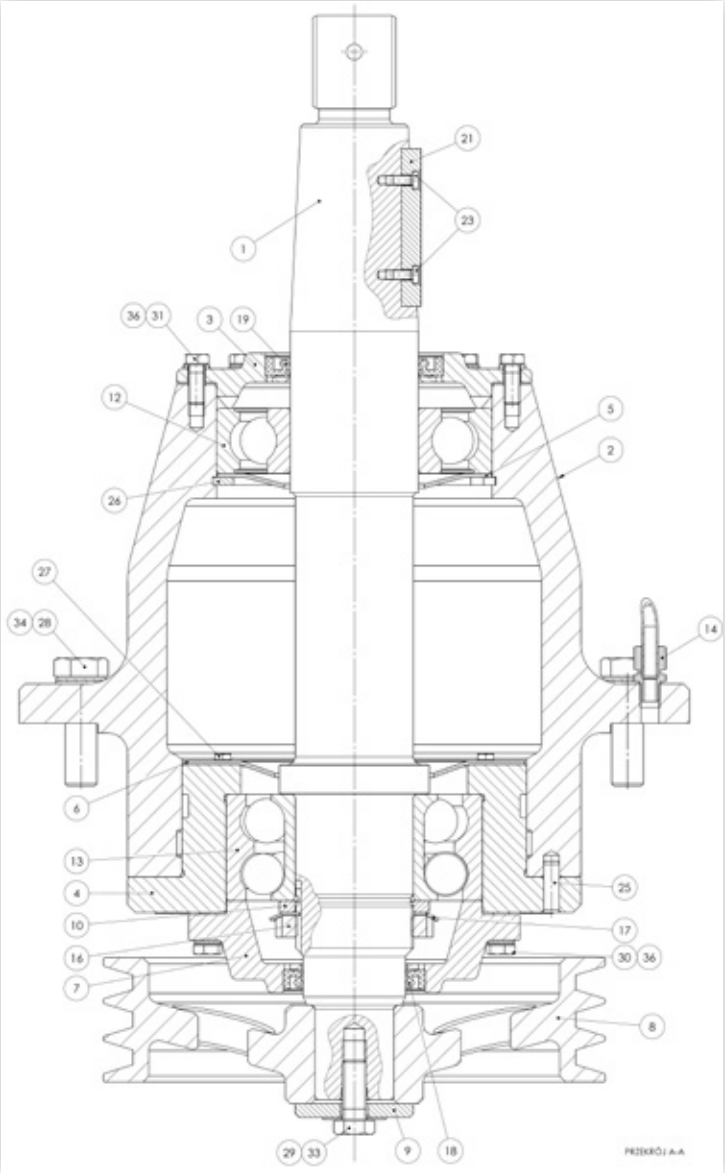
OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Wirówka trójkolumnowa ebonitowana o średnicy bębna ø 800 mm ma szerokie zastosowanie w przemyśle i służy do rozdzielania mieszanin złożonych z cieczy i ciała stałego.

Składa się z następujących zespołów: łożyskowania wału, misy odciekowej, bębna, obudowy z pokrywą, wspornika silnika, ramy, kolumn zawieszenia, osłon bezpieczeństwa.

Łożyskowanie wału z przyłączem do przedmuchiwania azotem N_2 zamontowane jest na misie odciekowej, która zawieszona jest na trzech cięgnach, zamocowanych do kolumn zawieszenia, ustawionych co 120°. Kolumny zamocowane są do ramy nośnej.

Korpus łożyskowania wału wyposażono w dwa czujniki do ciągłego pomiaru temperatury łożyska dolnego i górnego.



Łożyskowanie wału wirówki z czujnikami temperatury

Bęben z twardą antystatyczną wykładziną gumową GENAKOR 022 o grubości >2 mm w górnej części zamknięty jest stałym pierścieniem ograniczającym pojemność użyteczną bębna. Zamontowany jest na połączeniu stożkowym wału łożyskowego.

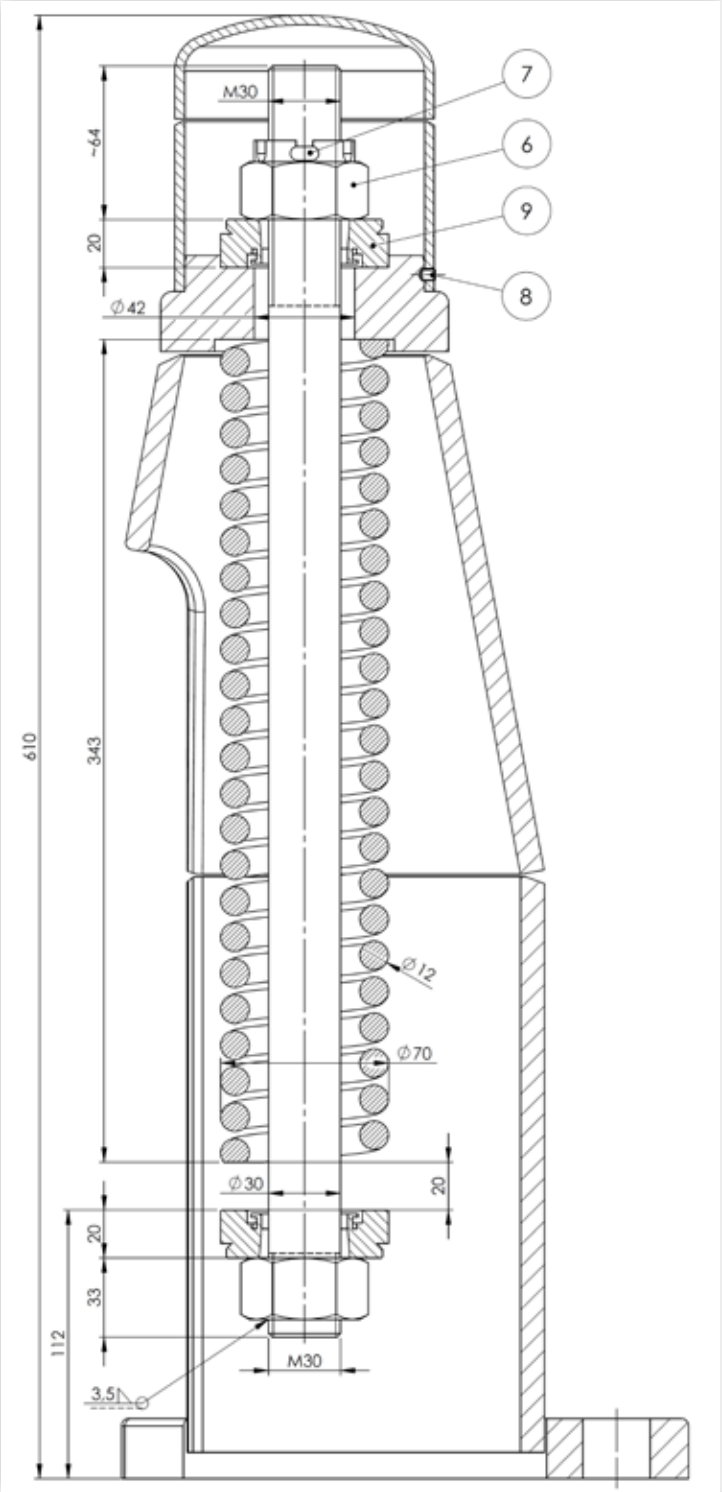
Całość bębna osłonięta jest obudową z pokrywą otwieraną ręcznie, wspomaganą układem sprężyn. Dodatkowo pokrywa wyposażona jest w wziernik z wycieraczką silikonową. Wewnętrzna powierzchnia obudowy, pokrywy oraz misy odciekowej pokryta jest – podobnie jak bęben – twardą antystatyczną wykładziną gumową.

Napęd bębna odbywa się za pośrednictwem silnika elektrycznego z hamulcem elektrycznym oraz przekładni pasowej, wyposażonej w pasy antystatyczne, obudowane osłoną bezpieczeństwa. Silnik umieszczony jest na wsporniku umożliwiającym regulację naciągu pasów. Wspornik przymocowany jest do misy odciekowej.

Opróżnianie bębna z produktu odbywa się w sposób ręczny, po całkowitym zatrzymaniu bębna.

Rama wirówki wyposażona jest w otwory montażowe umożliwiające jej zamocowanie do fundamentu lub konstrukcji nośnej.

Integralną częścią wirówki WT-800EEx jest system inertyzacji, który podaje do wnętrza



Kolumna zawieszenia, mocowana do ramy wirówki

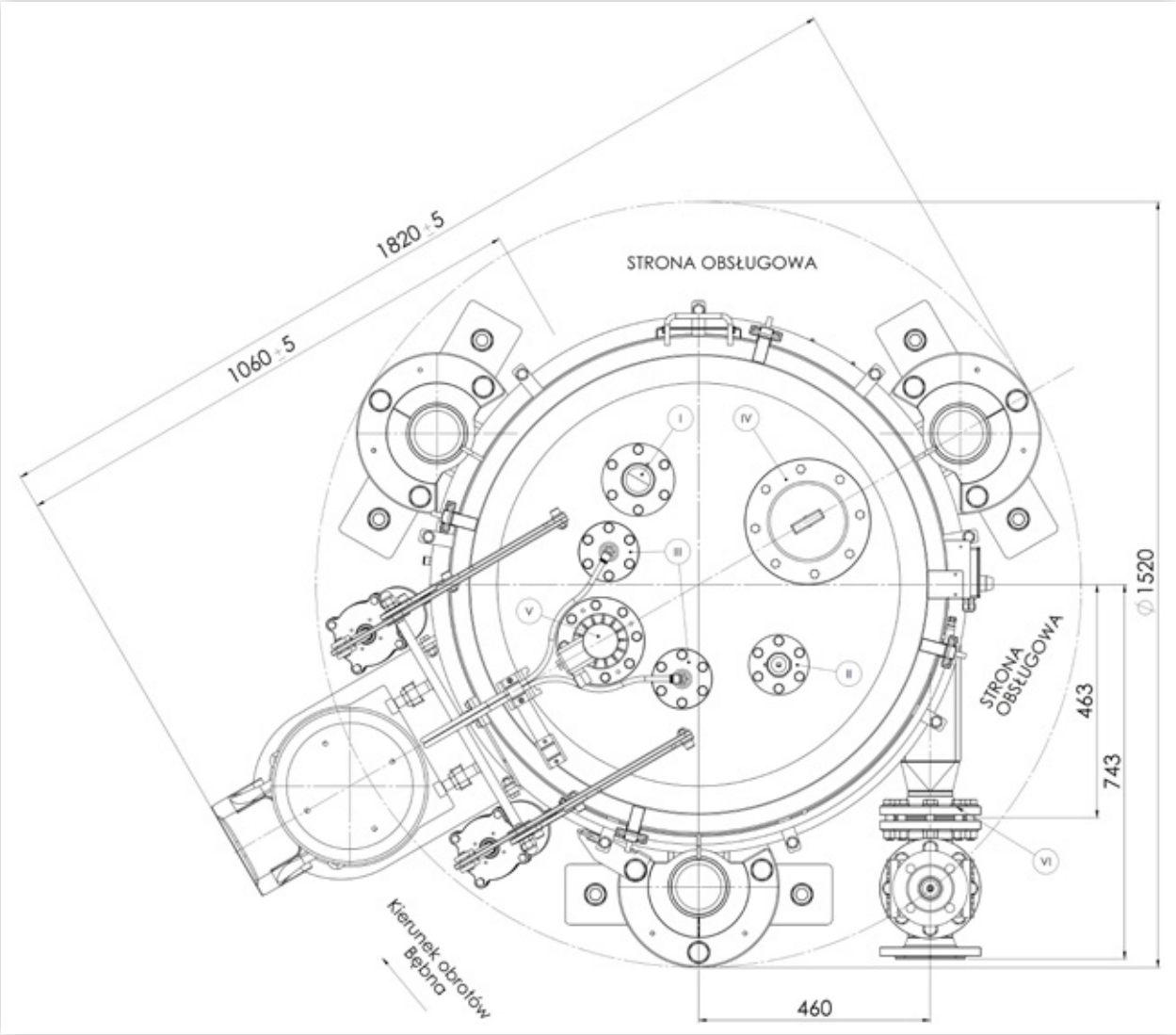
wirówki i do łożysk gazowy azot z instalacji zewnętrznej, w celu wyparcia tlenu i wyeliminowania możliwości wystąpienia mieszaniny wybuchowej w trakcie pracy z substancjami niebezpiecznymi. System ten służy do zapewnienia, że wirówka pracuje z bardzo niską zawartością tlenu wewnątrz maszyny oraz wewnątrz korpusu łożyskowego. W tym celu skrzynka inertyzacji wyposażona została w analogowe i cyfrowe czujniki ciśnienia, tlenomierz oraz rotametry, które gwarantują, że proces przebiega niezawodnie i bezpiecznie.

Proces inertyzacji (wypierania tlenu gazem obojętnym – azotem) z wnętrza urządzenia odbywa się w nadciśnieniu uzyskanym poprzez uszczelnienie hydrauliczne na odcieku (separator) oraz zawór bezpieczeństwa.

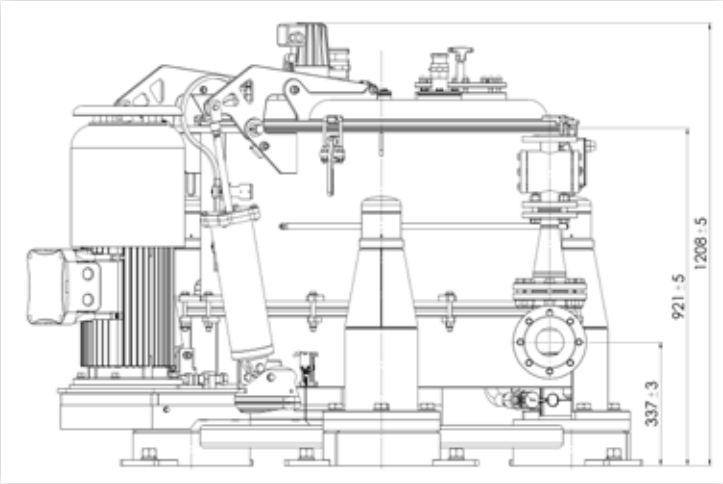
Wyposażenie szafy w elementy do inertyzacji:

- rotametr z czujnikiem minimalnego przepływu (łożyskowanie),
- rotametr z czujnikiem minimalnego przepływu (wnętrze wirówki),
- przetwornik ciśnienia,
- ciśnieniowe wyłączniki ciśnienia min. i max.,
- elektrozawór inertyzacji,
- elektrozawór inertyzacji łożysk,
- tlenomierz.

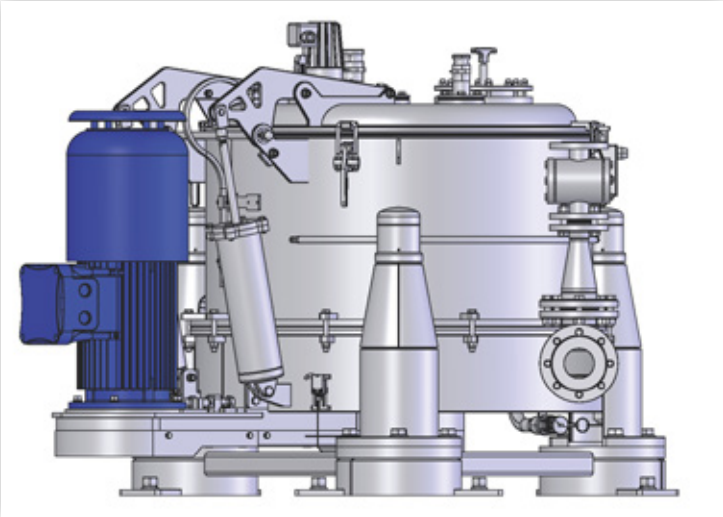
Wirówka zgodnie z PN-EN ISO 80079-37:2016-07 ma rodzaj zabezpieczenia nieelektrycznego: bezpieczeństwo konstrukcyjne „c" oraz nadzorowanie źródeł zapłonu „b" z rodzajem zabezpieczenia przed zapłonem „b1". Ocena zagrożenia zapłonem zgodnie z PN-EN ISO 80079-36:2016-07 wykazuje zastosowanie inertyzacji wnętrza



Wymiary urządzenia



i łożysk wirówki z pomiarem zawartości tlenu oraz ciągłym pomiarem temperatury łożyskowania i ciśnienia wewnątrz wirówki.



OPIS DZIAŁANIA

Wirówka jest urządzeniem do rozdzielania zawiesin i emulsji przez wprowadzenie w szybki ruch obrotowy, którego przyspieszenie znacznie przekracza przyspieszenie ziemskie, wielokrotnie zwiększając szybkość procesu sedymentacji. Rozdzielane cząstki są zatrzymywane na (opcjonalnej) antystatycznej polipropylenowej tkaninie filtracyjnej w obrotowym bębnie, natomiast ciecz jest wypychana przez otwory w jego bocznych ściankach.

Wypychana ciecz spływa po wewnętrznej powierzchni obudowy do misy odciekowej skąd następnie usuwana jest króćcem odciekowym, podłączonym do separatora.

Odwirowane medium zatrzymane na tkaninie filtracyjnej usuwane jest za pośrednictwem skrobaka ręcznego (z drewnianymi lub polimerowymi łopatkami), po całkowitym zatrzymaniu bębna i zwolnieniu blokady bezpieczeństwa otwarcia pokrywy.

Z uwagi na możliwość wystąpienia niewywagi poprzez niewłaściwe rozłożenie produktu w procesie napełniania bębna, wirówkę wyposażono w czujnik niewywagi, który ma za zadanie rozłączenie układu i zmniejszenie niewywagi.

Urządzenie przewidziane jest do pracy z następującymi cieczami:

- ciecze, zawiesiny, emulsje zawieszone w rozpuszczalnikach organicznych (aceton, izopropanol, metanol);
- ciecze, zawiesiny, emulsje, które nie są palne, wybuchowe, agresywne lub trujące o wysokiej przewodności (>1000 pS/m);
- ewentualnie inne ciecze robocze (po konsultacji z producentem).

Wirówka przeznaczona jest do instalacji przemysłowych, o cyklicznym charakterze pracy.

Piotr Sarama
Kierownik Biura Projektowego

Jerzy Lisaj
Dyrektor Techniczny

Świdnicka Fabryka Urządzeń Przemysłowych

Sześć powodów, dla których warto użyć sprężyn falistych

Podkładki faliste, sprężyny śrubowe, krążkowe oraz wiele innych tradycyjnych elementów sprężystych sprawdzają się w wielu zastosowaniach mechanicznych. Dodając do swojego zestawu rozwiązań konstrukcyjnych sprężyny faliste zyskują Państwo całą gamę nowych możliwości i innowacji. Wiedza o tym, gdzie najlepiej sprawdzają się sprężyny faliste oraz znajomość zalet wynikających z ich użycia mogą znacznie przyczynić się do udoskonalenia Państwa projektów. W tym artykule przedstawiamy sześć zasadniczych zalet wynikających z zastosowania sprężyn falistych.

1. OSZCZĘDNOŚĆ MIEJSCA

Dzięki użyciu sprężyny falistej, wysokość robocza może być zredukowana nawet o 50%. W aplikacjach o bardzo ograniczonej przestrzeni sprawdzą się sprężyny faliste Crest-to-Crest. Ich konstrukcja, z wieloma pofalowaniami na każdym zwoju sprężyny pozwala uzyskać taką samą siłę, jak w przypadku konwencjonalnej sprężyny, przy równoczesnej redukcji wysokości roboczej. Niższa wysokość przekłada się także na oszczędność miejsca w całym złożeniu, którego częścią jest sprężyna. Redukcja wymiarów złożenia z kolei wiąże się ze zmniejszeniem zużycia materiałów i skróceniem czasu produkcji, co może przełożyć się na znaczną oszczędność kosztów wykonania.

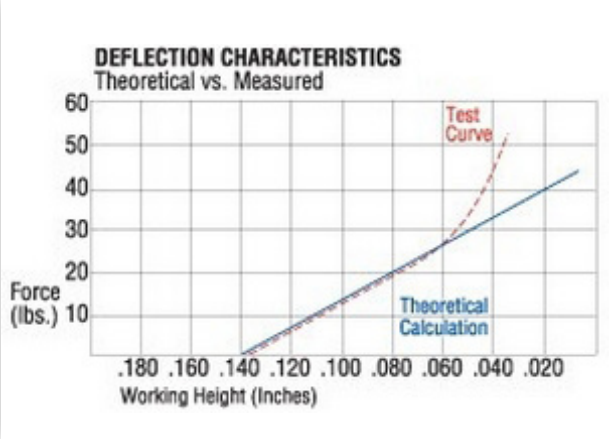
Technologia nawijania krawędziowego (po lewej) vs. konwencjonalne tłoczenie części (po prawej)

2. ELASTYCZNOŚĆ W DOBORZE PARAMETRÓW

Proces produkcyjny w firmie Smalley opiera się na technologii nawijania krawędziowego, pozwalającej w łatwy sposób dostosować parametry sprężyn do wymagań konstrukcyjnych. Liczba zwojów, rodzaj końcówek, wybór materiału i jego grubości to jedne z wielu parametrów, które można łatwo dopasować na potrzeby danego zastosowania. Proces nawijania krawędziowego, w którym płaski drut zwijany jest po krawędzi, umożliwia uzyskanie sprężyn o dowolnej konfiguracji, z średnicą w zakresie od 4 do 3000 mm. Pozwala na wykonanie niestandardowych sprężyn na zamówienie bez dodatkowych kosztów oprzyrządowania.

3. DOKŁADNOŚĆ I POWTARZALNOŚĆ PARAMETRÓW UGIĘCIA

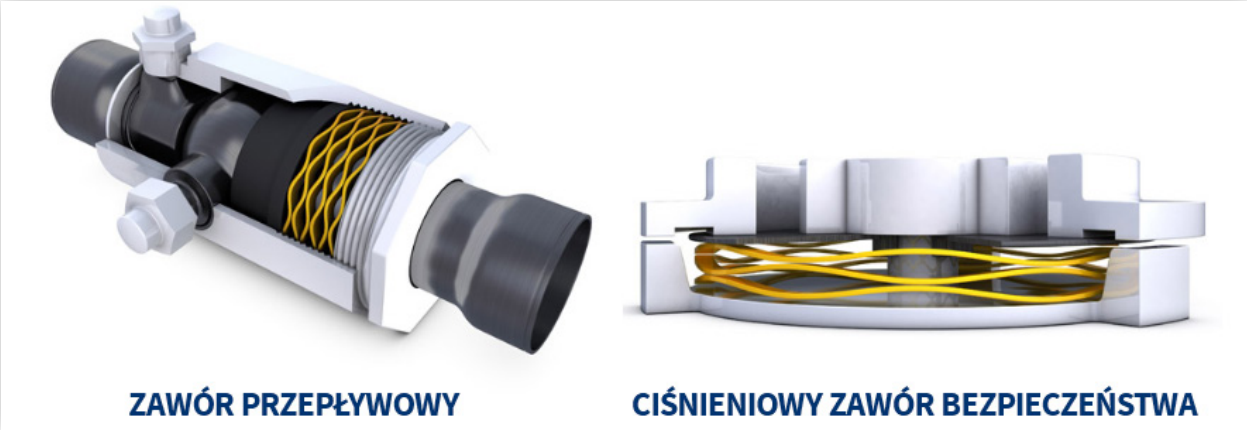
Dokładne i przewidywalne wartości obciążeń kalkuluje się z założeniem pewnej tolerancji dla danej wysokości roboczej. Niezależnie od tego, czy dane zastosowanie ma charakter statyczny czy dynamiczny można bardzo dokładnie wskazać wartość obciążenia generowanego przez sprężynę. Wynika to z tego, że dla sprężyn falistych określa się obciążenie krytyczne dla konkretnej wysokości roboczej. Stąd też mogą Państwo oczekiwać stałości i pewności obciążenia w Państwa zastosowaniu.



4. UNIWERSALNOŚĆ

Technologia sprężyn falistych jest wypróbowanym rozwiązaniem, stosowanym do wielu zastosowań w różnych sektorach przemysłowych. Sprężyny faliste o bardzo małych lub bardzo dużych średnicach, lekkie bądź masywne, stalowe, czy też wykonane ze specjalistycznych stopów sprawdzają się w dziesiątkach tysięcy zastosowań na całym świecie. Od urządzeń codziennego użytku, takich jak zegarek na ręku czy ekspres do kawy w kuchni, po szyby naftowe głęboko pod powierzchnią ziemi czy instalacje satelitarne w kosmosie, zastosowanie sprężyn falistych nie napotyka ograniczeń. Poniżej przedstawiamy przykłady najbardziej popularnych aplikacji, wykorzystujących zalety sprężyn falistych:

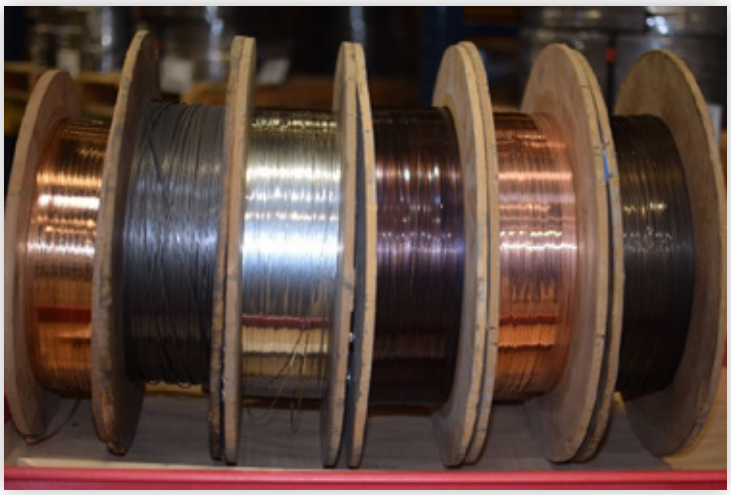
- **Zawory przepływowe:** Wraz ze wzrostem ciśnienia, sprężyna falista Crest-to-Crest precyzyjnie kontroluje liniowe przemieszczenie tłoka.
- **Ciśnieniowe zawory bezpieczeństwa:** Ciśnienie powietrza pod spodem złożenia zwiększa obciążenie sprężyny, która wypycha pokrywę zaworu i inicjuje mechanizm uwalniania ciśnienia. Wraz ze spadkiem ciśnienia sprężyna powraca do pozycji wyjściowej, pozwalając na ponowne uszczelnienie zaworu.
- **Uszczelnienia czołowe:** Sprężyna falista wytwarza ciśnienie dociskające do przylegającej powierzchni, skutecznie oddzielając ciecze.



- **Wibroizolatory:** Pod jednostajnym obciążeniem, izolator tłumi drgania powstające podczas działania urządzeń. Zastosowanie sprężyn falistych służy zapewnieniu precyzyjnych i powtarzalnych obciążeń.

5. EGZOTYCZNE STOPY METALI

Niestandardowe stopy metali stanowią opcję dla Państwa zastosowań w warunkach ekstremalnych. Jest wiele czynników o istotnym znaczeniu przy wyborze właściwego materiału, między innymi koszty, zewnętrzne warunki robocze czy cykl życia produktu. Użycie komponentów z materiałów niedostosowanych do panujących warunków prowadzi do problemów w działaniu i skrócenia czasu eksploatacji całego podzespołu. Jeśli nasze materiały standardowe, takie jak stal węglowa czy nierdzewna 17-7, nie spełniają wymagań na potrzeby Państwa aplikacji, możemy zaproponować Państwu całą gamę materiałów niestandardowych.



Od zastosowań kriogenicznych po wysokotemperaturowe, od magnetycznych po elektroprzewodzące i od głębinowych po kosmiczne, zespół inżynierów firmy Smalley podejmie się przygotowania właściwej sprężyny o optymalnym działaniu.

6. DARMOWE PRÓBKI I PRZYSTĘPNE CENY PROTOTYPOWANIA

Nie ulega wątpliwości, że istnieje potrzeba weryfikacji założeń konstrukcyjnych na przykładzie prototypów. Dlatego Smalley oferuje swoim klientom bezpłatne próbki produktów seryjnych. W przypadku produktów niestandardowych, istnieje możliwość zamówienia prototypowych próbek bez określonej minimalnej wielkości partii, z krótkim okresem realizacji. Jest to możliwe dzięki technologii nawijania krawędziowego, podczas gdy konwencjonalne, tłoczone części wymagają wykonania oprzyrządowania produkcyjnego, co pociąga za sobą dodatkowe koszty i opóźnia realizację.

Wszędzie tam, gdzie potrzebna jest oszczędność miejsca, sprężyny faliste stanowią idealne rozwiązanie. Mogą Państwo wybierać spośród ponad 4 tysięcy rodzajów standardowych sprężyn ze stali węglowej i nierdzewnej, lub wypróbować możliwość zaprojektowania niestandardowej sprężyny bez dodatkowych kosztów oprzyrządowania. Zapraszamy już dziś do kontaktu z inżynierami firmy Smalley i do uwzględnienia sprężyn falistych w Państwa zestawie rozwiązań konstrukcyjnych.

Kompozyty polimerowe w wojskowej technice lotniczej

Kompozyty polimerowe w technice lotniczej funkcjonują praktycznie od połowy XX w. Stopniowe wdrażanie rozpoczęło się od stosowania ich do drobnych napraw metalowych elementów o małym znaczeniu wytrzymałościowym. W technice lotniczej jako jeden z charakterystycznych punktów związanych z wdrożeniem kompozytów, uznaje się wojnę sześciodniową izraelsko-arabską w 1967 roku. Szybki przebieg działań wojennych związany z ogromnymi stratami w siłach powietrznych po obu stronach konfliktu spowodował konieczność przywracania w krótkim czasie statków powietrznych do gotowości operacyjnej. Izrael dysponując technologią kompozytową wykorzystał jej możliwości do napraw uszkodzeń bojowych. Technologia okazała się skuteczna. Dynamiczny rozwój technologii kompozytowych przypadał na okres zimnej wojny. Od konstrukcji statków powietrznych wymagano dużej sztywności, wytrzymałości oraz wysokiego poziomu integralności konstrukcji. Związek Radziecki dysponował wówczas nieograniczonymi zasobami tytanu, USA nie mając tak dużego dostępu do tego surowca, rozwijało technologie kompozytowe. Jak pokazuje dzisiejsza rzeczywistość była to trafna decyzja. Stopniowo technologie kompozytowe przenikały do lotnictwa cywilnego.

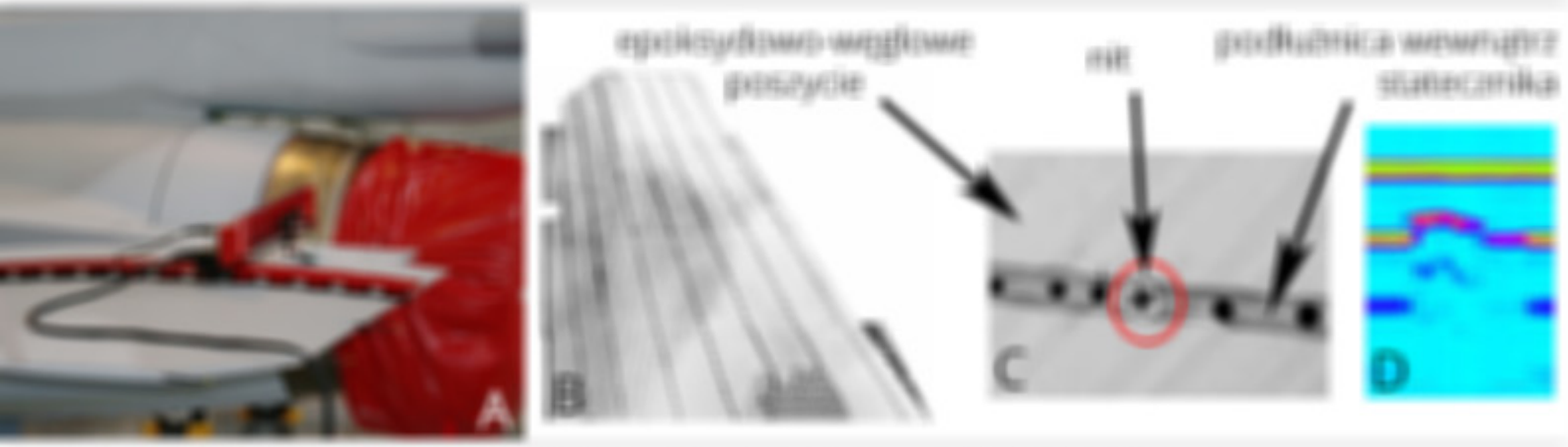
Michał Sałaciński, Piotr Synaszko

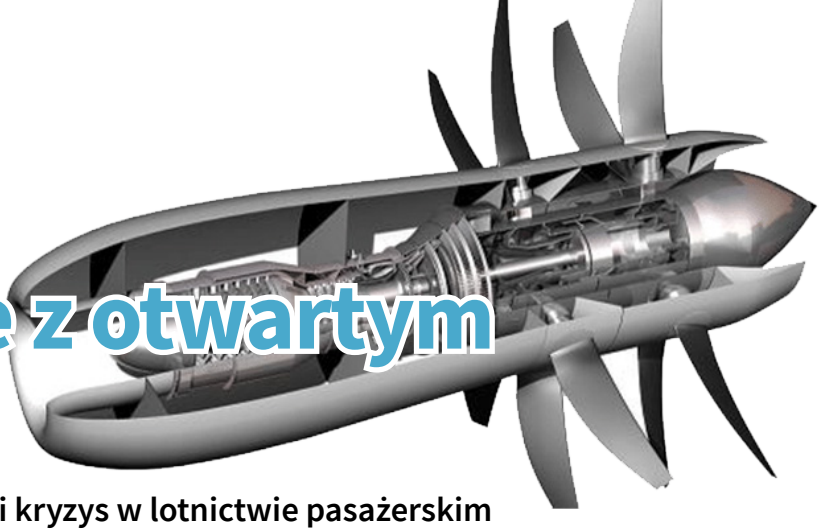
Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl





Silniki lotnicze z otwartym wirnikiem

Związany z covidowymi ograniczeniami kryzys w lotnictwie pasażerskim uważany jest za najdotkliwszy w jego historii. Dotknął on zarówno linie lotnicze, jak i największych producentów branży. Drastycznie spadło zapotrzebowanie na ogromne samoloty szerokokadłubowe napędzane tradycyjnymi silnikami. Powstają nowe koncepcje i coraz częściej powraca się do starych rozwiązań, których rozwój niegdyś zarzucono ze względów ekonomicznych. Poszukuje się paliw alternatywnych, które mogłyby zastąpić coraz to droższą kerozynę. Najbardziej obiecujący wydaje się wodór. Rozwijane są napędy elektryczne, które zdają się sprawdzać w maszynach krótkiego, a nawet średniego zasięgu. Powstają koncepcje maszyn hipersonicznych z różnymi rodzajami napędu. Tymczasem okazuje się, że w turbinie gazowej drzemią jeszcze ogromne rezerwy.

Ryszard Romanowski

Niedawno, działające wspólnie Safran, General Electric i NASA przedstawiły kolejną wersję gotowego do produkcji silnika z odsłoniętym wentylatorem. Nieco wcześniej, w 2017 roku, Safran, w ramach europejskiego programu Clean Sky, ogłosił poziom gotowości

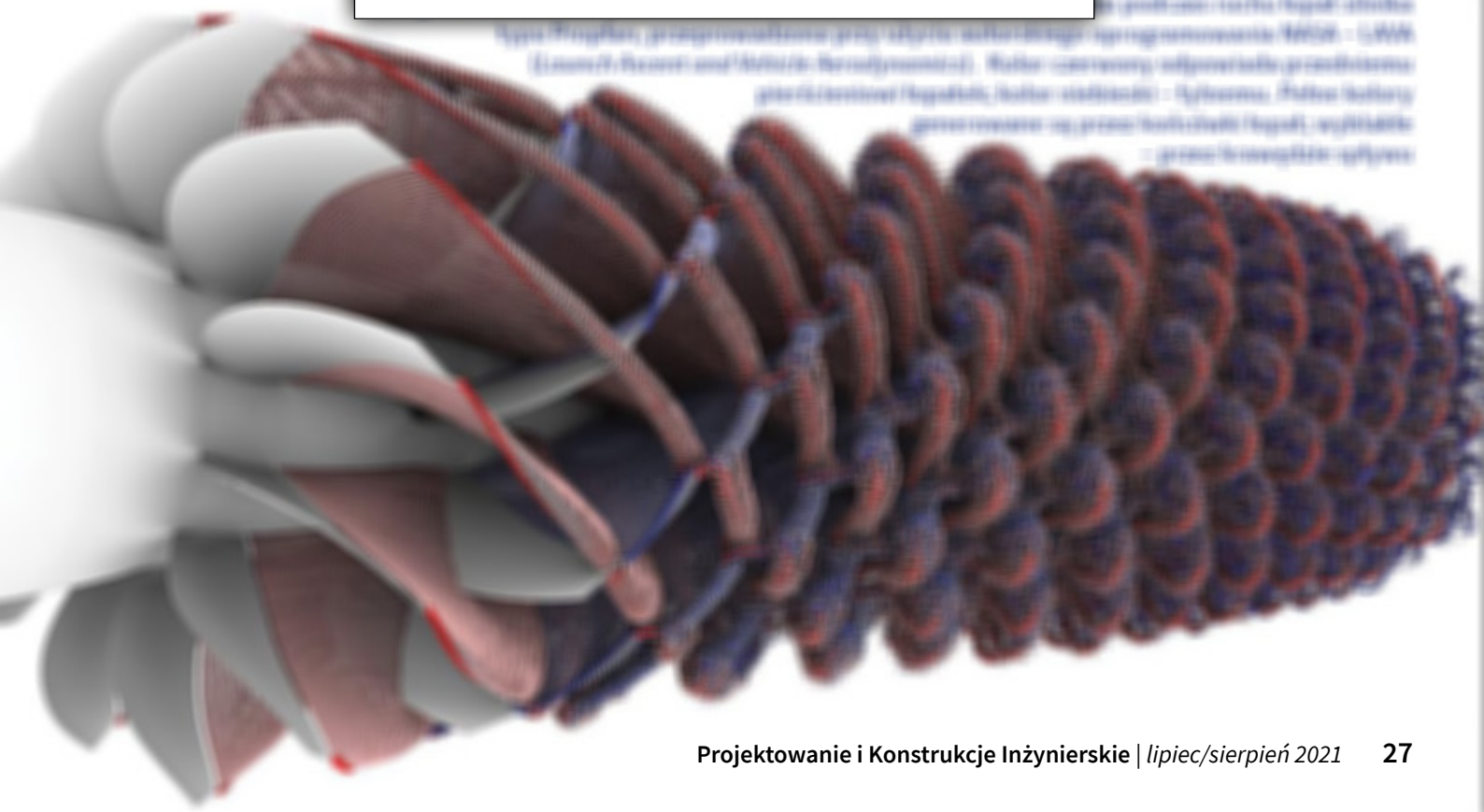
Wizualizacja teoretycznych konfiguracji samolotów napędzanych silnikami typu Propfan

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl



DREWNO jako materiał konstrukcyjny i technologiczny

Polski przemysł drzewny, a zwłaszcza meblarski, należy do czołówki europejskiej pod względem wielkości produkcji. Co czwarte krzesło sprzedawane w Europie jest wykonane w Polsce. Drewnem zajmuje się wiele różnych zakładów produkcyjnych, jak tartaki czy fabryki mebli, ale też wiele zakładów związanych z budową konstrukcji drewnianych dla budownictwa. Wydaje się, że drewno nie ma w naszym kraju żadnych tajemnic, ani pod względem tradycji, rodzajów drewna występujących w naszych lasach, ani pod względem własności mechanicznych, a projektowanie i wykonawstwo wyrobów drewnianych jest w maksymalnym stopniu opanowane. Może i tak jest w niektórych zakładach, zwłaszcza w dużych fabrykach. Jednak funkcjonuje też mnóstwo zakładów produkujących różne wyroby z drewna, w których jakościowy poziom produkcji daleki jest od doskonałości.

Aleksander Łukomski

Drewno to jeden z najlepszych i najpopularniejszych materiałów konstrukcyjnych, a przy tym jeden z najładniejszych i najprzyjemniejszych w dotyku. Znany jest od tysięcy lat. Najlepiej nadaje się na meble, ale też na różne konstrukcje drewniane, zwłaszcza elementy drewniane w budynkach, takie jak schody, poręcze, okna, drzwi, bramy czy elewacje; także na szkielety budynków i więźby dachowe. Jednak żeby stało się ono w pełni materiałem konstrukcyjnym musi spełniać określone przepisy, normy i klasyfikacje oraz podlegać procesom technologicznym i fitosanitarnym.

Wstępne przygotowanie drewna dokonywane jest już w tartakach. Pierwszym procesem jest obróbka drewna pod względem fitosanitarnym. Wszystkie produkty pochodzenia naturalnego, a więc i drewno, znajdujące się w międzynarodowym obrocie towarowym, aby nie stały się przyczyną rozprzestrzeniania się szkodliwych organizmów, muszą podlegać ciągłemu nadzorowi odpowiednio wyszkolonych służb fitosanitarnych. W krajach Unii Europejskiej podstawowymi dokumentami regulującymi zasady ochrony fitosanitarnej dotyczącej drewna są: dyrektywa Rady Unii Europejskiej nr 2000/29/WE z 8.05.2000 r oraz uzupełniająca ją decyzja Komisji nr 2001/219/WE z 12.03.2001. Zgodnie z tą ostatnią, drewno sprowadzane do krajów UE spoza Unii musi być poddane jednemu z następujących zabiegów:

- Obróbce cieplnej lub suszeniu w suszarni w taki sposób, by we wnętrzu poddawanego zabiegowi elementu, przez co najmniej 30 minut była temperatura co najmniej 56 °C. Zabieg ten musi być przeprowadzony w suszarni specjalnie do tego celu wypróbowanej, ocenionej i oficjalnie zatwierdzonej. W rzeczywistości proces suszenia drewna jest często łączony z suszeniem dla

celów produkcyjnych. Jest bardziej skomplikowany i ma kilka faz, najczęściej zaprogramowanych i sterowanych komputerem z ciągłą kontrolą wilgotności. Procesowi temu podlega większość drewna używana później do produkcji konstrukcji drewnianych czy mebli. Fakt dokonania procesu suszenia dla celów fitosanitarnych musi być potwierdzony oficjalnie przyjętym znakiem: „traktowane cieplnie" – HT lub „suszone w suszarni – komorowo" – KD.

- Impregnacji ciśnieniowej oficjalnie uznanym impregnatem. Fakt dokonania zabiegu musi być potwierdzony znakiem, umożliwiającym identyfikację, gdzie i przez kogo impregnacja została przeprowadzona,
- Gazowaniu oficjalnie uznanym środkiem zabezpieczającym. Fakt dokonania tego zabiegu także musi być potwierdzony znakiem, umożliwiającym identyfikację, gdzie i przez kogo gazowanie zostało przeprowadzone.

Komory suszarnicze poddawane są specjalnym audytom wg odpowiedniej procedury.

Przepisy nakładają też na tartak obowiązek uzyskania prawa do znakowania drewna konstrukcyjnego symbolem CE. Jest to obowiązkowe, jeśli tartak produkuje drewno konstrukcyjne. Znak CE informuje o tym, że drewno jest zgodne z normą PN-EN 14081-1+A1:2011 co do wymagań ogólnych. Poza tym każdy producent drewna konstrukcyjnego powinien wdrożyć Zakładową Kontrolę Produkcji. Jest to gwarancja dla klientów tartaków, że została przeprowadzona ocena procesu produkcyjnego oraz jakości w zgodzie z obowiązującymi normami. Poprzez certyfikację, oznakowanie CE oraz Zakładową Kontrolę Produkcji inwestor ma pewność, że kupuje drewno przeznaczone do konkretnych elementów konstrukcyjnych o optymalnej wytrzymałości i jakości.

Zgodnie z normą PN-EN 338 klasy drewna konstrukcyjnego litego są oznaczane od C14 do C50 w przypadku gatunków iglastych oraz od D30 do D70 w przypadku gatunków liściastych. Dla poszczególnej klasy wytrzymałości zostały określone parametry odpowiadające danej klasie drewna. Są to: odporność na zginanie, rozciąganie wzdłuż i w poprzek włókien oraz średnie moduły sprężystości wzdłuż i w poprzek włókien, a także gęstość. Najczęściej można nabyć drewno konstrukcyjne klasy C24 oraz C27. Klasy wyższe są trudne do osiągnięcia w polskich warunkach. Ich produkcja jest nieekonomiczna, a drewno w wyższych klasach jest bardzo kosztowne, gdyż po przetarciu tę klasę osiąga zaledwie od 3 do 6% drewna. Jednak drewno trochę inaczej niż inne materiały konstrukcyjne zmienia właściwości w zależności od gęstości, a zwłaszcza od wilgotności. Oprócz wymienionej powyżej klasyfikacji występuje również klasa sortownicza drewna. Wyróżnia się trzy klasy sortownicze:

- KW – klasa wyborowa,
- KS – klasa średniej jakości,
- KG – klasa gorszej jakości.

Każda klasa sortownicza jest powiązana z klasą wytrzymałościową. Drewno KG traktowane jest jako odpad i nie może być drewnem konstrukcyjnym, gdyż jego wytrzymałość jest zbyt niska. Zasady określania wytrzymałości drewna są podobne jak

w przypadku innych materiałów konstrukcyjnych i sposoby obliczania wytrzymałości są także podobne lub wręcz identyczne. Wstawia się tylko do wzorów inne wartości i niekiedy dodatkowe współczynniki.

Występują tu znane parametry wytrzymałości:

- wytrzymałość na ściskanie, zginanie, rozciąganie, ścinanie i docisk miejscowy. Jednak wytrzymałość zależy tu przede wszystkim od kierunku działania sił w stosunku do włókien, długotrwałości działania obciążeń i wilgotności.
- moduł sprężystości przy ściskaniu, zginaniu i rozciąganiu, zależny od kierunku działania sił w stosunku do włókien.

Wytrzymałość, moduł sprężystości i moduł odkształcenia postaciowego są najważniejszymi właściwościami wpływającymi bezpośrednio na projektowanie konstrukcji drewnianych. Dodatkowo rozróżnia się jeszcze takie mechaniczne właściwości drewna, jak odporność na uderzenia, twardość, ścieralność, łupliwość, giętkość i inne.

Budowa drewna jest anizotropowa, stąd sprężysto-wytrzymałościowe charakterystyki określa się oddzielnie dla kierunku wzdłuż włókien i prostopadle do włókien.

Wartości wytrzymałości drewna na ściskanie, w zależności od klasy wytrzymałościowej, dla wilgotności 12%, dla gatunków iglastych przy ściskaniu wzdłuż włókien wynoszą od 16 do 29 MPa oraz od 2,0 do 3,2 MPa przy ściskaniu w poprzek włókien. A dla gatunków liściastych – od 23 do 34 MPa przy ściskaniu wzdłuż włókien oraz od 8 do 13,5 MPa przy ściskaniu w poprzek włókien.

Gdy występują sęki to wpływają one ujemnie na wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien, zwiększają natomiast wytrzymałość w poprzek włókien. Żywica w drewnie wpływa pozytywnie na wartość wytrzymałości drewna na ściskanie, powiększając ten parametr w obu kierunkach.

Wytrzymałość drewna na rozciąganie wzdłuż włókien jest około 2,5 raza większa od wytrzymałości drewna na ściskanie. Zależnie od rodzaju drewna wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien jest od 5 do 40 razy mniejsza niż wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien. Zakres korzystania z wysokiej wytrzymałości drewna na rozciąganie jest ograniczony ze względu na jego niską wytrzymałość na ściskanie, a także ze względu na odchylenia włókien od przebiegu prostoliniowego i ujemny wpływ sęków. W drewnie stosowanym w budownictwie wytrzymałość na rozciąganie ulega dużemu zmniejszeniu z uwagi na sęki i odchylenia włókien od przebiegu prostoliniowego. Na obniżenie tej wartości duży wpływ mają również pęknięcia, które mogą obniżyć wartość normową nawet o 30%.

Ważnym parametrem wytrzymałościowym w budownictwie, ale też w budowie mebli, jest wytrzymałość drewna na zginanie. Duży wpływ na obniżenie wytrzymałości drewna na zginanie mają sęki znajdujące się w zginanej belce po stronie przeciwnej do działania siły. Wytrzymałość na zginanie statyczne rośnie wraz ze wzrostem gęstości drewna. Największą wytrzymałość wykazuje drewno o przebiegu włókien maksymalnie zbliżonym do kierunku elementów konstrukcyjnych. W przypadku gdy kierunek odchylenia przebiegu włókien w stosunku do osi belki wynosi około 20°, wytrzymałość obniża się nawet o połowę. Wytrzymałość drewna na zginanie odgrywa zasadniczą rolę w pracy większości drewnianych elementów konstrukcyjnych budynku.

Ścinaniu w drewnie towarzyszy zginanie i rozciąganie. Wytrzymałość na ścinanie w kierunku równoległym do włókien wynosi 12÷25% wytrzymałości na ściskanie w kierunku równoległym do włókien. Wytrzymałość drewna na ścinanie wzdłuż włókien jest – poza jego wytrzymałością na rozciąganie w poprzek włókien – jedną z najniższych wytrzymałości drewna.

Wszelkie odchylenia od prawidłowej budowy drewna np. pęknięcia czy skręt włókien, mają ujemny wpływ na jego wytrzymałość na ścinanie. Ścinanie odgrywa dużą rolę w drewnie warstwowym i w sklejce, gdzie wytrzymałość na ścinanie warstw drewna i spoin klejowych wywiera decydujący wpływ na jego wytrzymałość.

Na wytrzymałość drewna wielki wpływ ma wilgotność. Ze wzrostem wilgotności wytrzymałość drewna maleje. Przy całkowitym nasyceniu wodą, tj. 30%, wytrzymałość drewna spada w stosunku do wilgotności 15% o 50% przy ściskaniu, a o 40% przy zginaniu.

Duży wpływ na wytrzymałość drewna ma gęstość objętościowa. Im większa jest gęstość drewna, przy tej samej wilgotności, tym większa jego wytrzymałość. Zależność wytrzymałości na ściskanie i zginanie od gęstości objętościowej ma charakter prostoliniowy. Przy zmianie gęstości objętościowej z 600 do 400 kg/m^3 wytrzymałość przy ściskaniu i zginaniu zmniejsza się o ok. 50%. Wobec tego na konstrukcje drewniane należy stosować drewno o dostatecznie dużej gęstości objętościowej. Należy tu zaznaczyć, że np. sosna sośnie nie równa. Sosny skandynawskie mają gęstość nawet o 50% wyższą od sosny z naszego pasa klimatycznego.

W tabeli 1 podano klasy wytrzymałości dla drewna konstrukcyjnego, a w tabeli 2 charakterystyki wartości wytrzymałości dla drewna klejonego (na następnej stronie).

Coraz częściej i więcej sprowadza się do Unii Europejskiej drewna egzotycznego. Najczęściej sprowadza się je z Afryki, Azji czy Ameryki Południowej. Dostępnych jest bardzo wiele rodzajów drewna, np. bangkirai, meranti, sapeli czy iroko i wiele innych. Drewna egzotyczne charakteryzują się ciekawym rysunkiem słojów, ciekawą barwą oraz wyróżniającymi się innymi właściwościami. Mają wysoką trwałość ze względu na swoją gęstość. Według normy europejskiej EN 350 większość dostępnych gatunków drewna egzotycznego jest zaliczana do I lub II klasy trwałości i oznaczanych jako wysoko trwałe lub trwałe, co wiąże się z cenioną wysoką odpornością na uszkodzenia mechaniczne. Wiele gatunków drewna egzotycznego jest również bardzo odpornych na warunki atmosferyczne, np. często używane jako podłoga tarasów drewno bangkirai. Cechą charakterystyczną większości gatunków drewna egzotycznego jest mała podatność na działanie mikroorganizmów. Drewno to jest też odporne na grzyby i pleśnie.

Niestety, własności drewna egzotycznego nie są, na razie, powszechnie unormowane

		Gatunki igłaste												Gatunki liściaste							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm^2)																					
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Ścinanie	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Właściwości sprężyste (w kN/mm^2)																					
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Średni moduł odkształcenia postaciowego	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Gęstość (w kg/m^3)																					
Gęstość charakterystyczna	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Średnia gęstość	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

UWAGI:
1. Podane wyżej wartości wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie, ścinanie, 5 % kwantylu modułu sprężystości, średniego modułu sprężystości oraz średniego modułu odkształcenia postaciowego zostały obliczone z zastosowaniem wzorów podanych w załączniku A.
2. Właściwości zamieszczone w tablicy są określone dla wilgotności drewna odpowiadającej temperaturze 20 °C i wilgotności powietrza 65 %.
3. Zachodzi możliwość ograniczonej dostępności drewna klas C45 i C50.
4. Wartości wytrzymałości na ścinanie odnoszą się do drewna bez spękań, wg EN 408. Wpływ spękań należy uwzględnić w zasadach projektowania.

Tab. 1 Drewno konstrukcyjne – klasy wytrzymałości

Właściwość	Symbol	Klasy wytrzymałości drewna klejonego						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Wytrzymałość na zginanie	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Wytrzymałość na rozciąganie	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Wytrzymałość na ściskanie	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,}$	2,5						
Wytrzymałość na ścinanie	$f_{v,g,k}$	3,5						
Moduł sprężystości	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mea}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Moduł odkształcenia postaciowego	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Gęstość	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

Tab. 2 Konstrukcje drewniane. Drewno klejone warstwowo i drewno lite klejone warstwowo – wymagania. Charakterystyczne wartości wytrzymałości i sprężystości w N/mm² oraz gęstości w kg/m³

i skatalogowane, wobec czego trzeba ostrożnie podchodzić do ich własności mechanicznych. Najlepiej przed użyciem sprawdzać te własności we własnym zakresie, na próbkach.

Przykładowo dla drewna bangkirai podstawowe własności mechaniczne wynoszą:

- gęstość: 1100 kg/m³
- wytrzymałość na ściskanie: 85 N/mm²
- wytrzymałość na zginanie: 150 N/mm²

Trwałość drewna bangkiriai w architekturze ogrodowej określa się na 30-50 lat. A w przemyśle ciężkim, drewno to wykorzystuje się na podkłady kolejowe czy na podłogi w kontenerach.

Po zakupie właściwego drewna przez fabrykę konstrukcji drewnianych, stolarki drewnianej czy przez fabrykę mebli, następuje dalsza przeróbka drewna. Ramowy klasyczny proces w produkcji mebli (np. regału do późniejszego samodzielnego

montażu przez klienta) przedstawiono w tabeli 3.

Nazwa stanowiska	Operacja technologiczna
Dostawa materiału	Wejście materiału
Piła poprzeczna	Cięcie do długości z naddatkiem
Strugarka	Struganie do przekroju nominalnego
Formatyzerko-okleinarka	Formatowanie do długości nominalnej
Wiertarko-frezarka	Wiercenie, frezowanie
Wiertarka wielowrzecionowa	Wiercenie
Frezarka CNC	Frezowanie profilu
Frezarka dolnowrzecionowa	Frezowanie gniazd
Frezarka dolnowrzecionowa	Frezowanie profilu
Czopiarka	Czopowanie czopów
Szlifierka szerokopasmowa	Szlifowanie powierzchni
Frezarka CNC	Frezowanie profilu
Stanowisko montażowe	Okuwanie podzespołów
Stanowisko montażowe	Montaż podzespołów
Stanowisko impregnacji	Impregnowanie elementów
Lakiernia	Lakierowanie podzespołów
Pakownia	Pakowanie i kompletacja podzespołów i wyrobu
Sprzedaż wyrobu	Wyjście materiału

Tab. 3

Proces produkcyjny w dzisiejszych realiach, powodujący optymalizację wydajności i jakości produkowanych wyrobów, np. elementów mebli, niesie pewne wymagania co do planowania produkcji, dalszego optymalizowania kosztów, nie tylko samej produkcji, ale i kosztów działania przedsiębiorstwa. Wymuszają one większą komputeryzację przedsiębiorstwa poprzez zastosowanie komputerowego projektowania i konstruowania wyrobu, czy komputerowego technologicznego projektowania produkcji. Jest to więc proces, który wymaga wyższego poziomu jakości pracy wszystkich pracowników, niezależnie od działu.

W wielu przypadkach posiadane w przedsiębiorstwie opracowanie technologiczne jest zbyt uproszczone i nieadekwatne do planowanej produkcji. Nieposiadanie opracowań technologicznych zgodnych z wiedzą i sztuką techniczną, oraz odpowiednimi przepisami i normami, często nie świadczy o tym, że tej wiedzy w ogóle w przedsiębiorstwie nie ma. Wiedza ta może być rozproszona i niesformalizowana. Spisanie tej wiedzy jest jedną z procedur jakości produkcji i spowoduje, że np. odejście z przedsiębiorstwa kilku osób, a nawet jednej, ale posiadającej dużą wiedzę, nie stworzy zagrożenia dla ciągłości produkcji i realizacji zaplanowanych celów.

Niezbędnym krokiem do udoskonalenia procesu obsługi produkcji jest więc posiadanie dwóch projektów:

- technologii procesowej
- projektu technologicznego zakładu

Dokumentacja technologiczna w technologii procesowej powinna być wykonana wg poniżej podanych zasad. Dopiero wykonanie tej dokumentacji daje podstawy do szczegółowego analizowania kosztów produkcji, szukania możliwości ich zmniejszenia oraz szukania oszczędności materiałowych.

Dokumentacja technologiczna procesowa zawiera wszystkie niezbędne dane do prawidłowego przebiegu procesu technologicznego. W skład dokumentacji technologicznej wchodzi wiele pozycji. Do najważniejszych należą: karta technologiczna i instrukcja obróbki.

Kartę technologiczną wykonuje się dla konkretnego wyrobu. Stanowi opis operacji uzupełniony stanowiskami roboczymi dla każdej z nich oraz koniecznych pomocy warsztatowych. Podaje się w niej czas przygotowawczo-zakończeniowy, czas jednostkowy oraz łączny czas wykonania operacji dla serii.

Dla produkcji jednostkowej i małoseryjnej karta technologiczna stanowi całość dokumentacji i dlatego poszczególne informacje są opisane szerzej (oprócz karty technologicznej dostarczona się także rysunek warsztatowy).

Oprócz danych informacyjnych w karcie technologicznej podaje się: numer operacji i oznaczenie,

wydział i stanowisko, wymienia się operacje i krótko ich treść. Podaje się też numer instrukcji obróbki, w której znajdują się informacje szczegółowe. Instrukcję obróbki sporządza się w celu podania treści operacji pracownikowi obsługującemu obrabiarkę lub nawet pracy wykonywanej ręcznie na stanowisku pracy. W karcie wyszczególnia się: stanowisko robocze, liczbę i kolejność zabiegów, warunki obróbki w poszczególnych zabiegach, niezbędne pomoce do wykonania operacji z podaniem ich oznaczenia przyjętego w fabryce lub numeru inwetaryzacyjnego. Na szkicu powierzchnie obrabiane zaznacza się grubą linią, a naniesione wymiary są wymiarami końcowymi dla danej operacji.

Istotne jest podanie na szkicu sposobu ustalenia przedmiotu i jego zamocowania, zwłaszcza gdy przewiduje się stosowanie przyrządów obróbczych lub oprzyrządowania montażowego, do czego służą symbole umowne (wg PN). Sposób ustalenia i zamocowania podany przez technologa stanowi podstawę do projektowania uchwytu lub przyrządu dla danej operacji (albo ustalenia i zamocowania bezpośrednio na obrabiarce).

W instrukcji wpisuje się też pomoce, uchwyty, przyrządy, narzędzia, sprawdziany wg PN oraz wg oznaczeń przyjętych w danym zakładzie.

Dodatkowymi dokumentami technologicznymi mogą być przykładowo:

- instrukcja uzbrojenia/przezbrojenia obrabiarki,
- instrukcja kontroli,
- instrukcja montażu,
- karta kalkulacyjna i inne.

Niekiedy technolog wykonuje rysunek technologiczny, gdzie na rysunku wykonawczym dorysowuje najczęściej czerwoną linią ciągłą naddatki obróbcze, przewidując i obliczając naddatki na obróbkę. Naddatki te należy na tym rysunku zwymiarować. W bardzo kosztownej produkcji, nawet jednostkowej, a zwłaszcza seryjnej, gdzie używa się drogich materiałów, zachodzi potrzeba wykonania tzw. pierwszej sztuki, dla jej sprawdzenia i weryfikacji prawidłowości przyjętej technologii obróbczej np. sprawdzenie programu obrabiarki CNC. Sztukę taką wykonuje się z tańszego materiału. Po sprawdzeniu wymiarów dopuszcza się wykonanie właściwego detalu (z drogiego materiału) lub serii produkcyjnej.

Opracowanie procesu technologicznego kończy się na obliczaniu czasów trwania poszczególnych operacji, które wykonują technolodzy-kalkulatorzy.

Norma czasu pracy to technicznie uzasadniona ilość czasu dla wykonania określonego zakresu pracy, w danych warunkach techniczno-organizacyjnych

zakładu, przez określoną liczbę wykonawców, o określonych kwalifikacjach. Norma czasu pracy dotyczy najczęściej operacji, niekiedy zabiegu. Obliczone czasy podaje się w minutach.

Powyżej skrótowo opisany proces technologiczny przedstawia podstawowe pojęcia występujące przy projektowaniu technologii procesowej. Do opracowania technologii procesowej potrzebne są normatywy technologiczne branżowe, umożliwiające dobranie parametrów obróbczych i wyliczenie czasów operacji. Jest również możliwość obliczenia parametrów i czasów na podstawie odpowiednich wzorów, lecz jest to działanie niezwykle pracochłonne. Ostatecznie można czasy oszacować i z czasem aktualizować.

Wzory karty technologicznej zawarte są w PN-57/M-01161, a instrukcji technologicznej w PN-56/M-01161. Opisy przygotowania tych dokumentów można znaleźć na portalu: Dokumentacja Technologiczna.

Drugim niezwykle ważnym projektem jest: projekt technologiczny zakładu. Jest on najczęściej najważniejszym projektem dotyczącym fabryki, ponieważ jest wynikiem przemyślanej koncepcji projektowanego zakładu, w której uwzględniono i skoordynowano problemy natury ekonomicznej, technicznej i organizacyjnej. Projekt ten powinien wykonać doświadczony projektant technolog. Najczęściej wykonuje się go do projektu budowlanego, wymaganego do uzyskania pozwolenia na budowę, modernizację lub zmianę wykorzystania obiektu. Wystarczy tu uproszczony projekt technologiczny, obejmujący podstawowe parametry technologiczne oraz oddziaływania na środowisko i podstawowe uzgodnienia. Jednak dla skomplikowanej produkcji projekt technologiczny jest później mocno rozbudowany.

Zgodnie z wymaganiami kodeksu pracy projekt fabryki powinien być uzgodniony z odpowiednimi rzeczoznawcami i z branżowym instytutem pod kątem szkodliwego wpływu procesu na zdrowie. Dotyczy to przykładowo szkodliwości niektórych pyłów drewna, np. dębu czy buku, lub stref zagrożonych wybuchem od wszelkich pyłów drewna.

Projekt technologiczny zakładu powinien zawierać:

- plan zagospodarowania zakładu. Na nim na podstawie mapy powinny być narysowane wszystkie obiekty na działce w logicznym układzie, zaznaczone drogi komunikacyjne, źródła mediów, parkingi itp.
- plan zagospodarowania poszczególnych hal, z zaznaczeniem ustawienia obrabiarek i odległości pomiędzy nimi i ścianą, zgodnie z przepisami i normami, drogi komunikacyjne i awaryjne, pola odkładcze na materiał i gotowe produkty wraz z miejscami buforowymi, oraz punktami zasilania obrabiarek i urządzeń w media. Także wyposażenia hal w punkty sanitarne i szatnie wg odpowiednich przepisów.
- zestawienia: powierzchni produkcyjnej i przemysłowej, mediów i załogi oraz szczegółowy wykaz maszyn i urządzeń technologicznych;
- podobne dokumentacje dotyczące biur, strażnic, portierni itd.

- wyznaczenie stref przeciwpożarowych i przeciwwybuchowych. Przy produkcji mebli występuje duża ilość wiórów i pyłu drzewnego, który tworzyć może w określonych warunkach mieszaniny wybuchowe.
- gospodarka magazynowa, w tym postępowanie z odpadami, zwłaszcza substancjami niebezpiecznymi;
- tabele i obliczenia;
- zespół dokumentacji i dokumentów przeciwpożarowych, zgodnie z odpowiednimi przepisami;
- wytyczne branżowe dotyczące: budowlanki, instalacji, koniecznych przebudowań itp.

Wszystkie te dokumenty powinny mieć opis, jak też uzasadnienie.

Jednym z podstawowych problemów w stolarniach i zakładach przemysłu drzewnego jest pył drzewny powstający podczas mechanicznej obróbki drewna. Do najbardziej zapylonych należą stanowiska pracy na szlifierkach, pilarkach tarczowych i formatowych oraz tokarkach. Pyły drewna twardego (dębu i buku) mają działanie rakotwórcze, a niektóre gatunki drewna tropikalnego działają toksycznie na organizm ludzki.

Zapylenie może być nie tylko przyczyną dolegliwości zdrowotnych i chorób zawodowych lecz również może stwarzać warunki zagrożenia pożarem i wybuchem. Jest wiele innych jeszcze parametrów technologiczno-organizacyjnych, które dają możliwość lepszego planowania i wykorzystania posiadanych obiektów i zasobów oraz dokonania analiz i optymalizacji kompletnego procesu, nie tylko technologicznego, ale i produkcyjnego. Projekt technologiczny zakładu, prawidłowo i w miarę dokładnie wykonany, jest źródłem wielu informacji potrzebnych nie tylko ze względów technicznych, ale też i księgowych, np. do celów inwentaryzacji, czy wykonania tabel amortyzacyjnych. Jednym słowem, projekt ten porządkuje większość spraw w zakładzie, co już jest wartością samą w sobie. Najczęściej wymusza właściwy schemat organizacyjny, z podziałem kompetencji i obowiązków. Umożliwia planowanie różnych przebiegów np. remontów, przeglądów, odnawiania dokumentów. Wznosi działanie przedsiębiorstwa na wyższy poziom.

W Unii Europejskiej obowiązują odpowiednie wymagania i przepisy dotyczące bezpieczeństwa użytkowania mebli. Od mebla oczekuje się spełnienia wymagań wymiarowo-funkcjonalnych według kryteriów ergonomicznych, a także odporności na narażenia mechaniczne i odpowiedniej wytrzymałości. Meble powinny spełniać wymagania norm europejskich.

Przykładowo, regały i półki do nich to meble do przechowywania (zwane inaczej skrzyniowymi). Od mebli tych, z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania, wymaga się odporności na narażenia mechaniczne na wysokim poziomie, a także spełnienia wymagań wymiarowo-funkcjonalnych według kryteriów ergonomicznych. Z faktu tego wynika konieczność obliczeń wytrzymałościowych mebli, weryfikacji ich parametrów wytrzymałościowych oraz atestacji. Program badań mebli obejmuje: sprawdzenie konstrukcji pod względem bezpieczeństwa użytkowania, sprawdzenie higieniczności, sprawdzenie wymiarów funkcjonalnych, sprawdzenie zgodności wymiarowej ze wzrostem użytkownika. Priorytetowym parametrem jest jednak zespół cech, składających się na bezpieczeństwo użytkowania mebla. Badania mebli, np. szkolnych, atestuje się przyjmując następującą kolejność prób: badanie wytrzymałości zawieszenia i ugięcia półek, badanie wytrzymałości wieńców górnych i dolnych, badanie wytrzymałości drzwi, szuflad i prowadnic, wytrzymałości konstrukcji i wieńca dolnego oraz badanie wytrzymałości urządzeń mocujących do ściany. Mebel uzyskuje pozytywny wynik badań jeśli:

- współczynnik sztywności konstrukcji stołu lub biurka spełnia wymagania normy, a ugięcie blatu nie przekracza dopuszczalnej wartości,
- nie stwierdzi się złamań, pęknięć jakiegokolwiek elementu, części składowej lub połączenia, włączając w to zawieszenie siedzisk i szkieletu konstrukcyjnego,
- nie wystąpi deformacja jakichkolwiek części wyrobów ani pęknięcie, które byłyby wynikiem pojawienia się deformacji,
- brak jest przesunięć oparć, poręczy, nóg czy innych części składowych mebli, większych niż zarejestrowane podczas początkowej kontroli,
- jeśli nie nastąpi poluzowanie przy naciśnięciu ręką na odpowiednie części lub połączenia mebla, które powinny być sztywne,
- nie stwierdzi się niesprawności działania którejkolwiek części mechanicznej, ani wyraźnie słyszalnego trzasku, pojawiającego się w czasie obciążenia.

Inne meble też mają swoje wymagania.

Wynika stąd, że meble powinny być zaprojektowane zgodnie z zasadami wytrzymałości, a więc powinny mieć przeprowadzone obliczenia wytrzymałościowe, przynajmniej newralgicznych zespołów, czy części mebla mających wpływ na bezpieczeństwo użytkowania oraz powinny przejść procedurę atestacji, czyli sprawdzenia fizycznie konstrukcji i obliczeń mebla wg ustalonej procedury i przynajmniej stworzenia dokumentu – sprawozdania z badań. Istnieje mnóstwo programów komputerowych do projektowania mebli. Niektóre bardziej złożone umożliwiają dokonanie rozkrojów płyt na poszczególne części mebla. Jednak w zasadzie nie można za pomocą tych programów dokonać dokładnych obliczeń wytrzymałościowych. Te często trzeba wykonać osobno, albo w innych ogólnodostępnych programach, albo wręcz przy pomocy znanych wzorów wytrzymałościowych i kalkulatora. Jednak w żadnym przypadku nie należy z tych obliczeń rezygnować.

Technologia produkcji wyrobów z drewna jest w znacznym stopniu opanowana. Jest wiele fabryk mebli, stolarki okiennej, czy elementów budowlanych z drewna, gdzie proces produkcji obejmuje wszystkie fazy produkcji, łącznie z prawidłowym projektem, dokumentacją konstrukcyjną wraz z wszelkimi obliczeniami, także wytrzymałościowymi i dokumentacją technologiczną; gdzie przeprowadza się badania produkowanych wyrobów i je atestuje. Jednak jest też mnóstwo zakładów produkcyjnych, w których pomija się wiele elementów wymienionego powyżej procesu produkcyjnego.

Omówione w tym artykule zagadnienia dotyczące produkcji wyrobów z drewna są jedynie małym, ale ważnym wycinkiem całego pakietu zagadnień z tym związanych.

Aleksander Łukomski

OMEGA wiecznie młoda

Zaprojektowany podczas II wojny przez Juliusza Sieradzkiego jacht Omega stał się legendą. Wychowały się na nim cale pokolenia żeglarzy. Okazało się, że konstrukcja jest tak dobra, iż z biegiem czasu z drewnianej stała się kompozytową, a obok zastosowań turystycznych od lat bierze udział w regatach.

Z Andrzejem Szynkiewiczem, właścicielem barlineckiej stoczni „Jędrek", budującej zarówno wersje turystyczne, jak i regatowe Omegi rozmawia Ryszard Romanowski

– Podobno powstające w pana stoczni jachty i ich zmiany konstrukcyjne w stosunku do drewnianego oryginału zaaprobował sam, nieżyjący już dziś, konstruktor Juliusz Sieradzki?

– Gdy powołaliśmy związek Omegi i rozpoczęły się regaty, nie wiedziałem, że pan Juliusz jeszcze żyje. Poszukiwałem i w końcu udało się go odnaleźć. Mieszkał w Gdyni, osamotniony, przychodziła do niego opiekunka. Miał 84 lata. Pamiętam, że wtedy odbywały się regaty na Zatoce Gdańskiej i pan Juliusz oglądał je gdzieś z daleka, stojąc wśród widzów. Pomyślałem, jak tak może być, że konstruktor stoi w anonimowym tłumie. Powinien być wśród nas. Zaprosiłem do go domu, wraz z Ludomirem Mączką, bo to byli bliscy koledzy. Zamieszkali u mnie, a regaty o Puchar Polski odbywały się w pobliżu, na Jeziorze Barlineckim.

Andrzej Szynkiewicz i jego Omega gotowa do wyjazdu na regaty

Wszystko zaczęło się od tego, że znalazło się kilku sympatyków Omegi, którzy założyli na nowo związek tej klasy i rozkręcili temat.

– Otaczają nas jachty turystyczne i regatowe. Czym się różnią?

– Najbardziej widoczny jest przedni pokład. W wersji regatowej spinaker wciąga się pod pokład. Jego zwinięcie lub postawienie trwa dosłownie kilka sekund. Tu jest moja łódka, a pod pokrowcem – syna,

Kompozytowe Omegi w wersji regatowej (z lewej) i turystycznej (z prawej)

bo on też się ściga. Zresztą wnuki też się ścigają, ale na razie na Optymistach i Kadetach. Rośnie następne pokolenie zarażone żeglarstwem.

– Jak wyglądało przejście z konstrukcji drewnianej na laminat?

– Ja zacząłem dosyć późno, bo na początku lat dziewięćdziesiątych. Już wcześniej polscy producenci przeszli z konstrukcji drewnianych na laminaty, np. Omega Ostróda; również w stoczni w Szczecinku produkowano bardzo dużo jachtów. W Szczecinku pobrałem trochę nauk i można powiedzieć, że przejąłem tę produkcję, od 1998 roku. To już ponad dwadzieścia trzy lata.

– Jakie są różnice w stosunku do oryginalnego projektu drewnianej łódki?

– Wszystkie parametry oryginalnej Omegi zostały zachowane. Identyczna jest długość, szerokość, zanurzenie, doszedł spinaker, chociaż Juliusz Sieradzki już też spinaker wprowadzał. Konstruował tę łódkę ze spinakerem.

Omegi pod spinakerami

Przedni pokład z charakterystycznym przetłoczeniem, ułatwiającym obsługę spinakera

– Na ile kadłubów poliestrowo szklanych wystarcza jedna forma i czym się różni kadłub łódki w wersji regatowej?

– Forma wytrzymuje około trzydziestu sztuk. Przedni pokład mojej wersji regatowej ma charakterystyczne przetłoczenie, usprawniające pracę spinakera. W rynnach mieści się spinaker, bom. Inne konstrukcje tego nie mają. W tej chwili powstaje kolejna regatowa łódka dla zdobywcy Pucharu Polski, Pawła Tarnowskiego. To już wyczyn na wysokim poziomie. Odpływy rufowe pomagają odprowadzić wodę po wywrotce. Skrzynia mieczowa jest równa z podłogą i od spodu ma fartuch otulający miecz. Nic nie chlapie i nie wlewa się woda. Łódka ma niewielkie, 12-centymetrowe zanurzenie bez miecza, tak że rufa wisi nad wodą. Z mieczem zanurzenie wynosi 92 cm. Miecz jest profilowany, laminowany, a w wersjach turystycznych aluminiowy. Podniesiona jest również skrzynia mieczowa. Jest dużo tzw. ułatwiaczy, np. szyny do foka, stoliki itp.

Laminowany miecz

Mamy w okolicy Puchar Ziem Zachodnich i jest on okazją do testowania różnych rozwiązań przed Pucharem Polski, również takich, które dotyczą transportu łódki. Obecnie na kadłubie od razu odlewamy łoża przeznaczone do wózka. Dzięki temu

Łoża do wózka odlewane na kadłubie

Pokład dziobowy z widoczną warstwą przekładki

podczas transportu łódka leży bardzo stabilnie. Działa to lepiej niż rolki i inne podobne rozwiązania, bo tworzy bardzo dużą płaszczyznę podparcia, chroniąc kadłub przed uszkodzeniami. Od strony kadłuba łoże pokryte jest miękką wykładziną.

– *Elementy kompozytowe są bardzo lekkie, a jednocześnie kadłub jest niezwykle sztywny. Z tego co widać, warstwa maty nasyconej żywicą nie jest gruba. Co wpływa na taką sztywność?*

– Na warstwy laminowanych mat kładziemy piankę poliuretanową, tzw. przekładkę. Dzięki temu np. podłoga jest twarda i sztywna. Z laminowanej płyty z przekładką wewnątrz wycinamy usztywnienia wzdłużne i poprzeczne. Kadłub jest lekki i sztywny. Przekładki ma również pokład rufowy i dziobowy.

Warto dodać, że remontujemy również stare Omegi np. Ostródy. Jedna z nich, którą pan tu widzi, dostała nowy pokład naszej konstrukcji i wygląda jak nowa.

Konstrukcja Juliusza Sieradzkiego z 1942 roku obecnie nadal jest bardzo atrakcyjna. Obecnie na Omedze jest 36 m^2 żagla, dawniej było 18 m^2. Są nieco inne urządzenia sterowe, rumple – robimy je z mahoniu, aby było też trochę drewna. Większość osprzętu wykonujemy sami. W wersjach regatowych oferujemy aluminiowe maszty, nawet takiej firmy jak Superstar, używane przez światową czołówkę regatową.

– *Na półce widzę bardzo efektowny puchar. Za jakie to regaty?*

– To jest puchar przechodni Regat Czterech Wysp – Memoriał Juliusza Sieradzkiego, organizowany przez Klub Żeglarski Sztorm. Pucharów nazbierałem dużo. Większość z nich mam w domu.

Regaty barlineckie to również taki trochę poligon testowy. Odbywają się one co roku w pierwszy weekend października. Można wtedy pooglądać Omegi w akcji pod pełnymi żaglami.

– *Dziękuję za rozmowę.*

z Andrzejem Szynkiewiczem
rozmawiał Ryszard Romanowski

Fotografie z regat pochodzą z archiwum Polskiego Związku Klasy Omega: *klasaomega.pl*

Wytwarzanie przyrostowe w zastosowaniach militarnych

Potencjał technologiczny wytwarzania przyrostowego został doceniony w wielu gałęziach produkcji, między innymi w branży automotive, lotniczej i w sektorze kosmicznym. Nie ulega wątpliwości, że również w przemyśle zbrojeniowym zastosowanie addytywnych technik produkcyjnych otwiera nowe możliwości, którymi interesują się nie tylko producenci, ale także wiele armii na całym świecie, od Stanów Zjednoczonych po Australię.

Jacek Zbierski

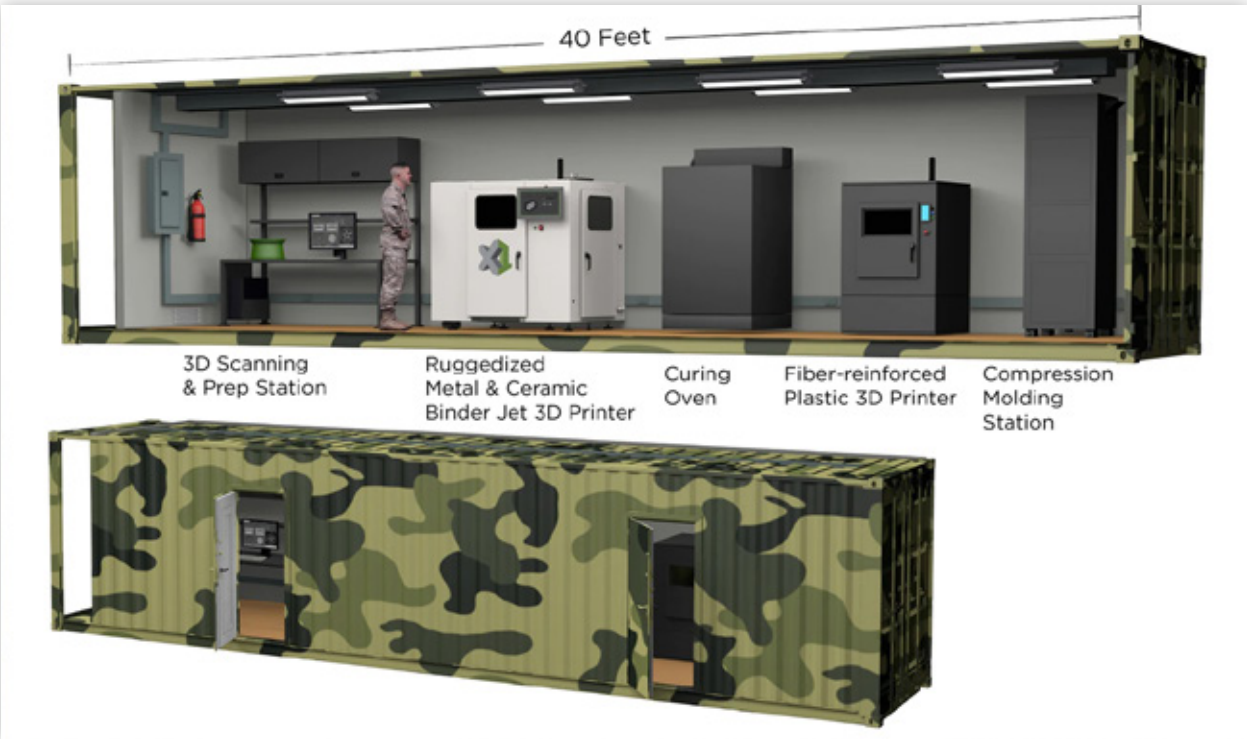
Począwszy od polimerowych części do naprawy anteny komunikacyjnej okrętu wykonującego misję na Morzu Arabskim, przez tytanowe elementy złączne w zespole mocowania gondoli silnikowej pionowzlotu V-22 Osprey, po kilkumetrowe kompozytowe kadłuby autonomicznych podwodnych jednostek pływających – wytwarzane w technologiach przyrostowych podzespoły i części sprawdzają się w różnorodnych zastosowaniach militarnych. Przy czym szeroka gama materiałów i metod druku przestrzennego sprawiają, że ich wdrożenie na potrzeby sił zbrojnych można realizować na różne sposoby, w zależności od zapotrzebowania i przyjętych założeń.

FABRYKA W KONTENERZE, CZYLI ZWIĘKSZENIE POTENCJAŁU EKSPEDYCYJNEGO

Królewska Holenderska Marynarka Wojenna w ramach programu AMCOD (*Additive Manufacturing Container for Defence*) realizowanego przez laboratorium druku 3D ECAM (*Expertise Centre Additive Manufacturing*), należące do DMI (*Directie Materiële Instandhouding*), opracowała mobilny warsztat druku przestrzennego, zabudowany w standardowym kontenerze transportowym. Kontener AMCOD mieści trzy drukarki 3D, dwie stacje robocze CAD i jest wyposażony w systemy klimatyzacji, wentylacji przemysłowej i zasilania UPS. Tak skonfigurowany warsztat może

zostać zamontowany na okrętach wyruszających na misje oceaniczne, np. w rejonie Antyli Holenderskich. Standardowo na okręcie przygotowanym do tego typu zadań znajduje się magazyn ponad 30 tys. części zamiennych. Jak przekonuje Max Nijpels z ECAM, możliwość druku 3D dziesięciu procent tych części pozwoliłaby znacznie zredukować powierzchnię magazynową. Na potrzeby AMCOD wybrano urządzenia firmy INTAMSYS przeznaczone do druku przestrzennego w technologii FFF elementów z wytrzymałych tworzyw, takich jak poliwęglan, PEEK, PEKK czy nylon, opcjonalnie wzmocnionych włóknami węglowymi. Komputery AMCOD wykorzystują system MARAMEX – opracowaną dla marynarki platformę wymiany plików CAD, zawierającą modele setek części zamiennych. Oprócz tego w kontenerze nie zabrakło oprzyrządowania potrzebnego w przypadku konieczności odtworzenia modelu części w ramach procedur inżynierii odwrotnej.

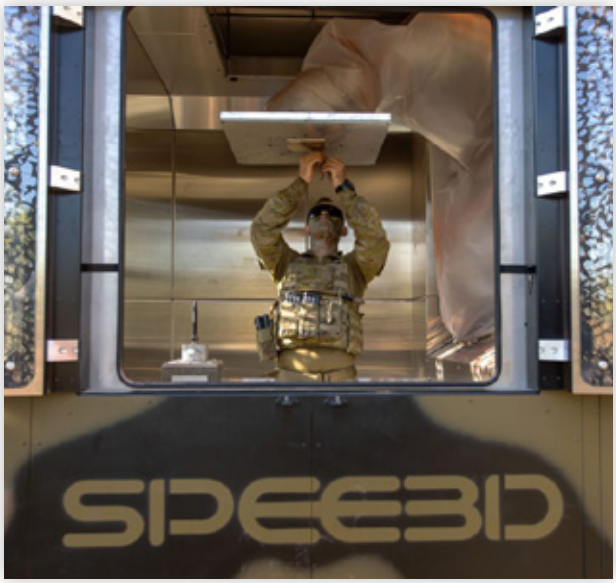
Tu i powyżej: **Kontener AMCOD**



Kontener mieszczący mobilny warsztat produkcyjny w technologii Binder Jetting

Na podstawie kontraktu zleconego przez DLA (*Defense Logistics Agency*), prace nad podobnym kontenerem dla amerykańskiego Departamentu Obrony prowadzi ExOne – producent urządzeń w technologii Binder Jetting. Kontener na być wyposażony w stanowisko inżynierii odwrotnej i zmodyfikowaną na potrzeby armii drukarkę, wykorzystującą płynne spoiwo do łączenia proszków, np. metalicznych lub ceramicznych. Konfiguracji warsztatu dopełni piec do konsolidacji wydrukowanych elementów poprzez wytopienie lepiszcza. Taki kontener ma stanowić samodzielną, mobilną jednostkę zaopatrzenia, zdolną do produkcji w pełni funkcjonalnych, zgodnych z wymogami technicznymi części zamiennych na żądanie, w czasie poniżej 48 godzin. Systemy komputerowe wchodzące w jego skład mają być przystosowane do obsługi przez żołnierzy posiadających jedynie minimalną wiedzę techniczną.

Co ciekawe, podobne rozwiązanie jest już od jakiegoś czasu testowane w praktyce na antypodach. Rozwijane przez australijską firmę



Żołnierz australijskiego 1st Combat Service Support Battalion przygotowuje urządzenie do pracy

Zawiasy wydrukowane metodą nadźwiękowej depozycji z nawierconymi otworami montażowymi

Drukarka SPEE3D w warunkach polowych

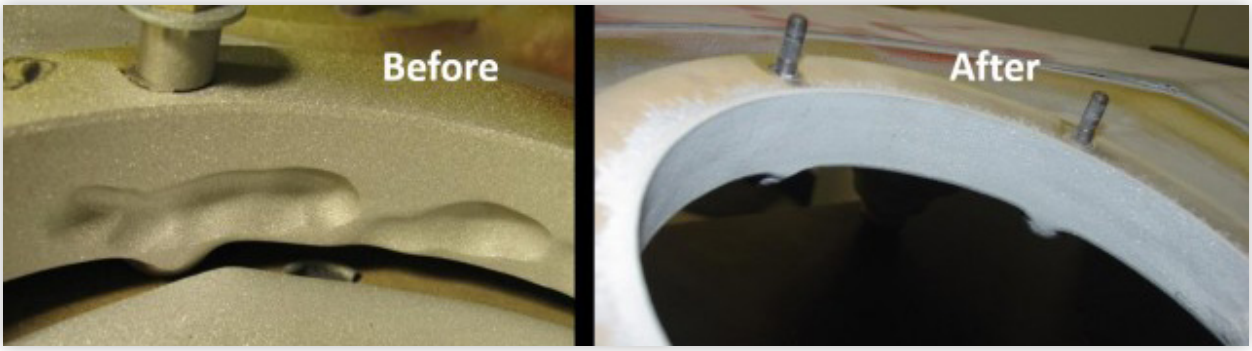
SPEE3D urządzenia do wytwarzania przyrostowego metalowych części w technologii tzw. naddźwiękowej depozycji od samego początku cieszą się dużym zainteresowaniem australijskiej armii, przede wszystkim ze względu na szybkość druku rzędu 100 g/min. Rok temu urządzenie SPEE3D zostało poddane testom polowym na poligonie Mount Bundey na Terytorium Północnym. Zespół żołnierzy RAEME (*Royal Australian Electrical and Mechanical Engineers*) z 1CSSB (*1st Combat Service Support Battalion*) w warunkach polowych zaprojektował i wydrukował narzędzia i części zamienne, których nie było na stanie zaopatrzenia jednostki. Rozwiązaniami SPEE3D interesują się także Amerykanie. Australijską drukarkę znajdziemy na stanie Phillips Federal w amerykańskim wojskowym centrum technologicznym Rock Island Arsenal.

Zastosowanie technologii przyrostowych w mobilnych centrach produkcyjnych to innowacyjne podejście do zagadnienia wsparcia technicznego w warunkach polowych czy też morskich, które może okazać się szczególnie istotne podczas misji zagranicznych, zazwyczaj pozbawionych szerszego zaplecza technologicznego.

NAPRAWA ZAMIAST WYMIANY

Trochę inaczej niż to ma miejsce w większości innych gałęzi przemysłu, w zastosowaniach militarnych dużym zainteresowaniem cieszą się technologie przyrostowe umożliwiające nie tylko druk nowych części, lecz także naprawę uszkodzonych komponentów. Obecnie ponad 200 części i podzespołów zostało zakwalifikowanych przez amerykański Departament Obrony do naprawy metodą *cold spray*, czyli gazodynamicznego natryskiwania na zimno, wykorzystującą strumień gazu obojętnego do przyspieszania cząstek sproszkowanego metalu do prędkości rzędu 500-800 m/s. Zarówno materiał powlekany, jak i materiał powłoki podczas procesu zachowują stały stan skupienia, co zapobiega powstawaniu naprężeń termicznych. Technologia sprawdza się między innymi w regeneracji części lotniczych, luf artyleryjskich czy płyt pancernych.

Jak wyjaśnia Victor Champagne z amerykańskiego ARL (*Army Research Laboratory*), wymiana drogiej części lotniczej, która uległa korozji czy zużyciu, może kosztować nawet 400 tys. dolarów. Tymczasem jej naprawa przy użyciu technologii *cold spray* wiąże się z kosztami zaledwie ok. 2 tys. dolarów. Od 2012 roku w ten sposób regenerowane są wykonane

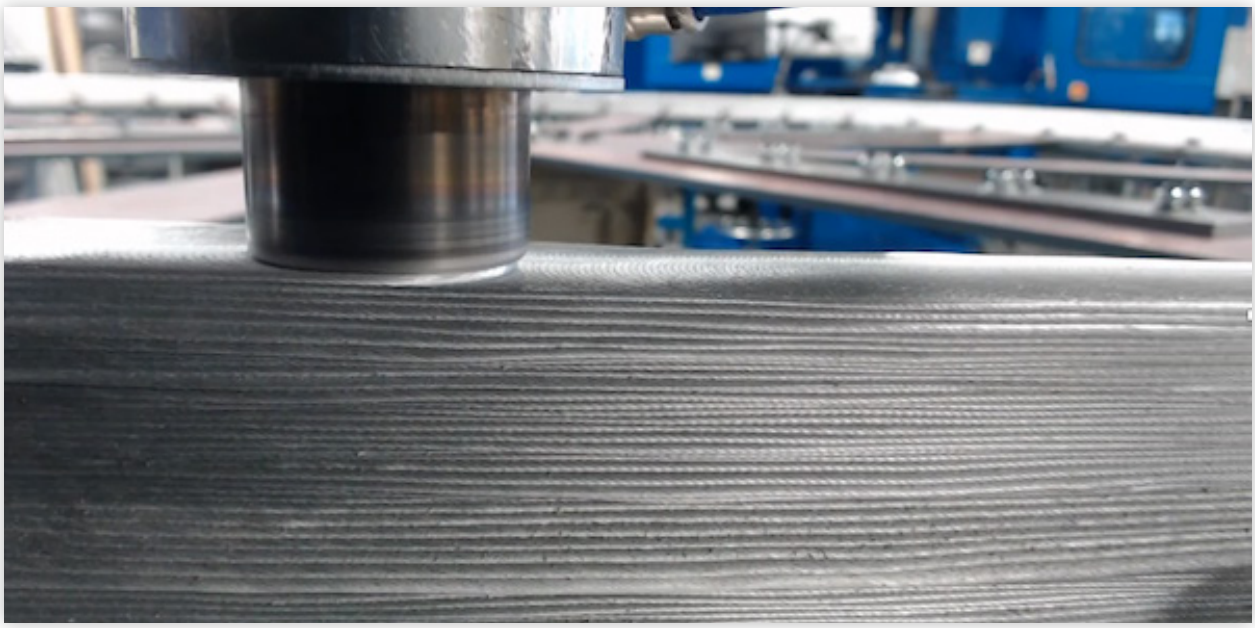


Wykonana z magnezu pokrywa przekładni helikoptera przed i po regeneracji metodą *cold spray*

z magnezu pokrywy przekładni śmigłowców UH-60 Black Hawk, AH-64 Apache i Sikorsky H-53. Szacuje się, że oszczędności, wynikające z zastosowania wspomnianej metody w amerykańskich siłach zbrojnych mogą sięgać ponad 20 mln dolarów rocznie.

Nową, obiecującą technologią przyrostową, sprawdzającą się w naprawie uszkodzonych powierzchni i komponentów metalowych, jest metoda MELD, oparta na procesie zapożyczonym z technologii zgrzewania tarciowego z przemieszaniem FSW (*Friction Stir Welding*), wzbogaconej o układ podawania materiału w postaci proszku o różnej gramaturze lub w formie sztabek. Proces przebiega z zachowaniem stałego stanu skupienia zarówno podłoża, jak i nanoszonego materiału. Wytwarzanie przyrostowe techniką MELD jest nawet 10x szybsze niż w technologiach, w których zachodzi przetopienie materiału i wiąże się ze znacznie mniejszym zużyciem energii. Jako że metoda nie nakłada właściwie żadnych ograniczeń materiałowych w zakresie surowców metalicznych, możliwe jest uzyskanie szerokiej gamy stopów, począwszy od stopów stali i aluminium, przez stopy tytanu po super-stopy na bazie niklu i kompozyty MMC (*Metal Matrix Composites*). W technologii MELD nie ma także ryzyka wystąpienia porowatości czy naprężeń termicznych.

Zaletami metody MELD żywo interesuje się amerykańska Marynarka Wojenna. W ramach projektu badawczego we współpracy z Center of Excellence for Additive Manufacturing, działającym w Norfolk Naval Shipyard, MELD Manufacturing Corporation opracowuje technologię na potrzeby produkcji i naprawy szeregu komponentów okrętowych, których gabaryty i skład surowcowy nie pozwalają na zastosowanie innych technik przyrostowych. Technologia MELD może przyczynić się także do przezwyciężenia problemu długiego czasu produkcji kutych i odlewanych części okrętowych.



Wytwarzanie przyrostowe techniką MELD, opartą na zgrzewaniu tarciowym z przemieszaniem

NOWE TECHNOLOGIE, NOWE WYZWANIA

Rosnący w skali globalnej poziom ryzyka strategicznego, razem z rosnącą presją natury finansowej, która nie ułatwia przygotowaniu się na wyzwania, jakie może przynieść najbliższa przyszłość, sprawiają coraz więcej trudności w utrzymywaniu dotychczasowego łańcucha dostaw w sektorze militarnym. Wśród istotnych problemów w istniejącym modelu logistycznym można wyszczególnić między innymi:

- obniżenie gotowości operacyjnej i ekspedycyjnej
- wyższe koszty transportu
- długi czas pozyskiwania części
- nadmiar stanów magazynowych i odpadów nienadających się do utylizacji.

W perspektywie kolejnej dekady zastosowanie technologii wytwarzania przyrostowego może przyczynić się do przezwyciężenia tych trudności i optymalizacji potencjału logistycznego wojsk. W tym zakresie techniki przyrostowe zapewniają takie możliwości, jak:

- produkcja nowych, zoptymalizowanych podzespołów o złożonej geometrii i/lub zredukowanej masie
- redukcja czasu pozyskiwania części
- produkcja jednostkowych części na zamówienie
- naprawa i regeneracja części
- produkcja części in situ, a co za tym idzie skrócenie i decentralizacja łańcucha dostaw.

Implementacja wytwarzania przyrostowego do zastosowań militarnych wymagać będzie jednak zmierzenia się z istotnymi uwarunkowaniami, takimi jak:

- kontrola jakości – konieczność wdrożenia dedykowanych procedur testowania i kwalifikacji części
- cyberbezpieczeństwo – zabezpieczenie komunikacji i wymiany plików
- potrzeba wyszkolenia personelu
- potrzeba wypracowania nowego podejścia do własności intelektualnej w kwestii licencjonowania modeli CAD i zastosowania metod inżynierii odwrotnej.

Pierwszym krokiem na drodze do implementacji druku przestrzennego w ramach zabezpieczenia technicznego wojsk jest identyfikacja poszczególnych części i podzespołów, w przypadku których wytwarzanie przyrostowe przyniosłoby największe korzyści. Kolejny etap wymaga przeprowadzenia analizy technologicznej i ekonomicznej w ujęciu porównawczym z dotychczasowymi, konwencjonalnymi metodami produkcyjnymi. Wynik analizy potwierdzający zasadność wdrożenia technologii przyrostowej otwiera drogę do przygotowania szczegółowego biznesplanu, obejmującego np. zawarcie umów o współpracy technologicznej. Następnie, we współpracy z partnerami przemysłowymi uruchamiany jest program pilotażowy. Przygotowane w ramach programu komponenty wymagają testów w warunkach zbliżonych do realiów pola walki. Ostateczny rezultat całego procesu może otworzyć drogę do szerszego wykorzystania nabytych zdolności technologicznych w dziedzinie druku przestrzennego. Stanowi także źródło niezbędnego doświadczenia, które może okazać się przydatne podczas kolejnych projektów.

PODSUMOWANIE

Amerykański Departament Obrony (DoD), jak wynika z opublikowanej na początku tego roku Strategii Wytwarzania Przyrostowego, widzi w technologiach przyrostowych narzędzie umożliwiające innowacje i modernizacje w systemach obronnych, zwiększające gotowość operacyjną i dostępność wsparcia technicznego. W jednostkach podległych DoD wdrażane są kolejne rozwiązania mające usprawnić proces adaptacji druku przestrzennego do zastosowań produkcyjnych i naprawczych na potrzeby sił zbrojnych, takie jak JAMMEX (*Joint Additive Manufacturing Model Exchange*) czy RAPTOR (*Repository of Additive Parts for Tactical and Operational Readiness*). Kolejne programy pilotażowe sprawdzają użyteczność wytwarzania przyrostowego w różnych warunkach. Przykładowo w ramach programu R-FAB zastosowano procedury inżynierii odwrotnej do

Stanowisko inżynierii odwrotnej, część R-FAB (*Rapid Fabrication via Additive Manufacturing on the Battlefield*)

reprodukcji uszkodzonych części z użyciem druku 3D podczas ćwiczeń w rejonie Pacyfiku. Jak zapewnia wiceadmirał Philip Cullom, druk 3D i zaawansowane metody produkcyjne stanowią przełomowe technologie na przyszłościowe potrzeby obsługi technicznej i zaopatrzenia.

Z perspektywy amerykańskiej można powiedzieć, że wytwarzanie przyrostowe zapewnia przewagę technologiczną w szerokim zakresie zastosowań. Umiejętność zachowania asymetrycznej przewagi w zakresie potencjału konstrukcyjnego i elastyczności produkcyjnej pozwala przeciwdziałać niespodziewanym zagrożeniom strategicznym i taktycznym, które mogą okazać się katastrofalne w skutkach, gdy brakuje kompleksowej zdolności szybkiego wytwarzania. Ciekawe, czy – i w jakim stopniu – potencjał technologiczny druku przestrzennego zostanie wykorzystany w najbliższym czasie na użytek modernizacji Sił Zbrojnych RP.

Jacek Zbierski

Literatura:

Christopher G., *Additive manufacturing and the military: Applications and implications*, Science Peace Security Conference, Darmstadt 2019

den Boer J. et al., *Additive manufacturing in military and humanitarian missions: Advantages and challenges in the spare parts supply chain*, Journal of Cleaner Production, vol. 257, 2020

Department of Defense Additive Manufacturing Strategy, Joint Defense Manufacturing Council, 2021

Louis M.J. et al., *3D opportunity in the Department of Defense: Additive manufacturing fires up*, Deloitte University Press, 2014

Park S., *Cold Spray gains momentum as Army's ultimate repair technique*, U.S. Army CCDC Army Research Laboratory Public Affairs, via: Defense Visual Information Distribution Service

Thong C.S.S, Wen C.W., *3D Printing – Revolutionising Military Operations*, POINTER: Journal of the Singapore Armed Forces vol. 42 nr 2, 2016

arl.army.mil

intamsys.com

meldmanufacturing.com

spee3d.com

Automatyczne generowanie tolerancji wykonania

cz. 2

Definicja interfejsów (obiektów typu *Mechanical Interface*) to pierwszy krok procesu automatycznego generowania tolerancji wykonawczych. Jeśli docelowo tolerancje geometryczne miałyby być generowane automatycznie, to konieczne jest zdefiniowanie kolejnego typu relacji: *Mechanical Junction (MJ)*.

Andrzej Wełyczko

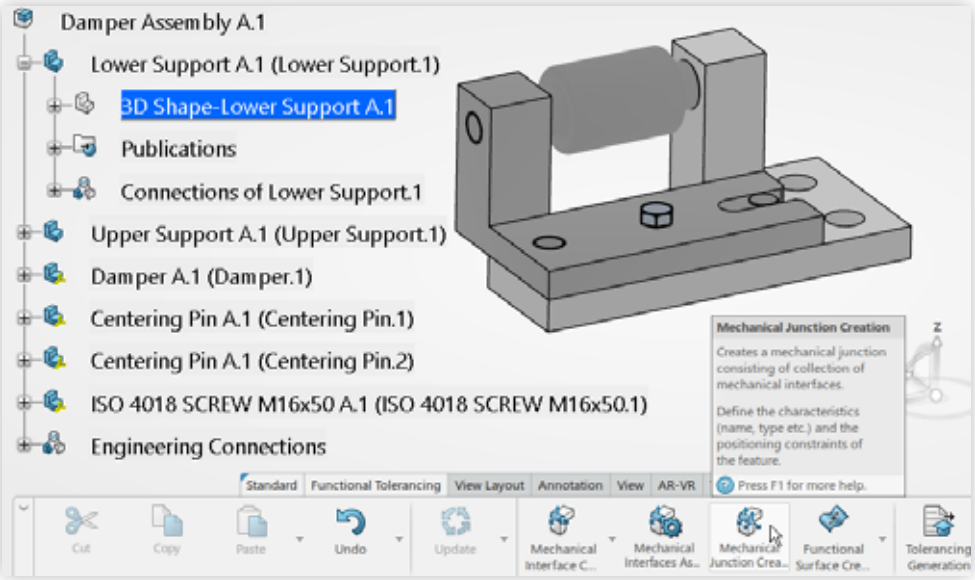
Mechanical Junction to nieustrukturyzowany zestaw interfejsów mechanicznych pojedynczej części zespołu, konieczny do poprawnego pozycjonowania oraz utrzymywania pozycji tej części w złożeniu. W systemie 3DEXPERIENCE CATIA można zdefiniować trzy różne typy relacji typu MJ:

1. Część główna (*Main Part*): relacja *MJ* w pełni definiuje położenie rozpatrywanej części.
2. Blok główny (*Main Block*): relacja *MJ* w pełni lub częściowo definiuje położenie zestawu części (bloku), który zawiera rozpatrywany komponent.
3. Pomocniczy (*Auxiliary*): relacja *MJ* całkowicie lub częściowo definiuje położenie innej części lub bloku.

Polecenie, które pozwala zdefiniować tego typu relacje to *Mechanical Junction Creation*, dostępne w aplikacji *3D Tolerancing & Annotation* (Rys. 18).

Na przykład dla części *Lower Support* (Rys. 19) możemy zdefiniować relację *Positioned on Ground* (typu *MJ*), która jest powiązana ze zdefiniowaną wcześniej relacją *Connected to Ground* (typu *MI*).

W analogiczny sposób dla pozostałych relacji typu *Mechanical Interface (MI)* można zdefiniować relacje typu *Mechanical Junction (MJ)*. Na przykład (Rys. 20) dla relacji *Connected to Upper Support* (typu MI) zdefiniowana została relacja *Positioning Upper Support* (typu *MJ*). Warto zauważyć, że dla każdego komponentu relacji typu *MJ* (czyli dla powierzchni wskazanej jako *Primary*, *Secondary* lub *Tertiary*) można aktywować tryb pozycjonowania i orientacji (odpowiednio: *Position* i *Orientation* w oknie



Rys. 18

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Prasy HYDOMAT

Po okresie kryzysu powojennego, w połowie lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku, podjęto decyzję o odbudowie i rozbudowie przemysłu w Polsce. Spowodowało to duże zmiany nie tylko w przemyśle, ale też w edukacji i społeczeństwie. Rozbudowujący się przemysł potrzebował nowych pracowników o umiejętnościach technicznych. Ten rozwój wykreował wielu wybitnych konstruktorów, twórców techniki, wiele patentów i świetnych rozwiązań na światowym poziomie, o których dzisiaj pomału się zapomina.

Aleksander Łukomski

Okres tego gwałtownego rozwoju przemysłu trwał od końca lat pięćdziesiątych do końca lat siedemdziesiątych, a potem jeszcze – już siłą rozpędu – do końca lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Proces ten był sterowany odgórnie, zresztą podobnie jak i przed II wojną światową. Sterowanie polegało głównie na stworzeniu branżowych organizmów przemysłowych, tzw. zjednoczeń. Grupowano w nich wszystkie krajowe zakłady produkcyjne działające w określonej branży, tworzono instytut branżowy, ośrodek badawczo-rozwojowy i branżowe biuro projektów. Było tych zjednoczeń dużo, np. STOMIL w branży gumowej, SPOMASZ w branży maszyn spożywczych, ZREMB w branży maszyn budowlanych, TASKO w branży producentów taboru szynowego, czy PONAR w branży producentów obrabiarek. Podobnie było w przypadku przemysłu stoczniowego, maszyn górniczych, przemysłu chemicznego, farmaceutycznego, kosmetycznego i innych. Być może doczekamy się kiedyś gruntownego i rzetelnego opracowania tego okresu naszej historii. Do dziś z tamtego okresu pozostały już tylko instytuty branżowe i nazwy niektórych przedsiębiorstw, ale nie mają one już związku z tamtymi wielkimi organizmami przemysłowymi.

W przedsiębiorstwach powstawały wówczas często wysokiej klasy rozwiązania techniczne a współpracujące z branżowymi zjednoczeniami centrale handlu zagranicznego sprzedawały te rozwiązania na całym świecie. Znane były w wielu krajach polskie rozwiązania w przemyśle wydobywczym, w przemyśle spożywczym, czy eksportowane do ponad trzydziestu krajów świata polskie obrabiarki. Sprzedawano też licencje na technologie i maszyny produkcyjne do innych krajów.

W tłocznictwie branżowym instytutem był (istnieje i obecnie) Instytut Obróbki Plastycznej (INOP) w Poznaniu. Międzynarodową sławę przyniosły mu wspaniałe rozwiązania techniczne, jak np. metoda kucia wałów korbowych TR – od nazwiska twórcy, Tadeusz Ruta. Licencje na tę technologię i oprzyrządowanie sprzedano do wielu krajów świata. Także metoda walcowania wierteł Mieczysława Olszewskiego jest znana w licznych krajach, dokąd sprzedano wiele maszyn wg jego patentu. W INOP stworzono dużo bardzo ciekawych konstrukcji i technologii podnoszących wtedy znacznie standardy w tłocznictwie. Instytut odnosił także sukcesy w przemyśle zbrojeniowym, o których wtedy z wiadomych względów mniej się mówiło. Przykładowo, projekt fabryki zbrojeniowej pocisków artyleryjskich – Fabryki Wyrobów Tłoczonych PRESTA, powstał wg projektu technologicznego wykonanego w INOP. Charakteryzował się on umieszczeniem

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Słaba kondycja

Globalne ocieplenie, jak wiadomo, najbardziej jest dotkliwe wtedy gdy panują wysokie temperatury. Dowiodły tego w uczonych rozprawach najtęższe światowe głowy, których jest teraz tak dużo na każdej uczelni wyższej i w organach doradczych przy każdym nowoczesnym rządzie, w każdym nowoczesnym państwie. Ostatnio to już szczególnie mamy prawdziwy wysyp tych, którzy z całym profesorskim majestatem (jak to określił jeden z tych nieszczęśników) próbują przekonywać normalnych ludzi do coraz to głupszych głupot.

Tomasz Gerard

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Prenumerata

PRENUMERATA ROCZNA

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

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

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

Koszt pojedynczego e-wydania: 17,50 zł

WYDANIA ARCHIWALNE

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

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

DANE DO ZAMÓWIENIA

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

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

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

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