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

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

1/2 (172/173) styczeń/luty 2022

- Korelacja modelu numerycznego z wykorzystaniem DoE
- Trzycylindrowy „olbrzym" od Koenigsegg'a
- Siłowniki hydrauliczne w obrabiarkach

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI:

wytwarzanie przyrostowe na potrzeby eksploracji przestrzeni kosmicznej

SPRAWDZIANY KONTROLNE

ZWCAD 2022

Jeszcze szybszy
Jeszcze bardziej elastyczny

Dostepny w bezterminowych wersjach:
Standard, Professional, Mechanical, Architecture

Pobierz

Poznaj
nowy
wymiar
projektowania
3D

SZANSA

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

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 1/2 (172/173)
styczeń/luty 2022

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

adres do korespondencji
ul. Marszałkowska 111
00-102 Warszawa

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

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

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

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

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

na okładce – fot.: REDWIRE Space

ITER © 2022

Drodzy Czytelnicy,

Co rewolucja z roku 1789 zrobiła we Francji, tego dokonano w Polsce w latach 1870-80 – pisał w 1909 roku Teodor Jeske Choiński. – *Idea chrześcijańska odrywająca człowieka od ziemi, wskazująca mu inne, jaśniejsze światy, stała się przesądem, niepraktycznych czasów przeżytkiem, honor rycerski, brzydzący się brudem szachrajstwa, wyzysku, chciwości, zbladł. Walka o byt, kult złotego cielca i spryt kupiecki rozsiadły się szeroko w Polsce. Na szczyty społeczne wydostawali się tylko sprytni, zręczni, chciwi, bezwzględni. Kto chciał w tym wyścigu o dobrobyt zachować białe skrzydła uczciwości, prawości i honoru, ten ginął wyszydzony, wyzyskany przez cynizm sprytu.*

Dla ludzi, dla których historia zaczyna się z Okrągłym Stołem albo z końcem drugiej wojny światowej wiek XIX to jakieś czasy legendarne, niczym dzieje Kraka i Wandy, co nie chciała Niemca. Ale tak właśnie było w epoce ówczesnej rewolucji przemysłowej i jakoś tak dziwnie się składa, że obecnie w kolejnej odsłonie tej rewolucji mamy podobną sytuację: niszczenie rodzimej, drobnej przedsiębiorczości, lichwiarskie kredyty, niemoralność w sferze publicznej, przy władzy tylko sprytni, chciwi i bezwzględni, a honor i cnoty w pogardzie. Choć oczywiście nie jest to tylko domena naszych (i tych XIX-wiecznych) czasów.

Spójrzmy jednak na to i z innej strony. Przez ten cały czas – i zaborów, i okupacji, i wynarodowiania, i ateizacji pod różnymi sztandarami, nie udało się oprawcom wydrzeć ducha z polskiego narodu. Co prawda szlachetność i rycerskość to dziś już naprawdę bardzo rzadkie cechy, ale jeszcze nie zanikły, a co i rusz niejednemu oczy się otwierają i jakby budził się z odurzenia nieprawością. Powinno nas to napawać otuchą.

Zapraszam do lektury kolejnego wydania Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich. Rozpoczynamy nim szesnasty rok naszej działalności.

Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 1/2 (172/173)
STYCZEŃ/LUTY 2022

Puchar Ameryki z Formułą 1 w tle 6

Pierwsze testy śmigłowca Piasecki PA-890 7

Autonomiczny transportowiec od Elroy Air 8

Lekki materiał mocniejszy od stali 10

Próby w locie pionowzlotu ZEVA ZERO 11

Włókno akumulatorem 12

Materiał pochłaniający i uwalniający duże ilości energii 12

Bezprzewodowe ładowanie w każdym miejscu 13

Precyzyjne chwytaki inspirowane Kirigami 13

Sprawdziany kontrolne 14
Aleksander Łukomski

Wykorzystanie DoE w korelacji modelu numerycznego 24
Maciej Majerczak — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Trzycylindrowy „olbrzym" od Koenigsegg'a 26
Ryszard Romanowski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Stilfold – technologia, która stoi za sukcesem skutera Stilride 28
Jacek Zbierski

Wytwarzanie dynamicznie obciążanych elementów strukturalnych karoserii samochodu w technologiach przyrostowych; cz. 2: Metody zwiększania wydajności technologii SLM 30
Marcin Kasprowicz

Technologie przyszłości: zastosowanie wytwarzania przyrostowego na potrzeby eksploracji przestrzeni kosmicznej 39
Jacek Zbierski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej; cz. 3: siłowniki hydrauliczne 42
Aleksander Łukomski — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Na rajdowym szlaku Fiatem 125p 44
Z Markiem Radą rozmawia Ryszard Romanowski

Zobaczymy co z tego będzie 50
Tomasz Gerard — ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

POMIARY

14 Sprawdziany kontrolne

Aleksander Łukomski

Sprawdziany specjalne są trudne w konstrukcji i wymagają od konstruktora dużej wiedzy i doświadczenia, a także dobrych narzędziowców wykonujących te sprawdziany.

ANALIZY, SYMULACJE

24 Wykorzystanie DoE w korelacji modelu numerycznego

Maciej Majerczak

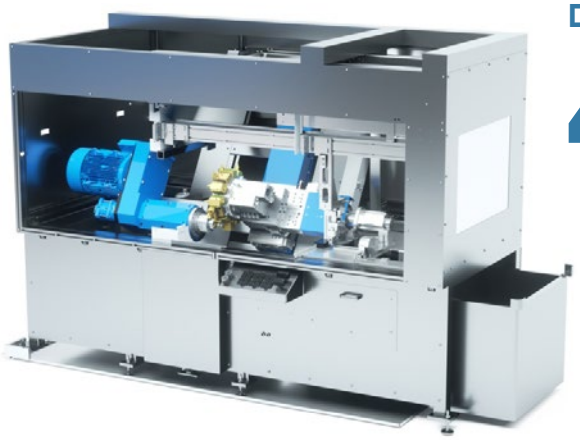
Znaczna część algorytmów DoE wykorzystuje metodę przeszukiwania przestrzeni odpowiedzi w celu określenia zależności między wartościami zadanymi, a otrzymanymi rezultatami.

ROZWIĄZANIA

26 Trzycylindrowy „olbrzym" od Koenigsegg'a

Ryszard Romanowski

Powstał trójcylindrowy silnik o średnicy cylindra 95 mm i skoku tłoka 93,3 mm. Wymiary trochę dziwne w jednostce niemal wyczynowej. Obecnie można by nazwać go długoskokowym, bo konstrukcje konkurencyjne maksymalnie skracają skok, ograniczając tym samym średnią prędkość tłoka, co wpływa na osiągi, a przede wszystkim na trwałość. Szwedzi zaprojektowali inaczej.



MASZYNY i URZĄDZENIA

42 Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej; cz. 3: siłowniki hydrauliczne

Aleksander Łukomski

Twardy zderzak potrzebny jest w tych wszystkich operacjach, gdzie konieczne jest uzyskanie tolerowanej głębokości obróbki, a więc też w powiercaniu, niekiedy w rozwiercaniu, a także przy wytaczaniu otworu wytaczadłem na określoną długość.

TECHNOLOGIE

30 Metody zwiększania wydajności technologii SLM

Marcin Kasprowicz

Wśród badanych parametrów największy wpływ na tempo budowy ma wysokość przetapianej warstwy proszku. Zwiększenie wysokości warstwy powoduje jednak obniżenie jakości odwzorowania detali, jakości powierzchni, a także spadek własności mechanicznych, dlatego zmiana tego parametru powinna być rozpatrywana tylko w aplikacjach przemysłowych, gdzie jest to akceptowalne.

Puchar Ameryki z Formułą 1 w tle

Trzydziesta siódma edycja America's Cup, zaplanowana na 2024 r. ma być inna niż poprzednie. Po raz pierwszy warunków nie dyktuje zwycięzca poprzedniej edycji, tylko gremium dążące do wyrównania szans wszystkich zespołów. Każdy z nich musi przygotować jacht klasy AC 40 i na tych jachtach rozegrane będą dwa wyścigi. Trzeci wyścig, finałowy odbędzie się na jachtach AC 75. Wzorcem jest jacht zwycięzcy ostatniej edycji Air Emirates New Zeland Team. Dodatkowo każdy zespołów musi zbudować po dwie łodzie pomocnicze napędzane ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem. Podobnie jak w ostatnich zawodach nie będzie katamaranów; łodzie są jednokadłubowe ze znacznie mniej liczną załogą. Konstrukcje wymagają niezwykle zaawansowanych rozwiązań hydro- i aerodynamicznych.

Technika stosowana w Pucharze Ameryki jest zbliżona do F-1, tylko że jest... jeszcze droższa. Nic dziwnego, że do brytyjskiego zespołu Ineos dołączył James Allison, aerodynamik wspomagający karierę Michaela Schumachera w zespołach Benetton i Ferrari, a od 11 lat szef techniczny zespołu F-1 Mercedes AMG. Jego ambicją jest doprowadzenie po raz pierwszy od dziesięcioleci brytyjskiego zespołu do zwycięstwa w tych prestiżowych regatach.

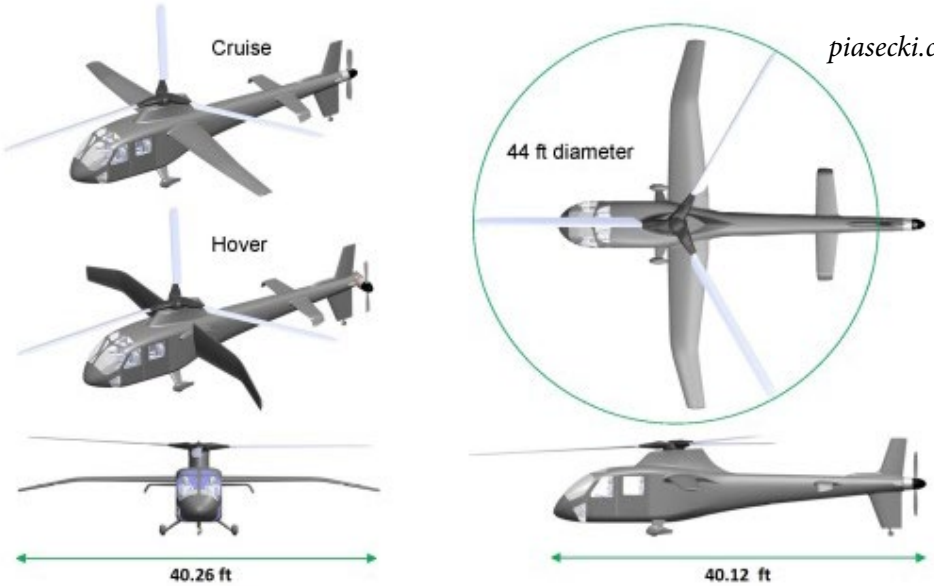
ineos.com

Pierwsze testy śmigłowca Piasecki PA-890

Dzięki wsparciu AFWerx, jednostki sił powietrznych USA zajmującej się innowacjami, rozpoczęły się testy śmigłowca Piasecki Aircraft PA-890. Zapowiedziano pełny cykl testowy, od prób naziemnych po próby w locie.

Maszyna czerpie energię z ogniw paliwowych zasilanych wodorem. Ma wirnik o czterech stosunkowo szerokich łopatach i krótkie skrzydła, które mogą obracać się o 90°. Występuje współdziałanie skrzydeł i wirnika. Dotychczas stosowane podobne rozwiązania nie miały – jak zapewnia Piasecki Aircraft – tak doskonale rozwiązanego współdziałania ruchomych skrzydeł i wirnika. Dzięki temu maszyna jest bardzo stabilna, a generowana przez skrzydła siła nośna odciąża wirnik, zapewniając dużą wydajność napędu i zwiększony zasięg. Do tego śmigłowiec jest bardzo cichy, a przy tym zero-emisyjny.

Maszynę można budować w przeróżnych konfiguracjach, zarówno do zastosowań wojskowych, jak i cywilnych. Stąd duże zainteresowanie testami śmigłowca, zwiększone renomą producenta, który od 1955 roku zasłynął wieloma innowacyjnymi i niezawodnymi rozwiązaniami.



piasecki.com

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

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

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

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

REKLAMA

Autonomiczny transportowiec od Elroy Air

Prototypowy Elroy Air Chaparral

Elroy Air, start-up z San Francisco, wspierany od lat przez takich gigantów branży lotniczej jak NASA, Lockheed Martin, USAF itp. podpisał w lutym umowę z liniami lotniczymi Mesa Airlines na dostarczanie bezzałogowych, autonomicznych transportowców eUAV Chaparral.

Te statki powietrzne mają hybrydowo-elektryczny układ napędowy ze stosunkowo prostymi i niezawodnymi silnikami. Startują i lądują pionowo, a ich zasięg wynosi 300 mil, czyli około 480 km. Ładunek umieszczany jest w specjalnej, aerodynamicznej kapsule, mocowanej w dolnej części kadłuba. W magazynie kapsuły po załadowaniu mogą przemieszczać się autonomicznie i bez ingerencji człowieka mogą być podczepiane przed startem do Chaparrali. Maksymalny ciężar ładunku przekracza 250 kg.

Maszyna może latać autonomicznie lub być pilotowana zdalnie. W każdym wypadku spełnia wymagania lotnictwa cywilnego. Koszt przetransportowania ładunku jest w jej przypadku nieporównywalnie niższy niż koszt transportu z wykorzystaniem tradycyjnych statków powietrznych. Podobnie jak możliwości startu i lądowania – w miejscach niedostępnych dla tradycyjnych maszyn. Dlatego też Chaparralem interesuje się zarówno NASA i USAF, jak i służby ratownicze.

elroyair.com

Ilość i jakość.
Zawsze w parze.

oerlikon balzers

Igły dysz w systemach common rail silników wysokoprężnych odgrywają ważną rolę w zapewnianiu płynnej i wydajnej pracy jednostek napędowych. Vitesco Technologies dla firmy Continental stosuje powłoki BALINIT DLC. Pytanie brzmi, jak zapewnić odpowiednią jakość powłoki dla tak małych elementów, przy masowej produkcji?

Producenci pojazdów oraz ich użytkownicy oczekują, że nowoczesne silniki będą ekonomiczne i przyjazne dla środowiska. Igła wtryskiwacza, niewielki element o średnicy zaledwie 4 mm odgrywa istotną rolę w osiągnięciu tego celu. Zapewnia prawidłowe dawkowanie paliwa do komory spalania. Optymalna atomizacja mieszanki jest niezbędna do efektywnego procesu pracy silnika. Kluczowe znaczenie ma sama geometria igły, precyzja jej wykonania, pasowanie z korpusem i pozycjonowanie.

Nawet najmniejsze błędy mogą prowadzić do poważnych awarii

Tolerancje wymiarowe dla igieł dyszy wtryskiwacza są rzędu µm. Aby chronić je przed zużyciem, Vitesco Technologies korzysta z powłok BALINIT® DLC firmy Oerlikon Balzers. Powłoka jest bardzo twarda i zapewnia mniejsze tarcie. Pozwala to silnikowi rozwijać pełną moc przy mniejszym zużyciu paliwa i niższej emisji spalin. Efekt widoczny jest tylko wtedy, gdy jakość powłoki jest w 100% prawidłowa. “Nawet najmniejsze błędy produkcyjne mogą uszkodzić element współpracujący w układzie trybologicznym, a mianowicie korpus dyszy. Prowadzi to do: wycieku, większych objętości wtrysku, wyższego zużycia paliwa, a w najgorszym przypadku do całkowitej awarii systemu”, wyjaśnia Harald Schröder, kierownik ds. kluczowych klientów w Oerlikon Balzers.

© Oerlikon, Mirko Hertel Fotografie

Do tej pory jakość powierzchni powlekanych igieł była sprawdzana losowo pod skaningowym mikroskopem elektronowym (SEM) przez pracowników centrum powlekania Oerlikon Balzers w Stollberg w Niemczech. Jest to bardzo czasochłonne zadanie.

Obiektywny pomiar dzięki algorytmowi testowemu

Wraz z zakładem Vitesco Technologies w Limbach-Oberfrohna oraz firmą inżynieryjną GPP z Chemnitz, Oerlikon Balzers zainicjował nowy projekt. “Wiedzieliśmy, dokąd chcemy się udać, ale nie jak się tam dostać”, tak Harald Schröder opisuje wyzwanie. Pytanie brzmiało – jak możemy znaleźć wady powłoki w zakresie µm i obiektywnie zmierzyć ich gęstość – i to w warunkach produkcji seryjnej dla każdej igły dyszy? Celem było opracowanie w pełni zautomatyzowanego systemu, który sprawdza i wyraźnie klasyfikuje kilka tysięcy igieł każdego dnia z pomocą kamery. Po dwóch latach ścisłej współpracy, system testowy został oddany do użytku – i od tego czasu testuje pełną partię w tym samym czasie, w którym wcześniej pracownik musiał ręcznie sprawdzić sześć igieł. “System wykrywa wielkość i liczbę defektów powierzchniowych w zdefiniowanym oknie testowym. Algorytm testu oblicza na tej podstawie określony parametr. Jeśli komponent przekroczy ten limit, zostanie on odrzucony” – wyjaśnia Patrick Donner, kierownik projektu w Oerlikon Balzers w Stollbergu.

Czystość jest *be-all* i *end-all*

Na jakość powłoki – a tym samym na wskaźnik braków – wpływa czystość, zarówno samego komponentu, jak i środowiska produkcyjnego. Istotne znaczenie ma jednostka ładunkowa, która automatycznie mocuje igły w uchwytach do powlekania. Podobnie jak w przypadku zautomatyzowanej kontroli pakowania w zasobnikach transportowych, odbywa się to w pomieszczeniu czystym, które zostało zbudowane dla projektu ze względu na wysokie wymagania jakościowe. “Jesteśmy entuzjastycznie nastawieni do wyników projektu. W związku z tym możemy zrezygnować z wcześniejszych kontroli wewnętrznych. Współpraca partnerów zaangażowanych w ten projekt była wzorowa” – mówi Olaf Schulz, odpowiedzialny za zakup projektu wtryskiwacza w Vitesco Technologies. Wiedza zdobyta przez firmy podczas budowy placówki testowej jest już wykorzystywana do opracowania kolejnego projektu komponentów wtryskiwaczy o równie wymagających cechach technologicznych.

Najważniejszy jest **klient**

Więcej szczegółów:
Michal.Pieczonka@oerlikon.com
Dział PrC
www.oerlikon.com/balzers/pl

Lekki materiał mocniejszy od stali

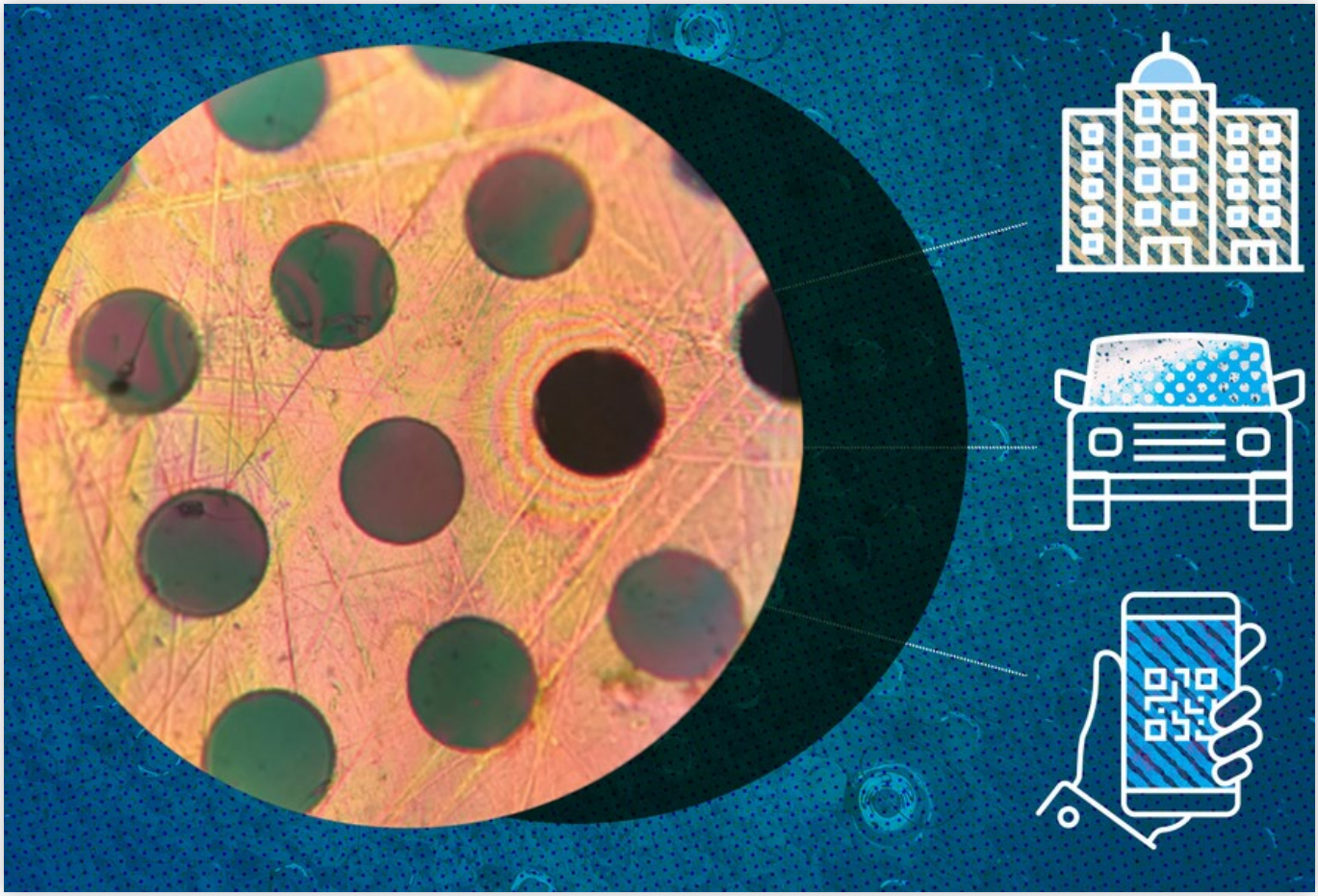
Opracowany przez naukowców z Massachusetts Institute of Technology materiał polimerowy nazwany 2DPA-1 jest efektem procesu, który jak do tej pory wydawał się niemożliwym. Spolimeryzowano materiał, którego głównym składnikiem jest melamina ułożona w dwuwymiarowe arkusze. Dotąd polimery zazwyczaj tworzyły łańcuchy.

Melamina zawiera atomy węgla i azotu ułożone w kręgu. W odpowiednich warunkach monomeryczne struktury melaminy wzrastają w dwóch wymiarach, tworząc dyski. Dyski układające się jeden nad drugim połączone są wiązaniami wodorowymi, dzięki czemu struktura jest mocna i stabilna. Materiał samoorganizuje się w roztworze i można produkować go tanio, w dużych ilościach. Wystarczy uzupełniać jego ilość.

Polimer ma zaskakujące właściwości. Jego moduł sprężystości od 4 do 6 razy przewyższa moduł szkła kuloodpornego. Posiada granicę sprężystości dwa razy większą od stali przy zaledwie 1/6 jej gęstości. Ponadto jest wodoszczelny i odporny na przenikanie gazów

Przewiduje się bardzo szeroki zakres jego zastosowań. W postaci cienkiej folii pokrywać nim można różne materiały. Może służyć np. w przemyśle lotniczym i samochodowym jako powłoka zabezpieczająca, może byś użyty w budownictwie, elektronice itp. Może być doskonale przylegającą do innego materiału powłoką zabezpieczającą przed wodą i wymianą gazową, jak również mocnym, lekkim i – jak zapewniają jego twórcy – tanim materiałem konstrukcyjnych

news.mit.edu



Próby w locie pionowzlotu ZEVA ZERO

W styczniu br. amerykańska firma ZEVA przeprowadziła pierwsze próby w locie opracowanego przez siebie pionowzlotu ZERO. Na razie loty testowe odbywają się w trybie bezzałogowym, przy użyciu zdalnego sterowania. Badane są podstawowe właściwości konstrukcji podczas startu i lądowania w pozycji pionowej.

Napędzany ośmioma silnikami elektrycznymi pionowzlot ZERO wyróżnia się niestandardowym kształtem, budzącym skojarzenia z fenomenem UFO, a swoją nazwę zawdzięcza staraniom o redukcję szkodliwych emisji w trosce o środowisko naturalne.

ZEVA ZERO, dzięki napędowi elektrycznemu, wykorzystując energię z odnawialnych bądź nuklearnych źródeł, może się pochwalić zerową emisją CO_2 podczas eksploatacji. W tym zakresie ZEVA wpisuje się popularne obecnie trendy elektromobilności. Sama konstrukcja modelu ZERO jest jednak wysoce oryginalna. W odróżnieniu od dominujących na rynku wielowirnikowców, ZEVA została zbudowana z myślą o locie poziomym z wykorzystaniem siły nośnej. Jednak w odróżnieniu od konwencjonalnych samolotów, siłą nośna nie będzie generowana przez skrzydła, tylko przez cały kadłub w kształcie dysku. Po pionowym starcie ZERO ma przechodzić do lotu poziomego i rozwijać prędkości rzędu 260 km/h na dystansie do 80 km.

Wymiary ZEVA ZERO mają być na tyle niewielkie, by umożliwić parkowanie pionowzlotu na standardowych miejscach postojowych dla samochodów, np. przy stacjach ładowania aut elektrycznych; a jednocześnie na tyle duże, by pomieścić pilota. Osoba podróżująca modelem ZERO będzie znajdować się w pozycji stojącej podczas startu i lądowania, a podczas lotu w pozycji leżącej. Przeszklony segment kadłuba podczas lotu poziomego ma zapewniać widoczność do przodu i w dół. Trudno powiedzieć, czy ZEVA ZERO w takiej konfiguracji sprawdzi się jako osobisty środek transportu powietrznego, czy raczej zapewni niezapomniane przeżycia amatorom mocnych wrażeń.

zevaaero.com

Włókno akumulatorem

W Massachusetts Institute of Technology opracowano akumulator litowo-jonowy mający postać elastycznego włókna. Zespół kierowany przez Turala Khudireva, pracującego na co dzień na uniwersytecie singapurskim, prof. Jung Tae Lee z uniwersytetu Kyung Hee i Beniamina Grena z Apple, zaprezentował 140-metrowe włókno będące elastycznym akumulatorem, który można tkać i umieszczać w tekstyliach, np. w odzieży, drukować w struktury 3D, jak również stosować do budowy nośnych elementów konstrukcyjnych.

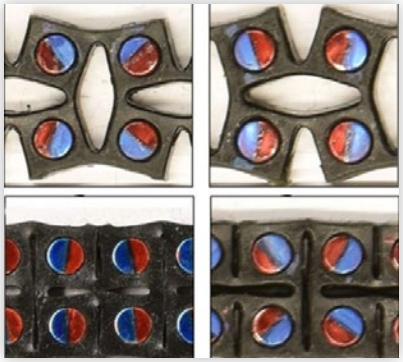
Wcześniej naukowcy zbudowali podobne włókna zawierające różne elementy elektroniczne, np. diody LED czy fotoczujniki. Wymagały one jednak oddzielnego zasilania. Elastyczny akumulator jest uzupełnieniem poprzednich wynalazków. Jeden z komentatorów prezentacji stwierdził, że w ostatnich latach tak skoncentrowano się na magazynowaniu energii w elektrowniach i samochodach elektrycznych, że zaniedbano urządzenia o niskim poborze energii, takie jak np. telefony. Elastyczne włókna pełniące rolę akumulatora mogą zmienić zasilanie wielu małych urządzeń.

W akumulatorze zastosowano tzw. żele akumulatorowe i standardowe ciągnienie włókien z rozgrzanego walca. Warstwa litu znajduje się wewnątrz włókna. Jest ono wodo- i ognioodporne. Może również mieć dowolną długość, nawet kilku kilometrów. Prezentowany 140-metrowy odcinek ma pojemność 123 miliamperogodzin.

news.mit.edu

Materiał pochłaniający i uwalniający duże ilości energii

Naukowcy z University of Massachusetts Amherst zaprezentowali niedawno opracowany, podobny do gumy materiał. Pochłania on ogromne ilości energii, którą potrafi również uwolnić. Do tego materiał można programować przy pomocy magnesów.



Porównano go do zwykłej gumki, która naciągnięta i puszczona potrafi przelecieć przez pokój. Gdyby wykonano ją z nowego materiału przeleciałaby co najmniej milę. Elastomagnetyczny materiał wykorzystuje energię tzw. przesunięć fazowych. Dobrym przykładem jest woda. Każda zmiana jej stanu skupienia od stałego, poprzez ciekły, po gazowy jest przesunięciem fazowym, które wyzwala energię. Niestety bardzo trudno ją odzyskać. W przypadku nowego materiału to się udało.

– Aby wzmocnić strukturę lub absorbcję energii, trzeba opracować nową strukturę na poziomie molekularnym, a nawet atomowym. Trudno to zrobić w przewidywalny sposób... Nam się udało. Wytworzyliśmy nie tylko nowe materiały ale opracowaliśmy algorytmy projektowe... Nasz metamateriał robi to, czego od niego oczekujemy. Pochłania energię lub ją uwalnia – opowiada szef projektu, prof. Alfred Crosby.

umass.edu

Bezprzewodowe ładowanie w każdym miejscu

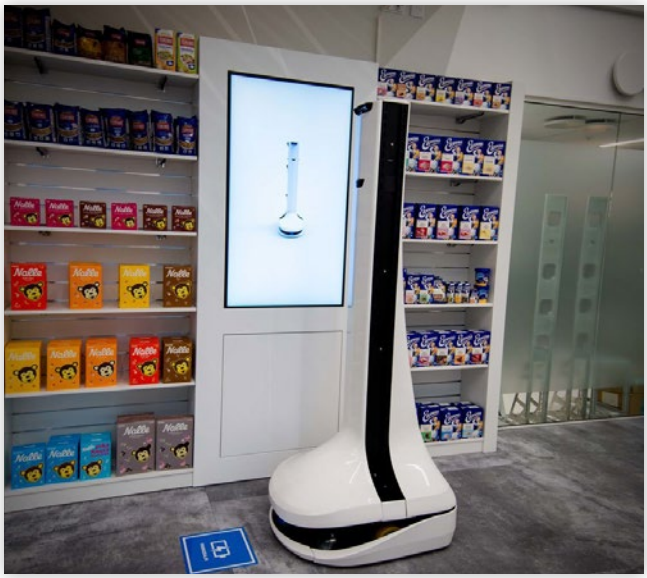
Bezprzewodowe ładowanie urządzeń zasilanych elektrycznie nie jest nowością. Nierozwiązanym dotąd problemem jest ładowanie w dowolnym miejscu na dużym obszarze.

Z jednej strony duży nadajnik generuje wysokie pola magnetyczne i nie zapewnia kontroli przepływu prądu do urządzenia odbiorczego. Z drugiej strony małe nadajniki muszą znać pozycję odbiorników.

Naukowcy z Uniwersytetu Aalto rozwiązali ten problem. Ułożyli nadajniki w siatce pokrywającej założony obszar. W sąsiednich nadajnikach prąd płynie odwrotnie. Można to porównać do szachownicy, w której np. pola ciemne są dodatnie a jasne ujemne. Cewki nadawcze generują przepływ magnetyczny pomiędzy nimi. Odbiornik umieszczony nad siatką wychwytuje strumień magnetyczny, który generuje prąd ładowania. Ułożenie nadajników tworzy obszar ładowania o stałej wydajności i mocy. Nadajniki „szukają" odbiornika.

Technologia została przetestowana na robotach magazynowych i jest gotowa do wprowadzenia. Może znaleźć wiele zastosowań nie tylko w robotyce, lecz np. do ładowania urządzeń gospodarstwa domowego, telefonów itp.

aalto.fi



Precyzyjne chwytaki inspirowane Kirigami

Inżynierowie z North Carolina State University zademonstrowali bardzo precyzyjne chwytaki dla robotów, które są w stanie bez najmniejszych uszkodzeń przemieścić bardzo delikatne przedmioty. Podczas prezentacji bez najmniejszych uszkodzeń unosiły żółtko jajka. Chwytaki sprawdzają się także w manipulowaniu bardzo niewielkimi obiektami. Są w stanie np. chwytać pojedyncze włosy ludzkie.

Chwytaki zbudowano wzorując się na tradycyjnej japońskiej technice Kirigami polegającej na cięciu i formowaniu arkuszy 2D w struktury 3D.

Opracowano technikę polegającą na nacinaniu równoległych szczelin w arkuszu 2D. Granicą jest kształt materiału. On również określa kształt budowanego chwytaka. Przykładowo okrągły arkusz 2D tworzy sferyczną formę 3D. Kształt arkusza 2D można łatwo dopasować do kształtu przedmiotu, który będzie przenoszony przez robota. W przeciwieństwie do konwencjonalnych chwytaków, które wywierają miejscowy nacisk na przenoszony przedmiot, prezentowane chwytaki obejmują go jak niczym dłoń, wywierając minimalny nacisk na jego powierzchnię. To pozornie proste rozwiązanie wywołało wielkie zainteresowanie wśród naukowców zajmujących tzw. miękką robotyką jak również robotyką biomedyczną.

news.ncsu.edu

SPRAWDZIANY kontrolne

Kontrola wymiarowa wyrobów jest nieodłącznie związana z każdą produkcją. W zależności od rodzaju i wielkości produkcji zmieniają się jedynie stosowane środki miernicze. Obecnie używanych jest mnóstwo różnych środków mierniczych, poczynając od prostych przymiarów do skomplikowanych systemów kontrolnych wykorzystujących najnowsze zdobycze techniki i nauki. Jednak wszystkie one podlegają znanemu i od dawna stosowanemu podziałowi na narzędzia do mierzenia i narzędzia do sprawdzania.

Aleksander Łukomski

Narzędzia do mierzenia pozwalają na określenie rzeczywistych wymiarów wyrobów, a narzędzia do sprawdzania służą jedynie do stwierdzenia czy rzeczywisty wymiar sprawdzanego wyrobu znajduje się w założonych i dopuszczalnych granicach. Wybór rodzaju narzędzia do mierzenia uzależniony jest od wielkości założonej tolerancji wyrobu, natomiast wybór rodzaju narzędzia do sprawdzania uzależniony jest na ogół od wielkości produkcji. W zależności od wielkości produkcji narzędzia do sprawdzania występują jako sprawdziany pojedyncze lub grupowe – w postaci stołów pomiarowych lub skomplikowanych przyrządów pomiarowych, które umożliwiają sprawdzenie jednocześnie kilku lub nawet kilkudziesięciu wymiarów, co znacząco skraca czasy pomocnicze i robocze sprawdzania. W najbardziej skomplikowanych przyrządach sprawdzających stosuje się czujniki mechaniczne, elektryczne i optyczno-elektroniczne lub też pneumatyczne. W zależności od zastosowanych czujników wyniki sprawdzania mogą być odczytywane bezpośrednio ze skal czujników albo oceniane poprzez sygnalizację świetlną, akustyczną, wibracyjną, czy też w produkcji wielkoseryjnej dużych i skomplikowanych wyrobów – w programach komputerowych, w postaci odpowiednich, zaprogramowanych raportów. W produkcji wielkoseryjnej i masowej stosuje się całkowitą automatyzację wszelkich czynności kontrolnych, uzyskując skrócenie czasów pomocniczych i roboczych do minimum. W kontroli międzyoperacyjnej dąży się do stosowania przyrządów do sprawdzania w ruchu, gdzie czas kontroli mieści się w rytmie linii produkcyjnej. Pomimo osiągnięcia obecnie dużego stopnia mechanizacji i automatyzacji kontroli, tradycyjne sprawdziany nadal odgrywają znaczącą rolę w zakresie sprawdzania wymiarowego produkowanych wyrobów.

Sprawdziany dzielą się na sprawdziany wymiaru, kształtu i działania. Podział ten dotyczy zarówno sprawdzianów normalnych, jak i specjalnych. Sprawdziany wymiaru dzielą się na sprawdziany wymiarów zewnętrznych, wewnętrznych i mieszanych. Dotyczy to wymiarów długości i położenia otworów. Sprawdziany kształtu dotyczą sprawdzania kątów, stożków, łuków, gwintów itp. Sprawdziany działania to takie, których wymiary robocze określa się wychodząc z granicznych wymiarów przedmiotu i przedmiotów z nim współpracujących.

Ponadto rozróżnia się sprawdziany stałe – przeznaczone do sprawdzania określonego wymiaru i sprawdziany nastawne – nastawiane na żądane wymiary w pewnym zakresie.

Sprawdziany mogą być jednograniczne lub dwugraniczne. Przeznaczone do sprawdzania jednej granicznej wartości wymiaru (największej lub najmniejszej) są nazywane jednogranicznymi, np. tłoczek do sprawdzania najmniejszego wymiaru otworu albo szczęka do sprawdzania największego wymiaru wałka. Sprawdziany dwugraniczne to np. takie wykonane w postaci tłoczków zamocowanych na końcach rękojeści lub dwustronnych szczęk; umożliwiają one sprawdzanie czy wymiar wykonanego przedmiotu znajduje się w przewidzianych dla niego granicach. Każdy sprawdzian dwugraniczny ma stronę przechodnią i nieprzechodnią. I tak tłoczek strony przechodniej powinien wchodzić do otworu, a szczęka powinna obejmować przedmiot; natomiast element roboczy strony nieprzechodniej sprawdzianu nie powinien wchodzić w przedmiot ani też obejmować go. Podczas sprawdzania otworów tłoczek dłuższy powinien wchodzić do otworu pod wpływem własnego ciężaru, bez użycia siły. Jest on wykonany wg dolnego wymiaru otworu i oznacza się go symbolem Sp (strona przechodnia). Tłoczek krótszy, na drugim końcu sprawdzianu, nie powinien wchodzić do otworu, gdyż jest wykonany wg wymiaru górnego i oznacza się go symbolem Sn (strona nieprzechodnia).

Jest wiele różnych rodzajów i typów sprawdzianów, od prostych sprawdzianów do otworów, trzpieniowych z tłoczkami przechodnimi i nieprzechodnimi, sprawdzianów do wałków pierścieniowych i szczękowych, sprawdzianów do połączeń wielowypustowych, do wszelkich gwintów, do stożków, do sprawdzania położenia otworów, do wymiarów mieszanych – np. krawędziowe i wiele innych.

Sprawdziany mogą być bezpośrednie i pośrednie. Bezpośrednie to takie, gdzie sprawdzanie odbywa się z użyciem sprawdzianu wzrokowo bądź dotykowo palcem.

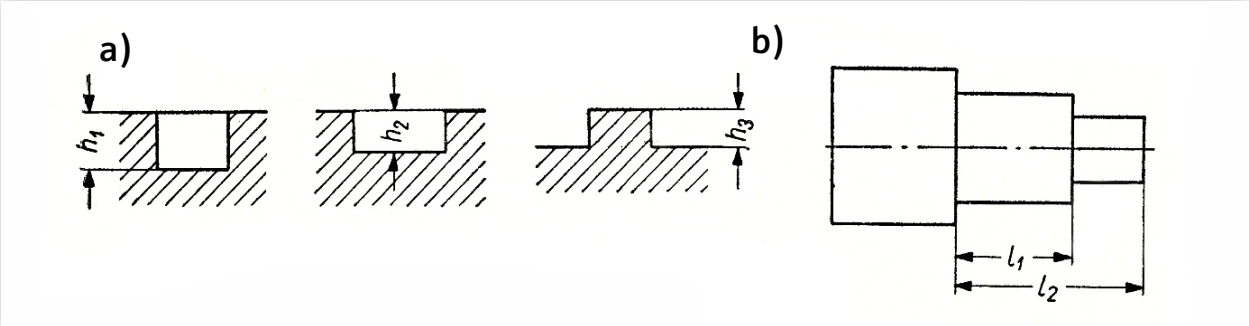
Fot. 1 Sprawdzian szczękowy nastawny o wymiarach 10-15 mm umożliwiający pomiary typu przechodni/nieprzechodni. Urządzenie ma jedną powierzchnię pomiarową nieruchomą oraz dwie czworokątne powierzchnie pomiarowe nastawne

Fot. 2 Sprawdzian dwugraniczny do otworów. Dłuższy tłoczek: Sp – strona przechodnia, tłoczek krótszy: Sn – strona nieprzechodnia

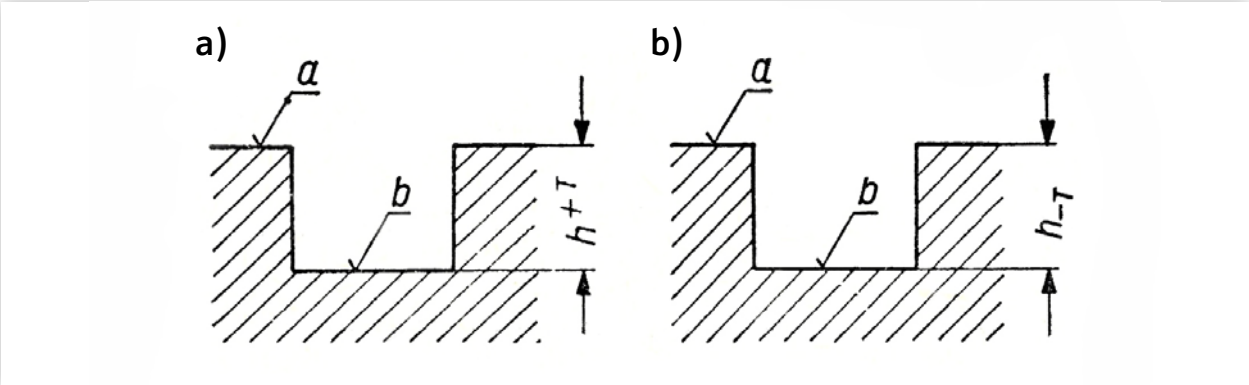
Z kolei pośrednie to takie, gdzie oprócz sprawdzianu konieczne jest użycie np. liniału krawędziowego. Ocena polega wówczas na ocenie szczeliny świetlnej pomiędzy liniałem opartym o krawędzie sprawdzianu i przedmiotu sprawdzanego.

Ze sprawdzianami związane są też przeciwsprawdziany, które służą głównie do oceny zużycia sprawdzianu, ale niekiedy są też pomocne przy wykonaniu sprawdzianu.

Dla wielu typowych (normalnych) sprawdzianów stworzono normy, które ustalają wielkość i położenie pól tolerancji, tolerancje kształtu i wzory do obliczania wymiarów sprawdzianów, a przede wszystkim sposób oznaczania i oznakowania sprawdzianów.



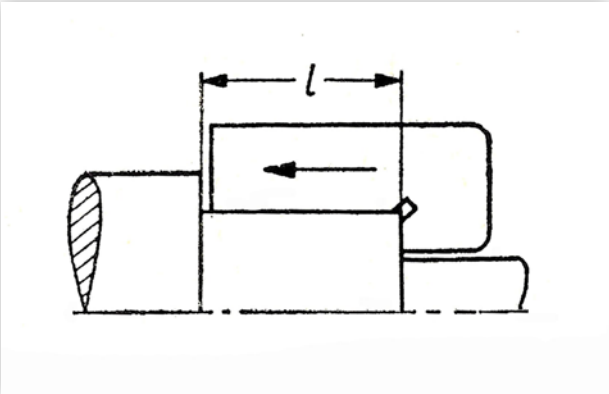
Rys. 1 Przykłady wymiarów mieszanych



Rys. 2 Tolerowanie głębokości wgłębienia w zależności od kolejności wykańczania powierzchni: a) – jako pierwszej *a*, b) – jako pierwszej powierzchni *b*

Wielu producentów oferuje sprawdziany wg norm do podstawowych otworów, wałków i gwintów. Inne należy zamawiać w wyspecjalizowanych narzędziowniach lub wykonać we własnym zakresie, gdy posiada się odpowiednio dokładne obrabiarki i doświadczonych narzędziowców i pomiarowców. W dalszej części artykułu omówimy skrótowo sprawdziany wymiarów mieszanych, które w zasadzie zawsze wykonywane są jako specjalne.

Wymiarami mieszanymi nazywa się wymiary głębokości wgłębień, wysokości występów, długości poszczególnych odcinków wałków stopniowych itp. (Rys. 1).



Rys. 3 Sprawdzian mieszany dostawny

Przy tolerowaniu tych wymiarów obowiązuje zasada tolerowania w głąb materiału (Rys. 2). Zależnie od kolejności wykańczania wgłębienia toleruje się poszczególne powierzchnie. Gdy jako pierwsza jest wykańczana powierzchnia *a* to przy wykańczaniu powierzchni *b* tolerowanie głębokości wgłębienia w głąb materiału osiąga się przez tolerowanie na plus. Na minus należy tolerować głębokość wgłębienia w głąb materiału w przypadku odwrócenia kolejności wykonywania poszczególnych powierzchni. W obu wypadkach sposób wymiarowania ma wpływ na obliczenie sprawdzianów międzyoperacyjnych, gdyż należy tu uwzględnić zapasy materiału na dalszą obróbkę. Przy wykonywaniu sprawdzianów do kontroli ostatecznej nie ma to znaczenia.

Sprawdziany do wymiarów mieszanych dzieli się na: dostawne, dosuwne i krawędziowe. Sprawdziany dostawne dostawiane są do sprawdzanego detalu w kierunku sprawdzanego wymiaru. Wykonywane są bądź jako różnicowe – dwugraniczne lub jako oddzielne sprawdziany przechodnie i nieprzechodnie, obliczone dla górnych i dolnych wymiarów.

invenio

WWW.INVENIO.PL

SPECJALIŚCI INVENIO POSIADAJĄ DUŻE DOŚWIADCZENIE ZWIĄZANE Z ZAGADNIENIAMI DOTYCZĄCYMI PROJEKTOWANIA, EKSPLOATACJI, KONSTRUOWANIA I WYTWARZANIA MASZYN CZY STANOWISK MONTAŻOWYCH, JAK RÓWNIEŻ W OPRACOWYWANIU ORAZ WYTWARZANIU PRZYRZĄDÓW I UCHWYTÓW NIEZBĘDNYCH W RÓŻNORODNYCH PROCESACH PRODUKCYJNYCH. DZIĘKI NASZEMU WSPARCIU, PRZEDSIĘBIORSTWA LEPIEJ GOSPODARUJĄ SWOIMI ZASOBAMI, ZYSKUJĄC LEPSZĄ EFEKTYWNOŚĆ I REDUKUJĄC LICZBĘ PROBLEMÓW WYSTĘPUJĄCYCH W PROCESIE PRODUKCJI.

PROJEKTOWANIE CAD

LABORATORIUM POMIAROWE

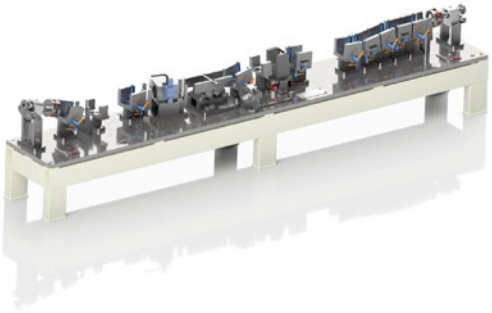
OBRÓBKA SKRAWANIEM CNC

SPRAWDZIANY I OPRZYRZĄDOWANIE PRODUKCYJNE

STANOWISKA MONTAŻOWE

SPRAWDZIANY KONTROLNE

JEDNĄ ZE SPECJALNOŚCI FIRMY INVENIO JEST PROJEKTOWANIE I WYTWARZANIE SPRAWDZIANÓW KONTROLNYCH. SĄ TO SPRAWDZIANY TYPU DOBRE / NIEDOBRE (GO / NO-GO) UMOŻLIWIAJĄCE SZYBKĄ OCENĘ WŁASNOŚCI GEOMETRYCZNYCH LUB ISTOTNYCH FUNKCJI PRODUKTU.



OPRZYRZĄDOWANIE PRODUKCYJNE

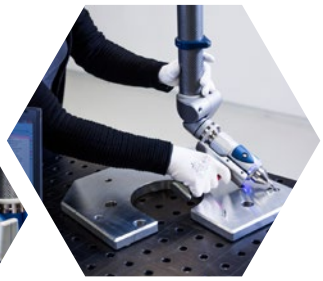
POSIADAMY BOGATE DOŚWIADCZENIE W ZAKRESIE PROJEKTOWANIA I PRODUKCJI SPECJALISTYCZNEGO OPRZYRZĄDOWANIA PRODUKCYJNEGO.

NASZYM KLIENTOM DOSTARCZAMY DEDYKOWANE ROZWIĄZANIA POD KONKRETNE PROBLEMY, USPRAWNIAJĄC I OPTYMALIZUJĄC ICH PROCESY PRODUKCYJNE.

REVERSE ENGINEERING

W OPARCIU O BOGATĄ WIEDZĘ INŻYNIERSKĄ ORAZ DOŚWIADCZENIE ZDOBYTE W PRZEMYŚLE, REALIZUJEMY POMIARY POTRZEBNE DO ODTWORZENIA BRAKUJĄCEJ DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ CAD 2D I 3D.

DZIĘKI NASZYM POMIAROM TWORZYMY TRÓJWYMIAROWE ŚRODOWISKO CAD POTRZEBNE DO DALSZYCH PRAC PROJEKTOWYCH NP. PRZY REMONTACH I MODERNIZACJI MASZYN.



OBRÓBKA SKRAWANIEM

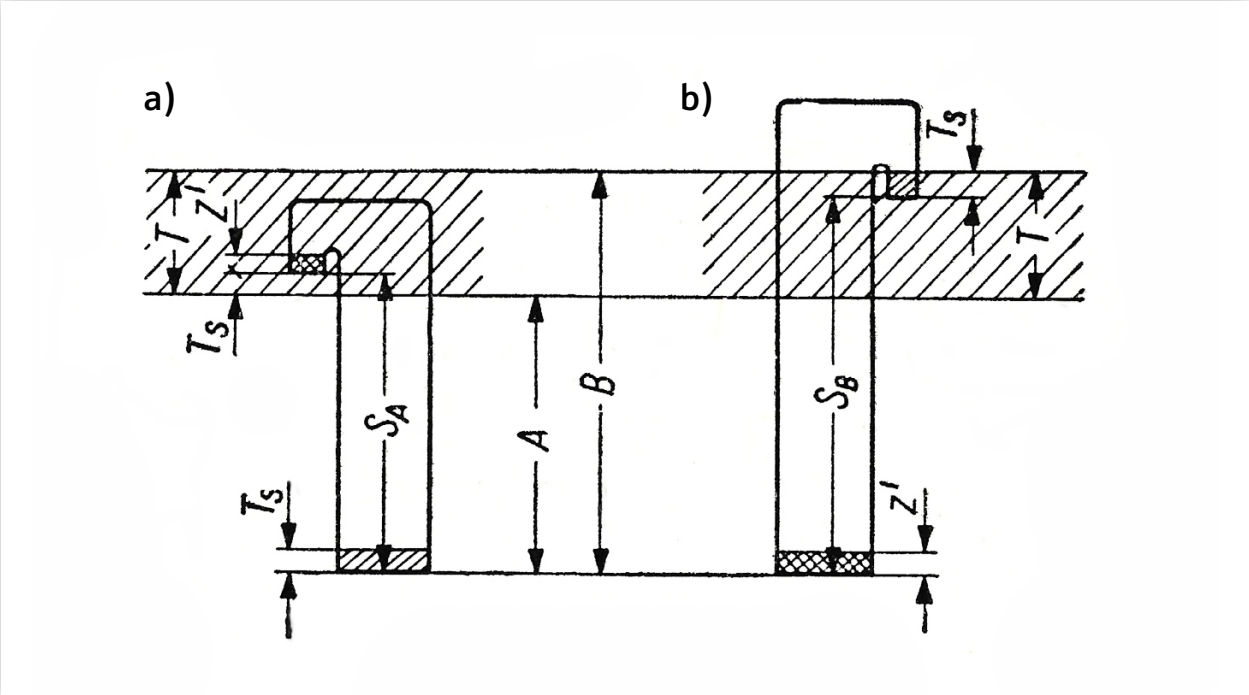
DZIĘKI WYKORZYSTANIU NOWOCZESNEGO PARKU MASZYNOWEGO ORAZ WYKWALIFIKOWANEJ KADRY SPECJALISTÓW, JESTEŚMY W STANIE WDROŻYĆ DO PRODUKCJI I WYKONAĆ WSZYSTKIE NASZE PROJEKTY, TAK ABY DOSTARCZAĆ KLIENTOM NAJWYŻSZEJ JAKOŚCI KOMPLEKSOWE ROZWIĄZANIA.

NASZ PARK MASZYNOWY WYPOSAŻONY JEST W PRECYZYJNE OBRABIARKI FIRMY FOP AVIA (TOKARKI ORAZ PIONOWE CENTRA FREZARSKIE), KTÓRE WSPÓŁPRACUJĄ Z WYSOKIEJ KLASY OPROGRAMOWANIEM WSPOMAGAJĄCYM WYTWARZANIE

INVENIO SP. Z O.O.
WYDZIAŁ MECHANICZNY I LABORATORIUM POMIAROWE
UL. MONTAŻOWA 3B | 43-300 BIELSKO-BIAŁA

BARTOSZ KISER
+48 790 370 800
BKISER@INVENIO.PL

ARTUR LASZCZAK
+48 662 083 174
ALASZCZAK@INVENIO.PL



Rys. 4 Rozkład pól tolerancji sprawdzianów dostawnych: a) – dla dolnego wymiaru granicznego, b) – dla górnego wymiaru granicznego. Tok obliczania poniżej

W sprawdzianach dostawnych, tak jak we wszelkich innych sprawdzianach, przyjmuje się zapas na ich zużycie. Należy tu zaznaczyć, że zużywanie się sprawdzianów dostawnych nie powoduje braków w produkcji, a jedynie stopniowe zawężanie pola tolerancji, a więc wpływa na stopniowe podrożenie produkcji.

Sprawdziany mieszane dosuwne dosuwane są do sprawdzanego detalu w kierunku prostopadłym do sprawdzanego wymiaru. Występują jako dosuwne wewnętrzne lub zewnętrzne. Pozostałe elementy charakterystyczne są takie jak w sprawdzianach dostawnych.

Sprawdziany krawędziowe pojedyncze w zasadzie nie różnią się wyglądem od pojedynczych sprawdzianów wymiarów wewnętrznych, zewnętrznych i mieszanych. Natomiast ich konstrukcja oraz sposoby sprawdzania zależą przede wszystkim od wielkości pola tolerancji wymiaru sprawdzanego. Robocze wymiary sprawdzianu mieszanego dostawnego przechodniego można określić z poniżej podanych zależności. Rozkład pól tolerancji przedstawiony jest na rysunku 4.

Przyjmując oznaczenia z rysunku dla sprawdzianu mieszanego przechodniego dla dolnego wymiaru granicznego mamy:

$$S_A = (A + T_S)_{-T_S}$$

gdzie:
A – dolny sprawdzany wymiar graniczny
T_S – tolerancja wykonania sprawdzianu

oraz granica zużycia sprawdzianu:

$$G_{ZA} = S_A + Z`$$

gdzie:
Z` – zapas na zużycie

Dla górnego wymiaru granicznego tj. sprawdzianu nieprzechodniego:

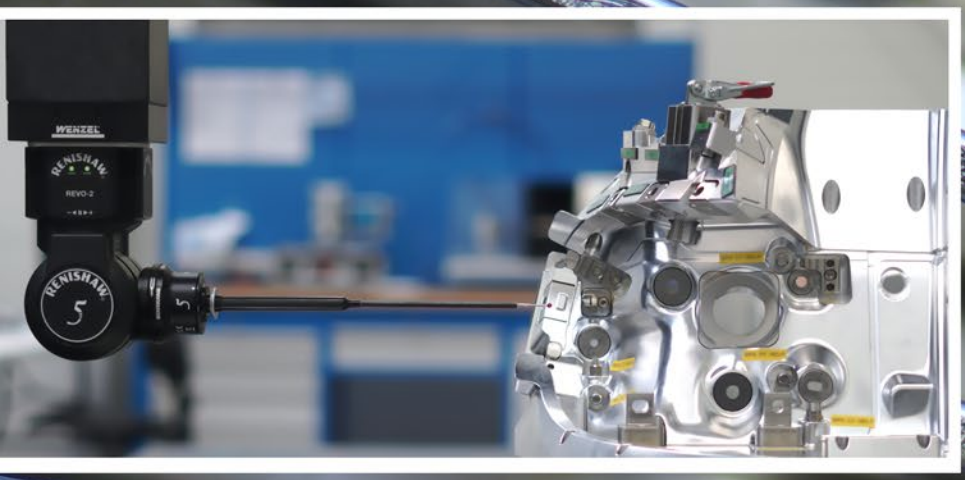
$$S_B = (B - T_S)^{+T_S}$$

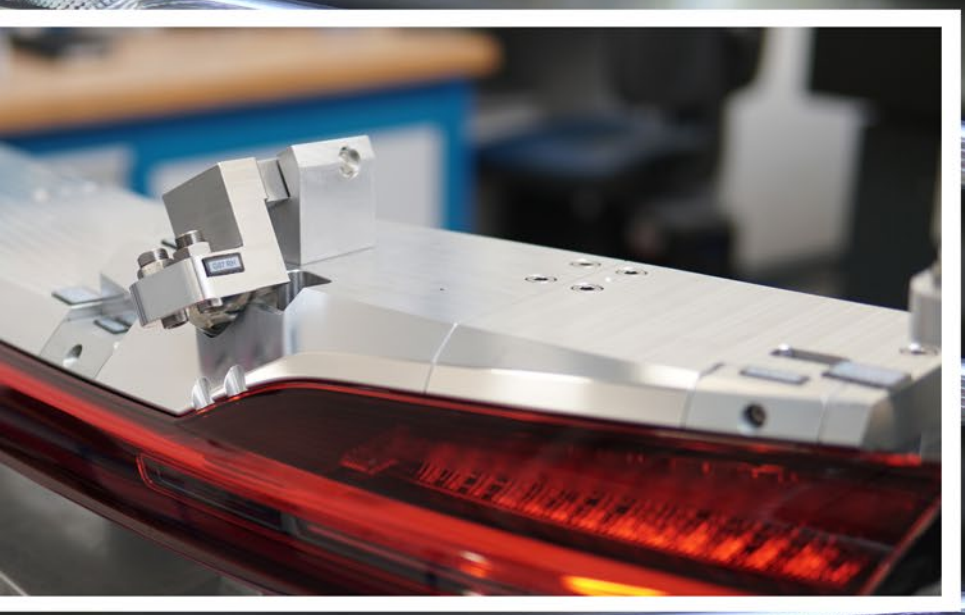
gdzie:
B – górny sprawdzany wymiar graniczny
T_S – tolerancja wykonania sprawdzianu

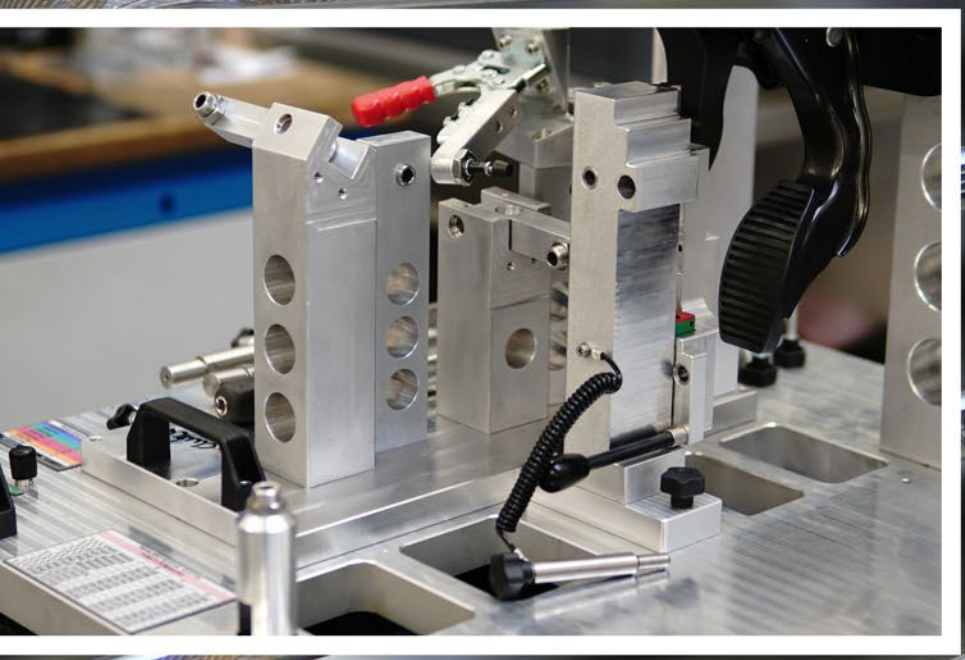
oraz granica zużycia sprawdzianu:

$$G_{ZB} = S_B - Z`$$

Tolerancje wykonania sprawdzianów i zapasów materiału na zużycie przyjmuje się z odpowiednich tabel lub doświadczalnie. Na ogół sprawdziany wykonywane są w 3-5 klasie dokładności.

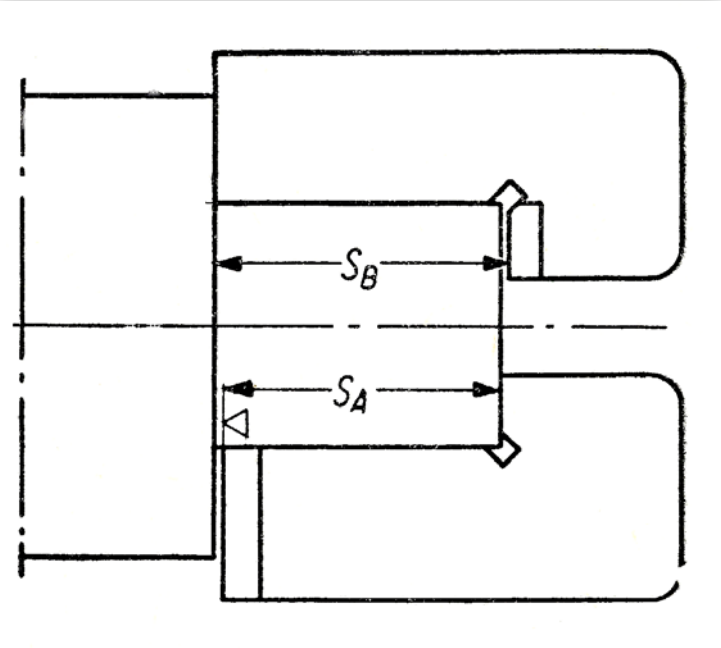






Producent precyzyjnych sprawdzianów i przyrządów pomiarowych

www.ggtech.com.pl



Rys. 6 Sprawdzian dostawny przechodni Sp i nieprzechodni Sn

Przykład obliczeń

Obliczyć wymiary sprawdzianów mieszanych (wykonanych i użytych wg rysunku 6) do długości stopnia wałka stopniowego

$$l = 50^{+0,5}_{-0,5}\ \text{mm}$$

Wymiary graniczne wynoszą:

A = 49,5 mm
B = 50,5 mm

Tolerancja wykonania wymiaru odpowiada klasie IT15:

T = 1,00 mm

Z tabeli 1 (na stronie 22) dla zakresu wymiarów 30-50 mm i klasy dokładności IT15 odczytujemy tolerancję wykonania sprawdzianów:

T_S = 0,062 mm

oraz zapas na zużycie:

Z = 0,062 mm

w przypadku jednostronnego zużywania sprawdzianu dostawnego do obliczeń przyjmujemy zapas:

Z` = 0,5 · Z = 0,032 mm

Opierając się na rozkładzie pól tolerancji sprawdzianów dostawnych i poprzednio wyprowadzonych wzorach można określić wymiary sprawdzianów odpowiadające dolnemu sprawdzanemu wymiarowi granicznemu:

$S_A = (A+T_S)_{-Ts} = (49,5+0,062)_{-0,062} = 49,562_{-0,062}$

oraz górnemu sprawdzanemu wymiarowi granicznemu:

$S_B = (B-T_S)^{+Ts} = (50,5-0,062)^{+0,062} = 50,438^{+0,062}$

granice zużycia obu stron sprawdzianów będą odpowiednio:

$G_{ZA} = S_A + Z` = 49,562 + 0,032 = 49,594$
$G_{ZB} = S_B - Z` = 50,438 - 0,032 = 50,406$

Dla danej wielkości wymiaru sprawdzanego określa się grubość blachy na sprawdziany g = 4 mm i wychodząc z grubości blachy ustala się szerokości zwężonych powierzchni mierniczych f = 0,08 mm.

...

Dla sprawdzianów mieszanych dosuwnych i krawędziowych przeprowadza się podobne analizy i obliczenia.

W podręcznikach jest wiele wzorów do obliczania sprawdzianów, a w internecie można też znaleźć kalkulatory do obliczania sprawdzianów, zwłaszcza tych typowych. Obliczenia te jednak dla niektórych sprawdzianów mogą być skomplikowane, np. do sprawdzania stożków. Pojedyncze stożki mierzy się za pomocą dwóch wałeczków umieszczanych w dwóch punktach stożka, a sprawdziany wykonuje się dla produkcji seryjnej.

Należy wspomnieć o sprawdzianach do gwintów metrycznych i stożkowych. Konstruowanie sprawdzianów do gwintów nie jest łatwe. Jednak dla wielu gwintów można takie sprawdziany kupić.

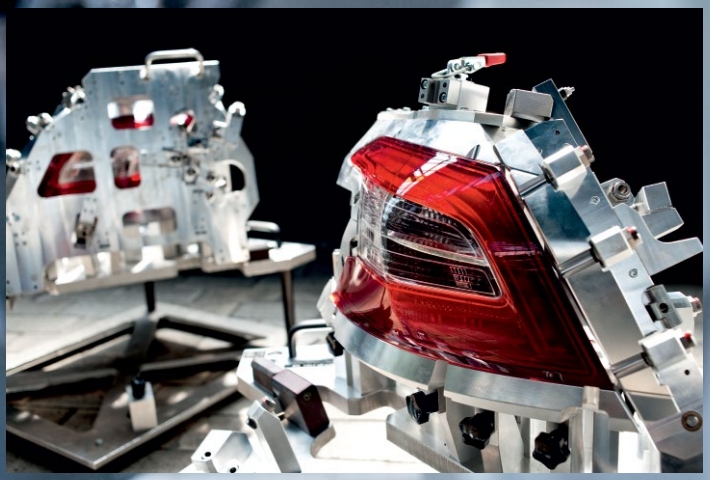
Sprawdziany do gwintów stożkowych są dosyć skomplikowane, zwłaszcza z powodu wymaganej szczelności tych gwintów przy zastosowaniu ich w hydraulice siłowej, gdzie tylko gwint uszczelnia połączenie. Nie używa się żadnych pierścieni uszczelniających, a ciśnienia są często wysokie, nierzadko znacznie powyżej 500 bar.

Do kontroli ostatecznej korzysta się często z przyrządów kontrolnych ze sprawdzianami normalnymi lub specjalnymi. Do kontroli gwintów używane są też przyrządy ze zmechanizowanym ruchem obrotowym, co eliminuje pracochłonną czynność nakręcania i wykręcania nakrętki na końce sprawdzianu normalnego.

BOSMAL®
Badania i Rozwój

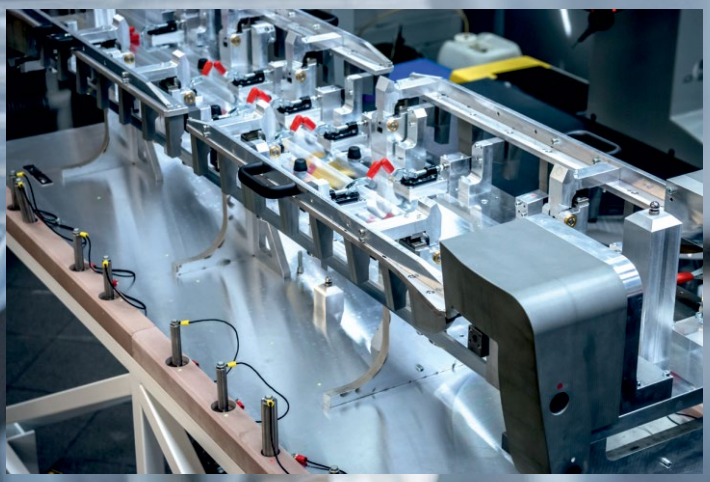
kontrolne sprawdziany przemysłowe

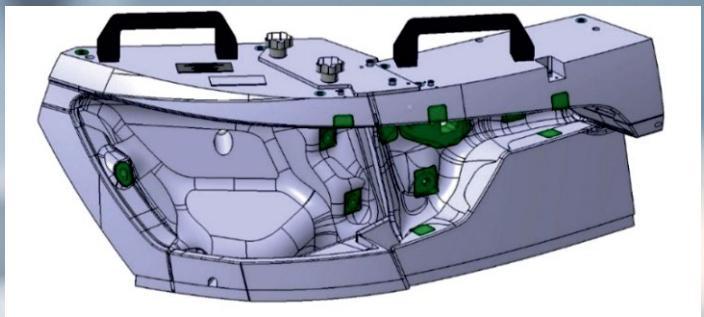
- sprawdziany i szablony (2D i 3D), stosowane bezpośrednio na liniach produkcyjnych, jak również w laboratoriach pomiarowych
- wyposażenie technologiczne linii produkcyjnych
- pomoce warsztatowe
- makiety, prototypy



sprawdziany stosowane do kontroli:

- uszczelek
- foteli
- dywaników, izolacji, półek tylnych (szablony kontrolne)
- lamp samochodowych
- lusterek i innych wyrobów





zautomatyzowane stanowiska pomiarowe i produkcyjne „pod klucz”

Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o.
www.bosmal.com.pl businessdevelopment@bosmal.com.pl

Wymiar		Tole-rancja	Klasy dokładności wykonania przedmiotu									
ponad	do		IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
mm			mm									
1	3	T	—	0,014	0,025	0,040	0,060	0,09	0,14	0,25	0,40	0,60
		T_p	—	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,007	0,007	0,009
		T_s	—	0,004	0,004	0,005	0,007	0,007	0,009	0,014	0,025	0,040
		Z	—	0,004	0,004	0,006	0,008	0,008	0,011	0,016	0,025	0,040
3	6	T	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75
		T_p	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,008	0,008	0,012
		T_s	0,003	0,004	0,004	0,005	0,008	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048
		Z	0,003	0,005	0,005	0,007	0,010	0,010	0,013	0,019	0,030	0,047
6	10	T	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90
		T_p	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,006	0,009	0,009	0,015
		T_s	0,003	0,004	0,004	0,006	0,009	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058
		Z	0,003	0,005	0,005	0,008	0,011	0,011	0,015	0,023	0,034	0,057
10	18	T	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10
		T_p	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005	0,005	0,008	0,011	0,011	0,018
		T_s	0,003	0,005	0,005	0,008	0,011	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070
		Z	0,004	0,007	0,007	0,009	0,013	0,013	0,019	0,028	0,042	0,070
18	30	T	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30
		T_p	0,002	0,004	0,004	0,004	0,006	0,006	0,009	0,013	0,013	0,021
		T_s	0,004	0,006	0,006	0,009	0,013	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084
		Z	0,005	0,008	0,008	0,010	0,015	0,015	0,022	0,032	0,053	0,086
30	50	T	0,025	0,039	0,062	0,100	1,160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60
		T_p	0,003	0,004	0,004	0,004	0,007	0,007	0,011	0,016	0,016	0,025
		T_s	0,004	0,007	0,007	0,011	0,016	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100
		Z	0,006	0,009	0,009	0,012	0,017	0,017	0,025	0,041	0,063	0,100
50	80	T	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90
		T_p	0,003	0,005	0,005	0,005	0,008	0,008	0,013	0,019	0,019	0,030
		T_s	0,005	0,008	0,008	0,013	0,019	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120
		Z	0,006	0,011	0,011	0,014	0,019	0,019	0,030	0,044	0,076	0,120
80	120	T	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20
		T_p	0,004	0,006	0,006	0,006	0,010	0,010	0,015	0,022	0,022	0,035
		T_s	0,006	0,010	0,010	0,015	0,022	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140
		Z	0,008	0,012	0,012	0,016	0,022	0,022	0,035	0,056	0,088	0,140

Tab. 1 Klasy dokładności wykonania produktu

We wcześniejszych artykułach naszego magazynu opisywaliśmy różne nowoczesne, też zautomatyzowane przyrządy pomiarowe.

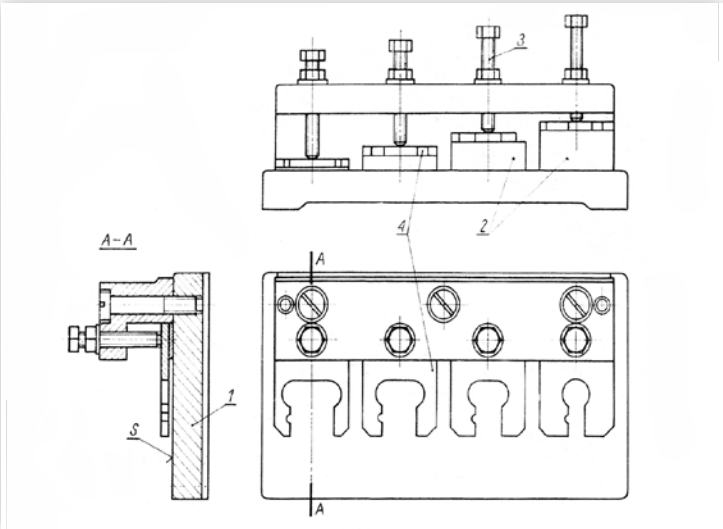
Doświadczalnie ustalono jak mechanizacja i automatyzacja pomiarów skraca czas pomiaru przy jednoczesnej eliminacji popełnienia błędów przez kontrolera.

Rys. 7 Nowoczesny, zautomatyzowany przyrząd pomiarowy – PERCEPTRON, szerzej opisany w wydaniu Maj/Czerwiec 2021 Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich; fot. TASKOPROJEKT

RODZAJ NARZĘDZIA POMIAROWEGO	LICZBA POMIARÓW W GODZINIE
mikrometr	90
sprawdzian szczękowy dwugraniczny	300
przyrząd specjalny z jednym czujnikiem zegarowym	400
przyrząd z dwoma czujnikami i elektryczną sygnalizacją	1000
automat sprawdzający	1500-3600

Tab. 2 Orientacyjna liczba pomiarów w godzinie w zależności od rodzaju narzędzia pomiarowego i sprawdzającego

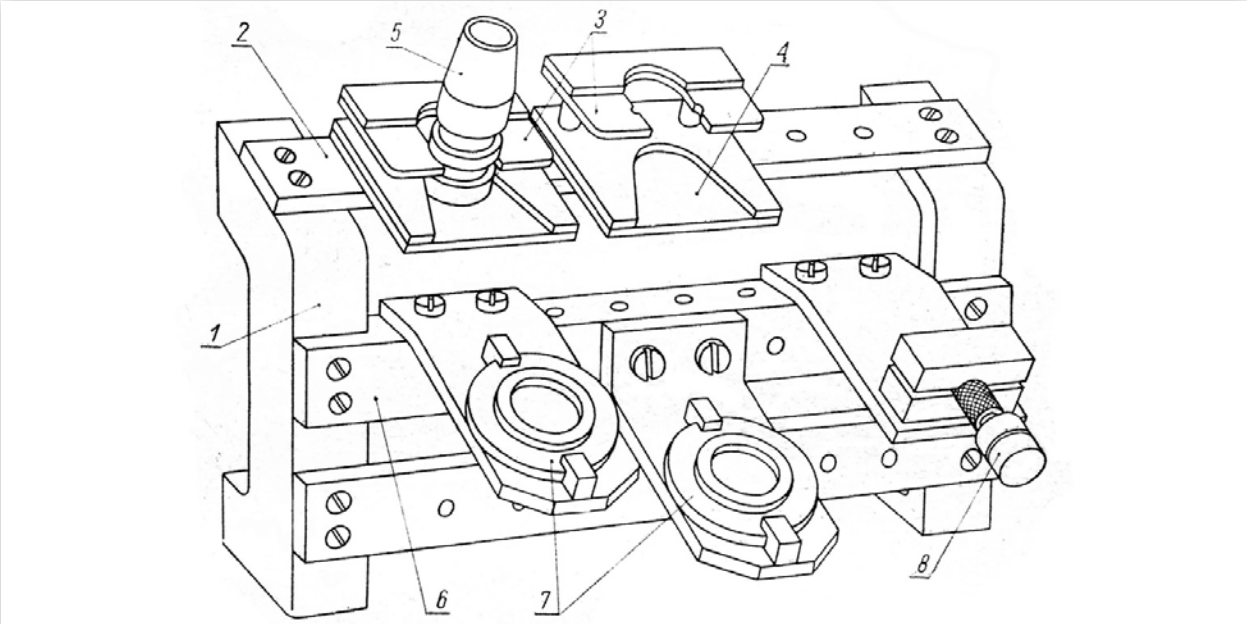
Z tabeli 2 widać, że zysk na czasie jest ogromny. Jednak koszt automatyzacji pomiarów jest często bardzo wysoki.



Rys. 8 Przyrząd sprawdzający z czterema sprawdzianami do sprawdzania kilku średnic

Sprawdziany specjalne są trudne w konstrukcji i wymagają od konstruktora dużej wiedzy i doświadczenia, a także dobrych narzędziowców wykonujących te sprawdziany. Konstruując sprawdziany należy najpierw zgłębić wiedzę na temat tolerancji i pasowań oraz różnych metod pomiarów i sprawdzania. Jednak zyski ze stosowania w produkcji seryjnej sprawdzianów są bardzo duże. Stąd warto podejmować trud ich konstruowania i wykonywania. Utrudnieniem jest brak odpowiedniej literatury (typu poradnik lub podręcznik) dla konstruktora, w których zawarta byłaby odpowiednia wiedza i dobre przykłady rozwiązań sprawdzianów i ich obliczanie.

Aleksander Łukomski



Rys. 9 Przyrząd sprawdzający do sprawdzania różnych wymiarów, złożony z normalnych sprawdzianów: 1 – podstawa, 2 – listwa górna, 3 – dwa sprawdziany normalne, 4 – prowadnice przedmiotu sprawdzanego, 5 – przedmiot kontrolowany, 6 – listwa dolna, 7 – dwa sprawdziany kształtu, 8 – sprawdzian tłoczkowy jednostronny dwugraniczny

Wykorzystanie DoE
w korelacji modelu numerycznego

Analizy numeryczne wykorzystujące metodę elementów skończonych są bardzo praktycznym narzędziem, pomagającym inżynierom projektować coraz to lepsze i bardziej zaawansowane konstrukcje. Niestety jednak metoda ta nie jest idealna. Bardzo często jej ograniczenia spowodowane są złym lub niewystarczającym odwzorowaniem zjawisk fizycznych. Jednym z częstszych problemów mogą być rozbieżności wynikające z tolerancji produktu, brak uwzględnienia niektórych zjawisk fizycznych podczas obliczeń lub po prostu brak precyzyjnych danych materiałowych.

Maciej Majerczak

W takich przypadkach bardzo pomocna, a wręcz nieodzowna jest korelacja wyników komputerowej analizy MES z danymi uzyskanymi podczas analogicznego testu fizycznego. Jest to bardzo ważny etap dla każdego inżyniera CAE, ponieważ pozwala przyjąć założenie, że dobrze skorelowane wyniki dla jednego rozwiązania powinny być akceptowalne dla innych, podobnych rozwiązań.

Niestety, proces korelacji modelu bardzo często jest zadaniem długotrwałym i wymagającym przeliczenia kilku, kilkunastu lub nawet kilkuset analiz. Ponadto problem ten komplikuje się dla dużych modeli numerycznych z kilkoma zmiennymi (nieraz sprzęgniętymi ze sobą). Finalnie czas przygotowania i przeliczenia takich zadań jest zdecydowanie nie do zaakceptowania w aktualnych warunkach branżowych. Rozwiązaniem tej niedogodności może być zautomatyzowanie procesu i przeprowadzenie analizy optymalizacji z metodą *Design of Experiment* (DoE).

Iteracja	A	B	Pole	Obwód
1	1	5	5	12
2	2	4	8	12
3	2.5	3.5	8.75	12
4	3	3	9	12

Tab. 1 Zmienne i wyniki poszukiwania maksymalnego pola prostokąta

PRZYKŁAD PROSTEJ OPTYMALIZACJI

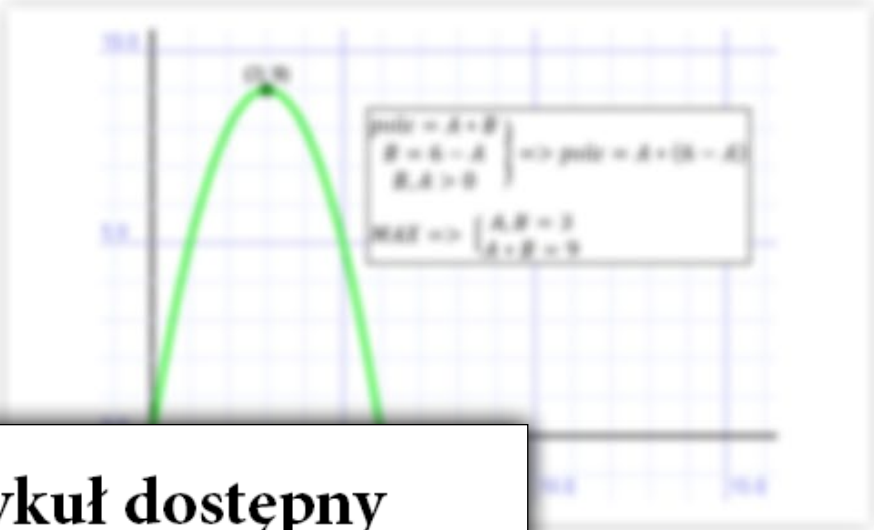
Przeanalizujmy najpierw bardzo prosty przykład optymalizacji. Celem analizy będzie znalezienie długości boków prostokąta A oraz B, tak aby jego pole było możliwie największe, przy jednoczesnym zachowaniu stałego obwodu – 12 jednostek. Wiemy zatem, że $2 \cdot (A+B) = 12j$ czyli $B = 6j - A$ oraz $A,B > 0$. Teraz wystarczy już tylko znaleźć takie A, dla którego $A \cdot B$ będzie możliwie największe.

Powyższy przykład jest bardzo prosty i może zostać rozwiązany przy pomocy prostego równania kwadratowego (Rys. 1). Maksymalne pole uzyskamy dla kwadratu, który z definicji jest prostokątem. Zaprezentowany przykład przedstawia bardzo proste zagadnienie możliwe do wyliczenia analitycznie. Jednak wiele problemów konstrukcyjnych

konstrukcyjnych może zostać opisanych i rozwiązanych wyłącznie przy pomocy metod numerycznych.

PODSTAWOWE ALGORYTMY OPTYMALIZACJI

Rzeczywiste problemy, z jakimi mierzą się inżynierowie są znacznie bardziej zaawansowane i skomplikowane od zaprezentowanego



pola od obwodu prostokąta

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

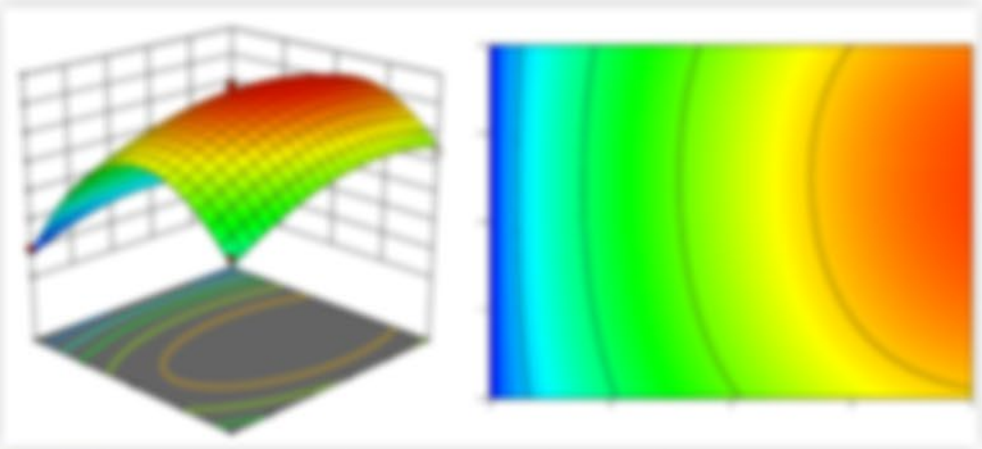
www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Rys. 2. Działanie algorytmu gradientowego

poszukiwane jest ekstremum globalne, istnieje modyfikacja tego algorytmu, polegająca na wybraniu kilku punktów startowych, tak aby zminimalizować ryzyko wpadnięcia w ekstremum lokalne. Odbywa się to jednak kosztem ilości obliczeń, a finalnie – czasu optymalizacji.

- **Płaszczyzna odpowiedzi** – algorytm polegający na wygenerowaniu punktów reprezentujących uzyskane wyniki, które następnie przy pomocy różnych metod ekstrapolacji tworzą pełną płaszczyznę odpowiedzi.

paje. Poważnym jednak ograniczeniem jest sam mechanizm ekstrapolacji wyników, który może prowadzić do błędnych rezultatów. Rozwiązaniem



Rys. 3. Przykładowe wyniki algorytmu przeszukiwania płaszczyzny odpowiedzi

Trzycylindrowy „olbrzym" od Koenigsegg'a

Silnik spalinowy TFG (*Tiny Friendly Giant* – mały przyjazny olbrzym), zdaniem konstruktorów o „lata świetlne" wyprzedzający inne konstrukcje, ma trzy cylindry. Dotąd najsilniejsza seryjnie produkowana trójcylindrowa jednostka znajdowała się pod maską Toyoty Yaris GR. Z pojemności 1600 cm^3 dzięki turbodoładowaniu uzyskano tam 268 KM. Nowa konstrukcja z pojemności 2 litrów generuje 600 KM i 600 Nm momentu obrotowego.

Ryszard Romanowski

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Silnik ten op
motive AB, a
go zamonto
generskiego salon
Salon jak wiadom
oglądać jedynie wi
się dosyć kameral

Koenigsegg Gem
tetystyczne elem
hybrydowy, a sil
czania pędu trze
z nich, o mocy po
każdy, umieszczon
– o mocy 400 KM
spalinowego. Zap

Ponadto Gemera jest jedynym super- lub hiperamochodem na świecie, w którego kabinie wygodnie mieszczą się cztery osoby.

Christian von Koenigsegg jest niezwykle twórczy i niekonwencjonalny. Będąc nastolatkiem zadynął jako najlepszy specjalista od tuningu motorowerów w okolicy. Kilka lat później wynalazł niewielki Chip Player, aby słuchać muzyki bez użycia płyt CD. Wtedy szwedzkie firmy elektroniczne nie okazały najmniejszego zainteresowania rozwiązaniem młodego człowieka. Nie spodziewały się, że za kilka lat świat podbiją urządzenia formatu MP3. Wtedy jednak Christiana już to nie interesowało. Wśród wielu jego wynalazków i innowacji profity zaczęły przynosić dopiero specjalnie łączone na wcisk deski podłogowe Click Floor.

ubiłonej Mazdy
ając się samocho-
a obecnie około
powstała w kuzer-
ategat, w miejscu
Nieopodal budym-
e muzeum lotnic-
ch wciąż panach
szczególne mode-
w zbliżają się do
dnie samochodów
pcznie z własnych
V8. Do niedawna
enigsegg zbudaje
strony ilość inno-
wacji wprowadzona przez markę od jej założenia w 1994 roku jest imponująca.

Warto wymienić niezwykle wytrzymały monocoque zbudowany z kompozytu węglowego z aluminiowym rdzeniem o strukturze plastra miodu. Konstrukcja ma sztywność skrętną o wartości 65 tys. Nm. Nie istnieją na drogach i torach przeciążenia, które mogą ją odkształcić. Ponadto jest bardzo lekka. Już w 2015 roku osiągnięto stosunek masy do mocy samochodu 1 do 1.

Opracowano zawieszenie Triplex z poprzecznie zamontowanym trzecim amortyzatorem. Rozwiązanie niweluje ugięcia samochodu przy szybkim starcie, powodujące zwykle mocne odciążenie kół przednich. W Koenigseggach efekt ten nie występuje. Ułatwia to również jazdę po dziurawych

Stilfold – technologia, która stoi za sukcesem skutera Stilride

Stilride SUS1, czyli *Sport Utility Scooter One*, to elektryczny skuter o nowatorskiej konstrukcji. W odróżnieniu od typowych skuterów, zbudowanych z metalowej ramy obudowanej plastikiem, konstrukcja SUS1 opiera się na samonośnym nadwoziu, zbudowanym ze stali nierdzewnej w ramach innowacyjnego procesu zaginania blach wzdłuż krawędzi, w sposób budzący skojarzenia z origami. Złożone z giętych blach nadwozie jest nie tylko wytrzymałe, ale – dzięki artystycznej kompozycji powierzchni wklęsłych i wypukłych – również bardzo efektownie wygląda.

Jacek Zbierski

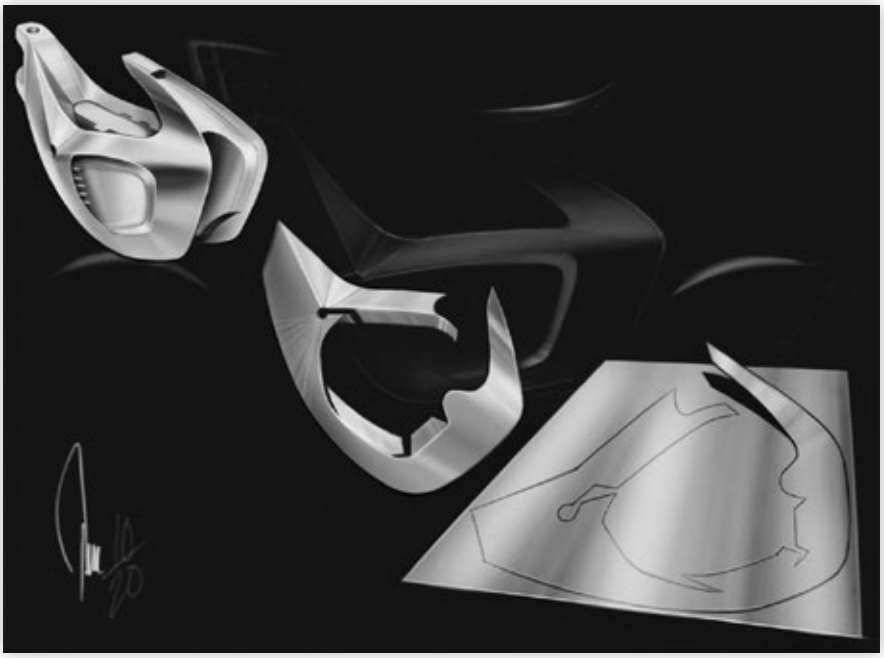
Stilfold, bo tak nazywa się autorska technika opracowana przez twórców Stilride, to połączenie w jednym procesie produkcyjnym rzemiosła artystycznego i metaloplastyki z przemysłową obróbką metalu i możliwościami technologicznymi robotów przemysłowych. W odróżnieniu od konwencjonalnych technologii wykorzystywanych do budowy nadwozi, metoda Stilfold pozwala na uzyskanie struktur metalowych lżejszych o 40%, złożonych z trzykrotnie mniejszej liczby elementów, przy jednoczesnej redukcji kosztów materiałowych o 20% i kosztów pracy o 25%.

Model biznesowy opracowany przez Stilride zakłada decentralizację produkcji skutera. W głównych zakładach przygotowywane będą blachy, które pakowane na płasko będą rozsyłane do kooperantów na terenie Europy. Skutery będą powstawać lokalnie na bazie umowy licencyjnej. Przy takiej organizacji produkcji jest nadzieja na obniżenie emisji CO_2 o 50% w porównaniu do konwencjonalnych rozwiązań przemysłowych.

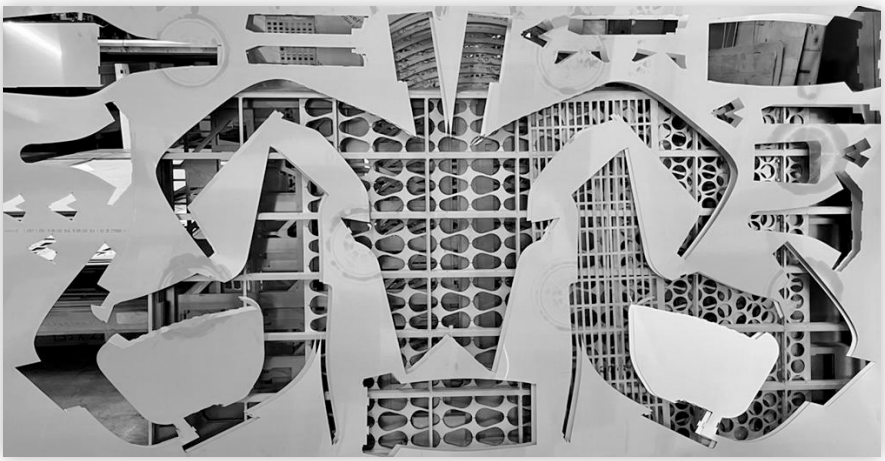
Produkcyjny SUS1, wyposażony w napęd elektryczny z litowo-jonowym akumulatorem 48V i montowanym w piaście tylnego koła silnikiem o mocy 15 KM ma rozwijać prędkość powyżej 100 km/h i dysponować zasięgiem ponad 120 km. Oprócz niepowtarzalnego, futurystycznego wyglądu ma zapewniać użytkownikom wyższy poziom komfortu jazdy, dzięki zastosowaniu kół o średnicy 13 cali i zawieszenia jak w motocyklach, z widelcem przednim i amortyzatorem typu monotube z tyłu.

Pomysłodawcą skutera SUS1 i leżącej u podstaw jego konstrukcji techniki Stilfold jest szwedzki designer Tue Beijer, który w 2019 roku przedstawił swoją koncepcję Jonasowi Nyvangowi na kartce papieru. Następnie powstała kartonowa makieta a obaj panowie założyli firmę Stilride. Obecnie firma pracuje nad uruchomieniem produkcji seryjnej, a prawie 100 tys. klientów już czeka na zamówione skutery. Pierwsze egzemplarze mają trafić do odbiorców jesienią tego roku.

stilride.com



Etapy wytwarzania konstrukcji blaszanych metodą Stilfold



Praktycznie cała konstrukcja skutera Stilride wykrawana jest z arkuszy blachy, a następnie zaginana do żądanego kształtu i spawana w docelowej pozycji

Wytwarzanie dynamicznie obciążanych elementów strukturalnych karoserii samochodu w technologiach przyrostowych cz. 2: Metody zwiększania wydajności technologii SLM

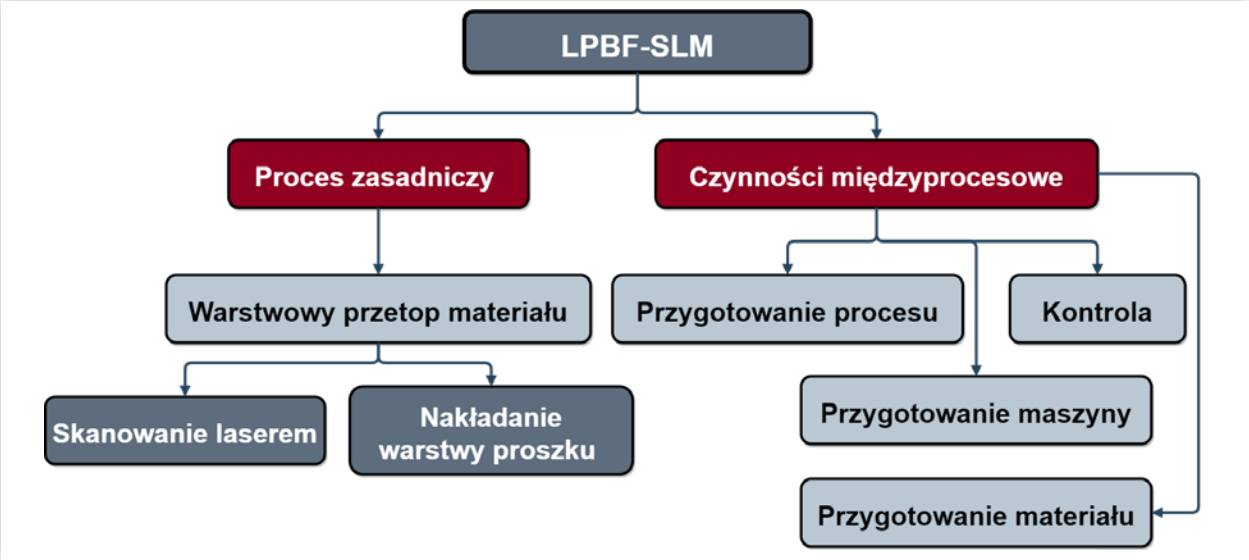
Artykuł jest kontynuacją publikacji opisującej założenia i przebieg projektu AM-Crash dotyczącego wytwarzania elementów strukturalnych obciążanych dynamicznie w technologiach przyrostowych. Jednym z głównych zadań firmy Wadim Plast w tym projekcie jest opracowanie metod zwiększenia produktywności i skrócenia czasu procesu wytwarzania przyrostowego SLM (*Selective Laser Melting*) w celu zredukowania kosztów produkcji.

Marcin Kasprowicz

Czynnikiem, który bezpośrednio wpływa na koszt procesu produkcyjnego jest jego produktywność. Dąży się do uzyskania wysokiego tempa budowy przy jednoczesnym utrzymaniu wysokich i zadowalających własności gotowego wyrobu. Zainteresowanie metalowymi technologiami przyrostowymi w zakładach przemysłowych nabierze większego tempa, jeżeli proces będzie tańszy. W tym celu prowadzone są prace nad ciągłym doskonaleniem i optymalizacją procesu LPBF (*Laser Powder Bed Fusion*).

Proces SLM podzielono na składowe (Rys. 1), definiujące obszary, w których należy szukać możliwości zwiększenia produktywności. Do głównych obszarów zaliczamy proces zasadniczy, w którym powinno się dążyć do jak najbardziej wydajnego przetopu z jednoczesnym utrzymaniem pożądanej jakości finalnego detalu, a także czynności międzyprocesowe, tj. kontrola i przygotowanie materiału, maszyny i procesu do produkcji, których czas powinien być jak najkrótszy. Złożoność procesu zwiększania produktywności technologii LPBF przedstawia schemat na rysunku 2.

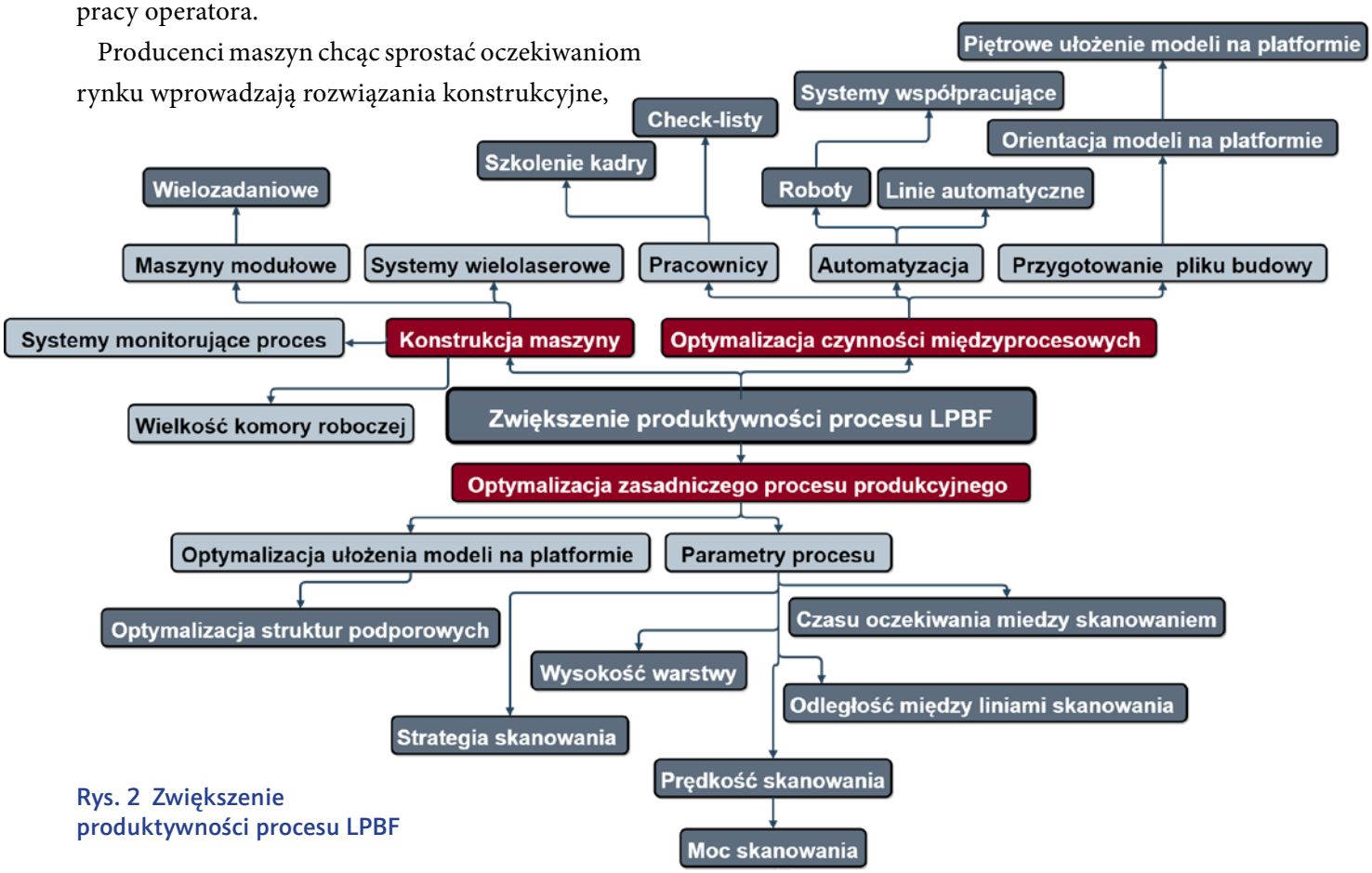
Sposoby na zwiększenie produktywności procesu LPBF można podzielić na kilka obszarów. Pierwszy związany jest z maszyną i jej możliwościami; są to czynniki zależne głównie od producenta, zamówionej specyfikacji i budżetu, a w ich skład wchodzą m.in. systemy wielolaserowe, maszyny modułowe, systemy nadzorujące proces, a także zwiększony obszar komory roboczej. Kolejny związany jest z samym procesem i jego parametrami. O ile pierwszy obszar jest ściśle zależny od początkowego wyboru specyfikacji maszyny i budżetu,



Rys. 1 Składowe procesu LPBF-SLM

o tyle drugi można rozwijać na wszystkich systemach Metal AM (*Additive Manufacturing*). Trzeci obszar związany jest z czynnościami międzyprocesowymi. W jego skład wchodzą wszelkie czynności związane z przygotowaniem maszyny i materiału do produkcji. Analizując ten obszar pod względem produktywności jest on silnie narażony na czynnik ludzki, związany z błędami i spadkiem wydajności pracy operatora.

Producenci maszyn chcąc sprostać oczekiwaniom rynku wprowadzają rozwiązania konstrukcyjne, które pozwalają na skrócenie czasu budowania detalu, jak np. zwiększenie ilości laserów, czy stosowanie obustronnego nanoszenia warstwy proszku. Wprowadzane są także systemy nadzorowania procesu, w celu szybszej reakcji na problemy pojawiające się w jego trakcie. Maszyna powinna zostać dobrana do konkretnej aplikacji, potrzeb i oczekiwań firmy lub jednostki badawczej.



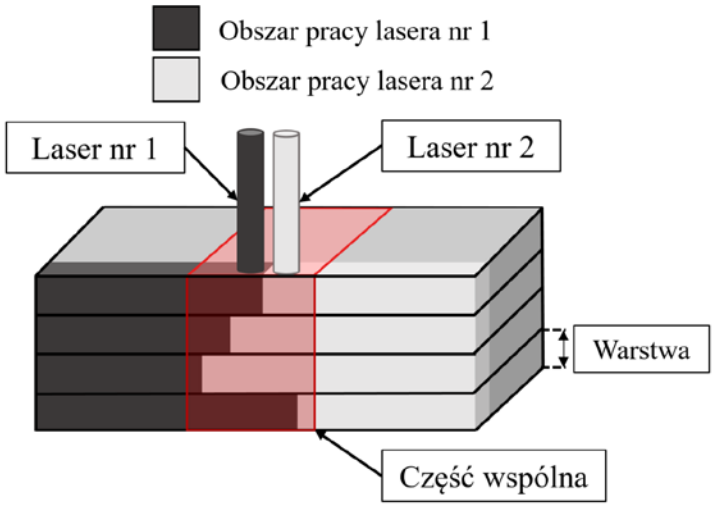
Rys. 2 Zwiększenie produktywności procesu LPBF

W tym obszarze kluczowym jest ustalenie informacji dotyczącej planowanej produkcji, a także wymaganej przestrzeni roboczej maszyny.

SYSTEMY WIELOLASEROWE

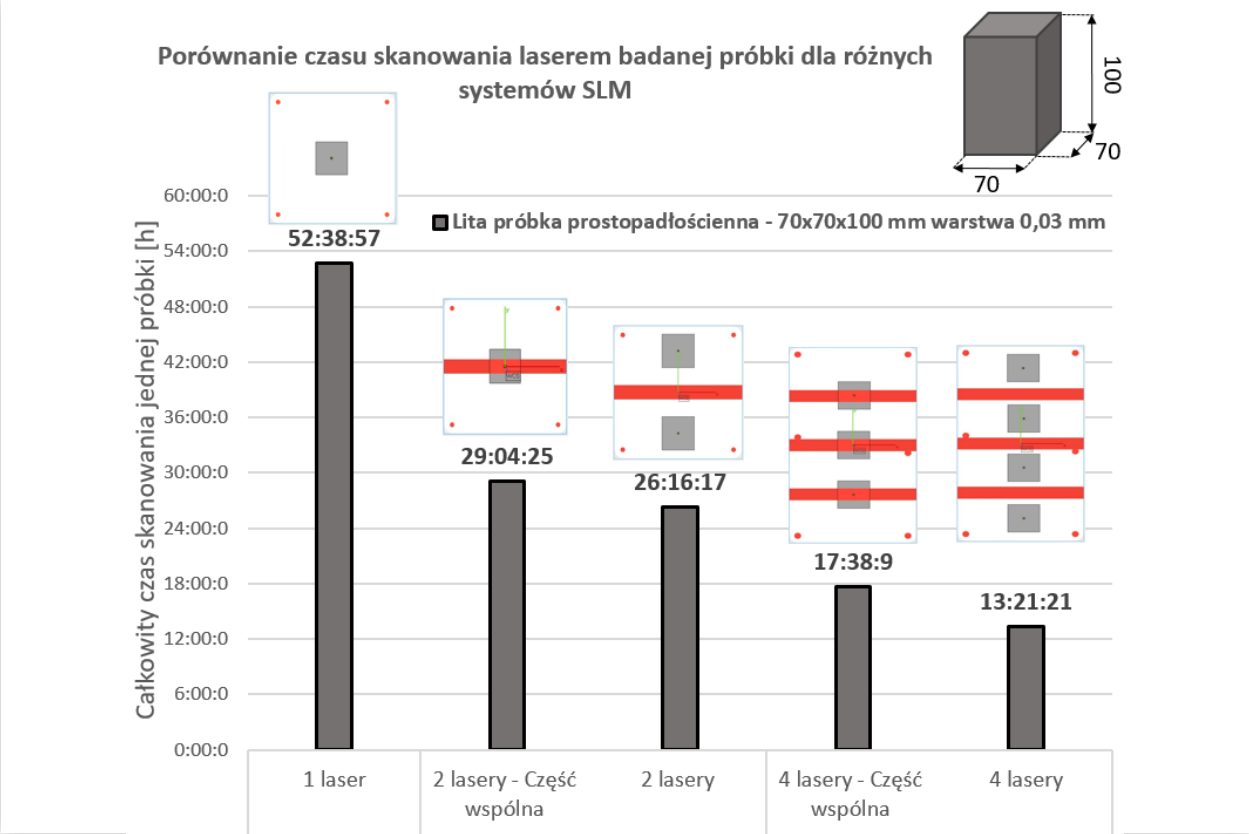
Na rynku dostępne są systemy wielolaserowe, które umożliwiają przetop materiału w wyniku pracy kilku wiązek laserowych w tym samym czasie. Jak podaje producent maszyn, firma SLM Solutions, zastosowanie systemów wielolaserowych umożliwia zwiększenie efektywności nawet do ok. 80% w stosunku do układów tradycyjnych, choć jest to oczywiście zależne od materiału i geometrii elementu, a także dobranych parametrów procesowych [1].

Dla zobrazowania efektu stosowania systemów wielolaserowych dokonano porównania czasu budowy próbki prostopadłościennej o objętości 490 cm^3 (70x70x100 mm) wykonanej na trzech różnych maszynach, z wykorzystaniem bazowych parametrów dla stali 17-4 PH. Jako podstawową maszynę przyjęto SLM Solutions 280 HL 2.0 z jednym laserem (wersja Single), następnie czas procesu przyrównano do wyników z innych maszyn tego samego producenta, jednak w układzie z dwoma (SLM 280 HL 2.0 – wersja Twin) i czterema (SLM 500 – wersja Quad) laserami, pracującymi jednocześnie.



Rys. 3 Schemat przykładowej strategii skanowania w przypadku maszyny z dwoma laserami; czerwony obszar stanowi część wspólną dla obu wiązek laserowych

W uproszczeniu czas zasadniczego procesu produkcyjnego jest sumą czasu skanowania wiązką lasera i czasu nakładania warstwy proszku. Zwiększenie ilości źródeł laserowych nie zmienia czasu potrzebnego na nałożenie kolejnej warstwy proszku, ma wpływ tylko na czas skanowania w procesie, dlatego do analizy przyjęto te wartości.



Rys. 4 Wykres zestawiający czas skanowania badanej próbki dla różnych systemów SLM

Należy wspomnieć, że systemy wielolaserowe mogą pracować na dwa sposoby:

1. Wszystkie lasery współpracują ze sobą skanując jeden model. W tym przypadku występuje charakterystyczny obszar części wspólnej (oznaczony kolorem czerwonym na rysunku 3), gdzie lasery podczas skanowania dzielą między sobą przekrój elementu.
2. Każdy laser skanuje swoją geometrię niezależnie; nie występuje obszar części wspólnej w obrębie modelu.

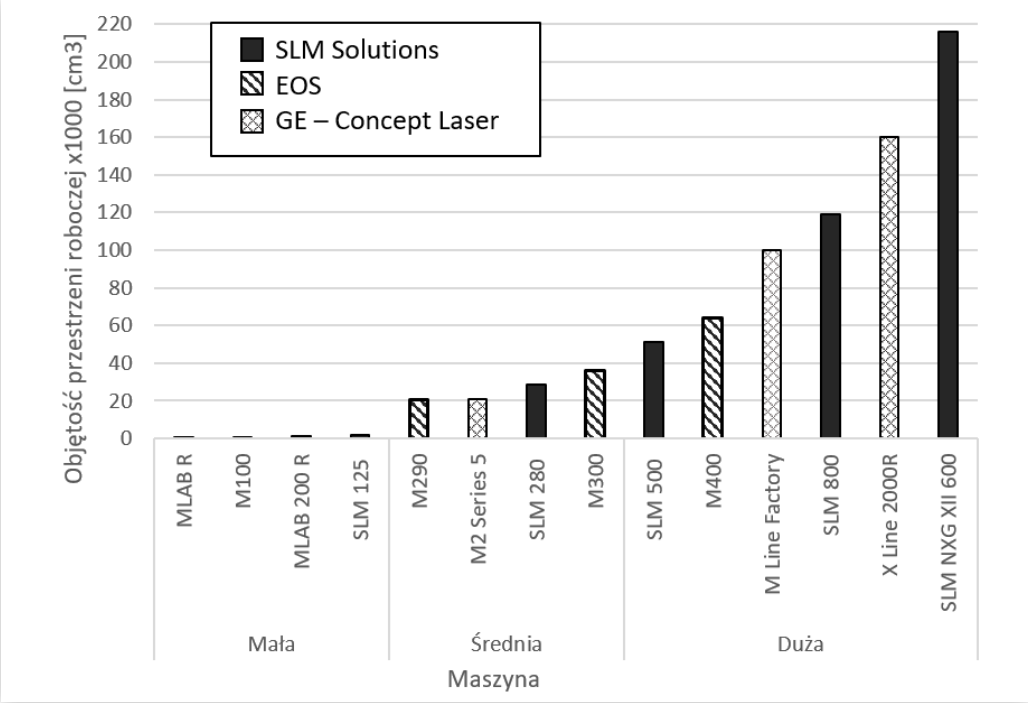
Na wykresie (Rys. 4) zestawiono czas skanowania badanej próbki wykonanej na trzech maszynach SLM, dodatkowo przedstawiono schemat rozmieszczenia modeli na platformie roboczej urządzenia.

Dla przyjętych warunków analizy zastosowanie maszyny z dwoma laserami powoduje zredukowanie czasu skanowania próbki o 45% w przypadku pierwszego sposobu pracy i 50% w przypadku drugiego. Dla maszyny z czterema laserami uzyskano redukcję odpowiednio o 66 i 74%.

Lepszym rozwiązaniem z punktu widzenia produktywności jest stosowanie drugiego sposobu pracy systemów wielolaserowych. Niezależna praca wiązek laserowych bardziej redukuje czas procesu, pozwala niemal w tym samym czasie zrealizować większy plan produkcji, a ponadto nie ma konieczności dobierania dodatkowych parametrów na obszar części wspólnej, tak aby zniwelować powstanie efektu „szwu" na wytwarzanym obiekcie. Sposób ten jest silnie uzależniony od wielkości drukowanego elementu, ponieważ gdy detal jest większy niż obszar pracy pojedynczego lasera, musimy zastosować metodę, w której oba lasery współpracują w obrębie jednej części.

WIELKOŚĆ KOMORY ROBOCZEJ

Wybranie mniejszej maszyny obniża koszty zakupu. W przypadku większych maszyn możliwe jest wykonanie kilku elementów w jednym procesie, co zwiększa produktywność w wyniku zmniejszenia ilości zasadniczych procesów produkcyjnych, a także czynności międzyprocesowych. A. M. Khorasani i in. dokonali podziału maszyn LPBF w zależności od konkretnego zastosowania [2]. Małe maszyny o maksymalnym polu roboczym 125x125x125 mm znajdują zastosowanie w pracach badawczo-rozwojowych prowadzonych w firmach i jednostkach naukowych. Kolejną grupą są maszyny średniej wielkości, wykorzystywane zarówno w projektach badawczo-rozwojowych, jak i w produkcji. Wielkość komory roboczej w tym przypadku sięga 300x300x300 mm. Zestawienie zamykają największe maszyny nastawione na dużą produkcję przemysłową. W tej grupie główny nacisk położony jest na produktywność procesu i minimalizację przestojów, dlatego w tej kategorii umieszczone są maszyny o największym polu roboczym, największej ilości laserów, a także takie, które umożliwiają stosowanie wysokich warstw w procesie. Oczywiste jest, że cena urządzenia rośnie wraz z wielkością i zastosowaniem. Na rysunku 5 zamieszczono wykres, przedstawiający



Rys. 5 Porównanie objętości przestrzeni roboczych maszyn SLM

porównanie objętości komór roboczych systemów LPBF trzech wiodących na rynku producentów.

SYSTEM OBUSTRONNEGO NAKŁADANIA WARSTW PROSZKU

Czas procesu zasadniczego SLM można podzielić na czas skanowania laserem oraz czas potrzebny do naniesienia kolejnej warstwy proszku. Materiał jest nanoszony poprzez zgarniacz, który rozprowadza określoną porcję materiału na platformie roboczej maszyny. W większości przypadków nanoszenie proszku było czynnością dwuetapową, składającą się z przejazdu roboczego, podczas którego proszek zostaje naniesiony na platformę maszyny, a także ruchu powrotnego, w którym zgarniacz przemieszcza się do pozycji bazowej. Drugi etap niepotrzebnie wydłużał czas nanoszenia warstwy i stanowił przejazd jałowy. Problem ten rozwiązano w SLM Solutions wprowadzając patent [3] na zgarniacz dwukomorowy nazywany „bi-directional recoating", czyli sposób nanoszenia warstwy przy pojedynczych przejazdach, bez konieczności ponownego bazowania zgarniacza. Jednostronny przejazd zgarniacza w maszynie SLM 280 HL 2.0 z domyślną prędkością trwa dwie sekundy. Z uwagi na to, że nowe rozwiązanie pozwala na skanowanie laserem po pojedynczym przejeździe, redukujemy czas o dwie sekundy na każdej warstwie. Geometria próbki wykorzystana do badań systemów wielolaserowych składa się z 3333 warstw o wysokości 30 µm, co oznacza, że proces wykonany na maszynie z dwukomorowym zgarniaczem skończy się o 1h 51 min szybciej. Należy wspomnieć, że całkowita przerwa pomiędzy skanowaniem warstw, traktowana w przybliżeniu jako czas nakładania warstwy, składa się nie tylko z przejazdu zgarniacza, ale także z czasu trwania czynności dodatkowych, związanych z systemem maszyny, tj. ładowanie danych, obniżenie platformy, czy kontrola naniesionej warstwy przez system monitorujący. Dlatego średnio przyjmuje się, że ten sumaryczny czas wynosi ok. 10 s.

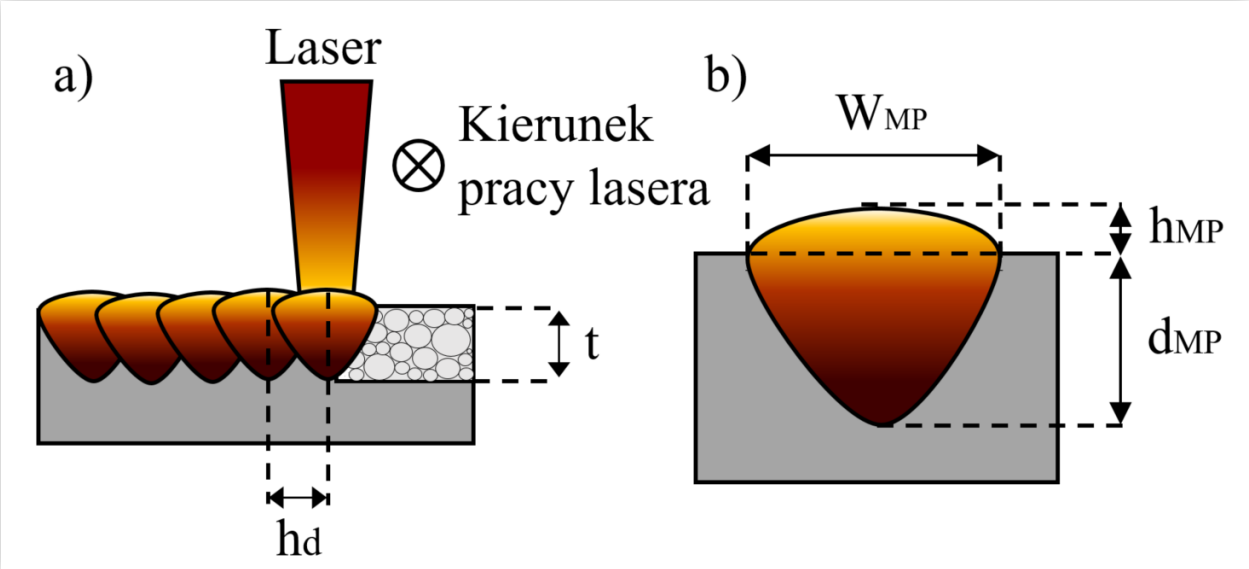
ZASADNICZY PROCES PRODUKCYJNY

PARAMETRY PROCESU

Produktywność procesu jest definiowana jako parametr szybkości/tempa budowy – *build rate*, którego uproszczona postać teoretyczna została zaprezentowana w równaniu 1. Można zauważyć, że postać teoretyczna zależy od parametrów tj. prędkości skanowania, odległości między liniami i wysokości warstwy.

$$Brt = V \cdot hd \cdot t \quad \left[\frac{mm^3}{s}\right]$$

Brt (*build rate*) – tempo budowy [mm³/s]
V – prędkość skanowania [mm/s]
hd – odległość między liniami skanowania [mm]
t – wysokość warstwy [mm]



Rys. 6 Interpretacja graficzna wzorów: a) równanie 1; b) równanie 2

poziom	odległość między liniami [μm]	wysokość warstwy [μm]	prędkość skanowania [mm/s]
1	80	30	1000
2	88	33	1100
3	96	36	1200
4	160	60	2000
5	240	90	3000

Tab. 1 Wartości parametrów wykorzystywane do symulacyjnego wyznaczenia czasu procesu

Autorzy artykułu [4] wprowadzają także rozbudowane równanie 2 na obliczenie teoretycznej produktywności procesu uwzględniające większą ilość danych dotyczących ściegów, tj. szerokość, głębokość wtopienia i wysokość nadlewu.

$$Brt = 0{,}4 \cdot V \cdot W_{MP} \cdot (d_{MP} + h_{MP}) \left[\frac{mm^3}{s}\right]$$

V – prędkość skanowania [mm/s]
W_{MP} – szerokość lica spoiny [mm]
d_{MP} – głębokość wtopienia [mm]
h_{MP} – wysokość nadlewu [mm]

Interpretację graficzną wzorów zaprezentowano na rysunku 6 – na poprzedniej stronie.

Odnosząc się do równania 1 pozwalającego wyznaczyć teoretyczne tempo budowy, chcąc zwiększyć produktywność procesu należy skupić się na takich parametrach procesowych, jak:

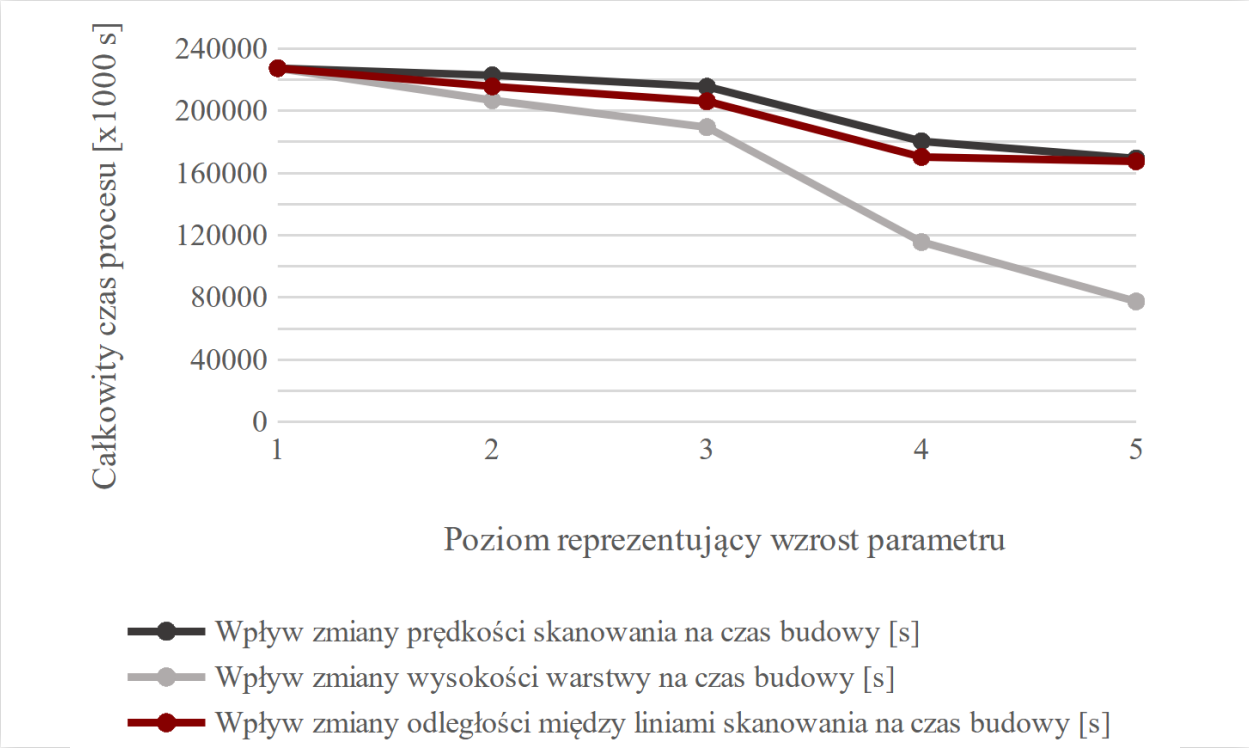
- prędkość skanowania [mm/s],
- odległość między liniami skanowania [μm],
- wysokość warstwy [μm].

W celu ustalenia, który parametr najbardziej wpływa na zredukowanie całkowitego czasu procesu elementu typu Crash-Box zaplanowano symulację, w której parametrami podstawowymi były:

- prędkość skanowania: 1000 [mm/s],
- odległość między liniami skanowania: 80 [μm],
- wysokość warstwy: 30 [μm],

Następnie pojedynczo zmieniano każdy z parametrów kolejno o 10, 20, 100 i 200% (Tab. 1), przyjmując te wartości jako kolejne poziomy eksperymentu (1-5), sprawdzając czas procesu w symulacji oprogramowania maszyny SLM 280 HL 2.0.

Jak można zauważyć, największy wpływ na produktywność procesu ma zwiększenie wysokości warstwy. Taka zmiana wymaga natomiast



Rys. 7 Wykres przedstawiający wpływ zmiany wybranych parametrów na całkowity czas trwania procesu LPBF

Rys. 8 Przykład piętrowego ułożenia modeli na platformie: 120 szt. wykonanych w jednym procesie na maszynie SLM 280 HL z dwoma laserami [5]

przeprowadzenia nowych badań i dobrania optymalnych wartości parametrów procesu, celem uzyskania zadowalającej gęstości materiału. Grupując pozostałe parametry według wpływu na czas procesu, układają się one w następującej kolejności: zwiększenie odległości między liniami skanowania, wzrost prędkości skanowania. Należy mieć na uwadze fakt, że przeprowadzony test wskazuje tylko teoretyczny wpływ zmiany konkretnych parametrów na symulowany w oprogramowaniu maszyny czas procesu. Poziomy zostały dobrane tak, żeby wartość każdego parametru była zwiększana o taki sam procent. Nie oceniano technologiczności przyjętych w badaniu poziomów wartości parametrów, a więc ich wpływu w praktyce na uzyskanie materiału o pożądanej jakości (np. wolnego od porowatości).

OPTYMALIZACJA UŁOŻENIA MODELI NA PLATFORMIE

Istnieje wiele różnych rozwiązań orientacji modeli na platformie. Mając na uwadze zwiększenie produktywności procesu powinno się dążyć do wykorzystania jak największej objętości pola roboczego maszyny, dlatego w aplikacjach przemysłowych pojawiają się rozwiązania piętrowego ułożenia modeli. Takie rozwiązanie w szczególności ogranicza liczbę czynności pomocniczych związanych z przygotowaniem maszyny i pozwala na maksymalne wykorzystanie jej możliwości, co redukuje koszt jednostkowy końcowego produktu. Przykład takiej metody zaprezentowała firma SLM Solutions (Rys. 8). Całkowity czas procesu, w którym wykonano 120 łączników Y trwał 2 dni 8 godzin i 11 minut. Zastosowanie technologii przyrostowej wraz z optymalizacją ułożenia modeli pozwoliło zredukować koszt produkcji o 40% w stosunku do konwencjonalnej metody wytwarzania [5].

CZYNNOŚCI MIĘDZYPROCESOWE

Oprócz zasadniczego procesu produkcyjnego w technologii SLM następną składową są czynności międzyprocesowe. Stanowią one kolejny obszar, w którym można szukać metod zwiększania produktywności procesu. Przykładem tych czynności są:

Przygotowanie maszyny:

- oczyszczenie komory roboczej,
- kontrola i utrzymanie odpowiedniej czystości układu optycznego,
- przygotowanie platformy roboczej – splanowanie powierzchni, na której drukowany był poprzedni proces, piaskownie,
- przygotowanie butli z gazami osłonowymi,
- oględziny najbardziej istotnych połączeń śrubowych (platforma i zgarniacz),

- wypoziomowanie zgarniacza,
- nagrzanie platformy,
- wypełnienie komory roboczej gazem osłonowym,
- rozprowadzenie pierwszej warstwy proszku.

Przygotowanie materiału:

- przesianie proszku znajdującego się w zbiornikach zsypowych,
- wysuszenie materiału (grzanie lub zastosowanie specjalistycznych woreczków pochłaniających wilgoć).

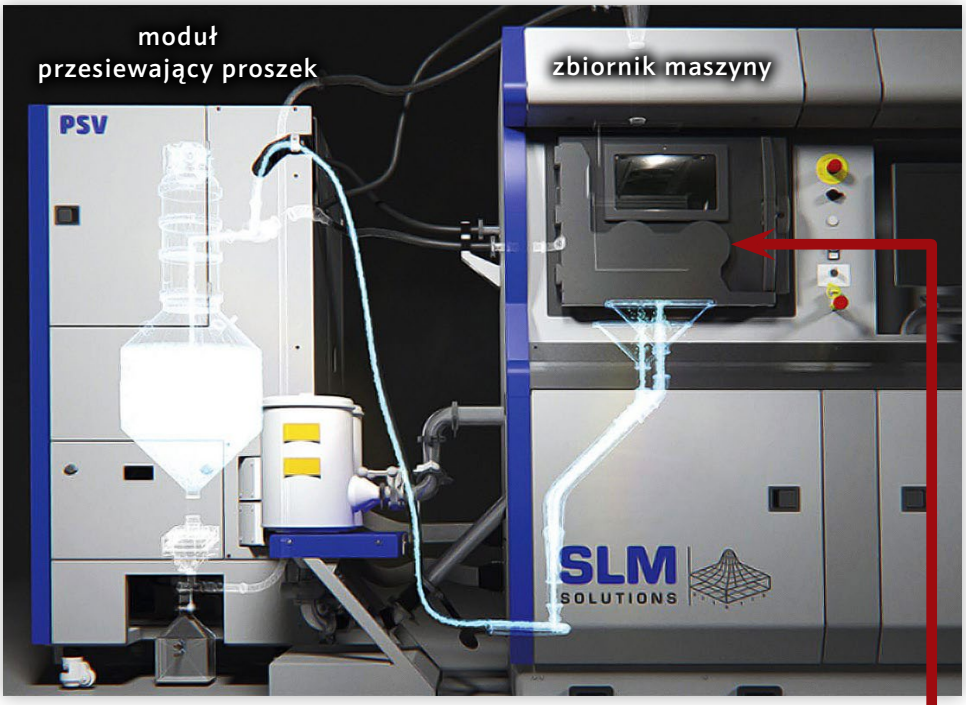
Przygotowanie modelu 3D:

- Zaprojektowanie geometrii zgodnie z wytycznymi do projektowania elementów wykonywanych w technologii przyrostowej SLM.

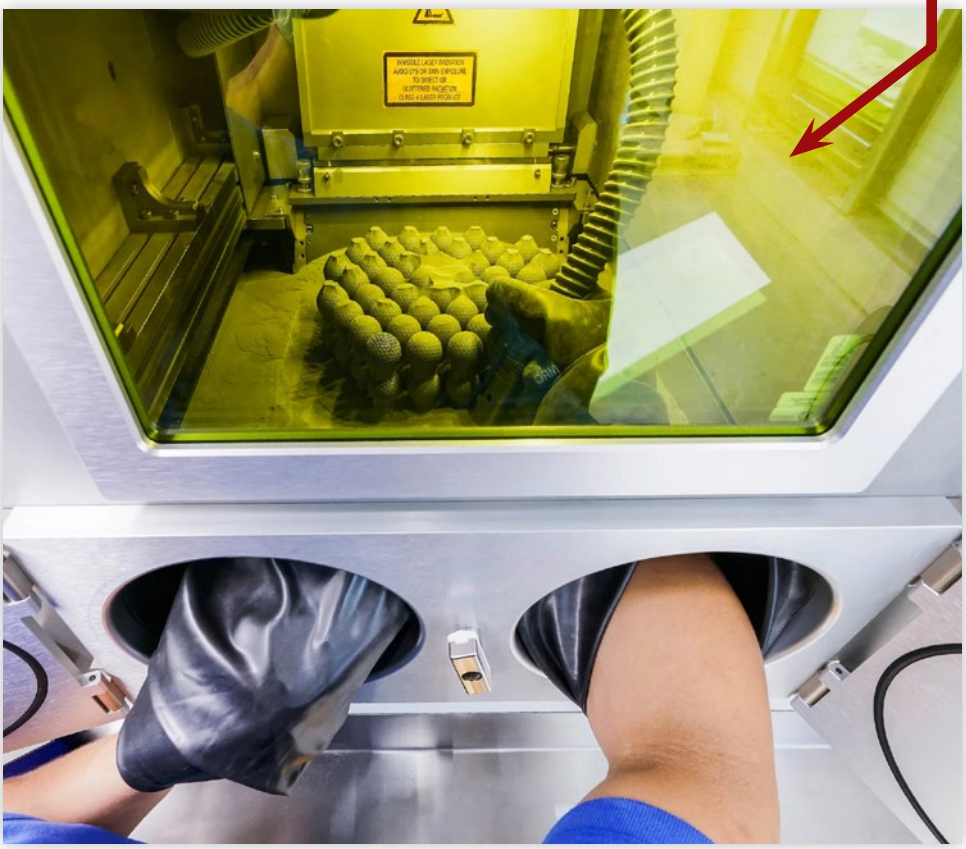
Przygotowanie procesu:

- wyeksportowanie modelu CAD elementu, który chcemy wykonać do formatu STL,
- odpowiednie ułożenie modeli na platformie,
- dobranie wystarczająco wytrzymałych struktur podporowych,
- przydzielenie odpowiednich parametrów procesowych,
- wygenerowanie pliku maszynowego.

Czasochłonność, a także koszty tych etapów w większości przypadków są zależne od czynnika ludzkiego (doświadczenie operatora, dynamika pracy), a także wielkości samej budowy. W tym obszarze producenci także wprowadzają rozwiązania mające na celu przyśpieszenie i ułatwienie pracy. Na rynku dostępne są maszyny mające autopoziomowanie platformy przed procesem zasadniczym, a także systemy automatycznego przesiewania materiału, co pozwala zautomatyzować i przyspieszyć niektóre czynności. Przykładem może być rozwiązanie firmy SLM Solutions, które pozwala



Rys. 9 System opróżniania komory z proszku metalu w maszynie SLM 280 [1]



Rys. 10 Odsysanie materiału z komory

na opróżnienie komory z proszku metalicznego po zakończonym procesie, a także automatyczne przesianie materiału wpadającego do zsypów podczas zasadniczego procesu produkcyjnego.

Po zakończonym procesie operator bez otwierania komory roboczej może odessać proszek otaczający modele w złożu, przy użyciu dedykowanej lancy, czego wynikiem jest czysta od proszku platforma robocza z wykonanymi w procesie modelami. W kolejnym etapie materiał trafia do modułu przesiewającego, gdzie po przesianiu jest automatycznie podawany do głównego zbiornika maszyny. Schemat automatycznego systemu przesiewania proszku za pomocą urządzenia PSV, zaprezentowano na rysunku 9. Rozwiązanie to jest znacznie efektywniejsze niż standardowa metoda manualnego kierowania proszku do zsypów w maszynie, np. przy pomocy pędzla. Kolejnym pozytywnym aspektem jest ciągłe utrzymanie materiału w osłonie gazu obojętnego, co zapobiega jego degradacji. Przedstawione rozwiązanie przyczynia się do minimalizowania kontaktu operatora z proszkiem metalicznym, co zwiększa bezpieczeństwo i komfort pracy.

Z uwagi na to, że na wielu etapach produkcji w procesie LPBF występuje czynnik ludzki, kluczowym jest utrzymanie wysokiego poziomu kadry, w której skład wchodzą zarówno konstruktorzy, technolodzy, jak i operatorzy. Jest to na tyle istotne, że została opracowana norma ISO/ASTM 52942:2020(E) dotycząca kwalifikacji operatorów maszyn LPBF.

PODSUMOWANIE

W artykule omówiono czynniki wpływające na produktywność procesu LPBF/SLM. Opisano wybrane rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w maszynach SLM, których celem jest zwiększenie tempa budowy tj. systemy wielolaserowe, system obustronnego nakładania warstwy, czy moduł automatycznego przesiewania materiału. Podczas zwiększania tempa budowy kluczowe są parametry procesu, które można rozwijać na wszystkich otwartych systemach SLM, niezależnie od ilości źródeł laserowych. Wśród badanych parametrów największy wpływ na tempo budowy ma wysokość przetapianej warstwy proszku. Zwiększenie wysokości warstwy powoduje jednak obniżenie jakości odwzorowania detali, jakości powierzchni, a także spadek własności mechanicznych, dlatego zmiana tego parametru powinna być rozpatrywana tylko w aplikacjach przemysłowych, gdzie jest to akceptowalne. Optymalizując parametry w aspekcie zwiększenia produktywności należy skupić się także na opracowaniu okna procesowego dla zwiększonej wartości parametru odległości między liniami skanowania, lub podniesieniu prędkości skanowania.

Więcej informacji na temat projektu w następnych numerach czasopisma.

mgr inż. Marcin Kasprowicz

Wadim Plast Sp. z o. o.

Bibliografia:

[1] SLM Solutions Group AG, *Production Series Robust and High-Performance Machine with Closed-Loop Powder Handling for Highest Process Stability and Availability SLM 280 Selective Laser Melting Machine*.

[2] A. M. Khorasani, I. Gibson, J. K. Veetil, and A. H. Ghasemi, *A review of technological improvements in laser-based powder bed fusion of metal printers*, Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 108, no. 1–2, pp. 191–209, 2020, doi: 10.1007/s00170-020-05361-3.

[3] D. Schwarze, A. Wiesner, and A. Hermann, *Powder application apparatus and method of operating a powder application apparatus*, European Patent EP2818305B1, 2016.

[4] J. Metelkova, Y. Kinds, K. Kempen, C. de Formanoir, A. Witvrouw, and B. Van Hooreweder, *On the influence of laser defocusing in Selective Laser Melting of 316L*, Addit. Manuf., vol. 23, no. August, pp. 161–169, 2018, doi: 10.1016/j.addma.2018.08.006.

[5] SLM Solutions Group AG, *Case Study Y-Connector for a Robotic Sander*.

Projekt pt. „Wytwarzanie elementów strukturalnych obciążanych dynamicznie w technologiach przyrostowych" jest finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu M-ERA.NET Call 2018

Technologie przyszłości:

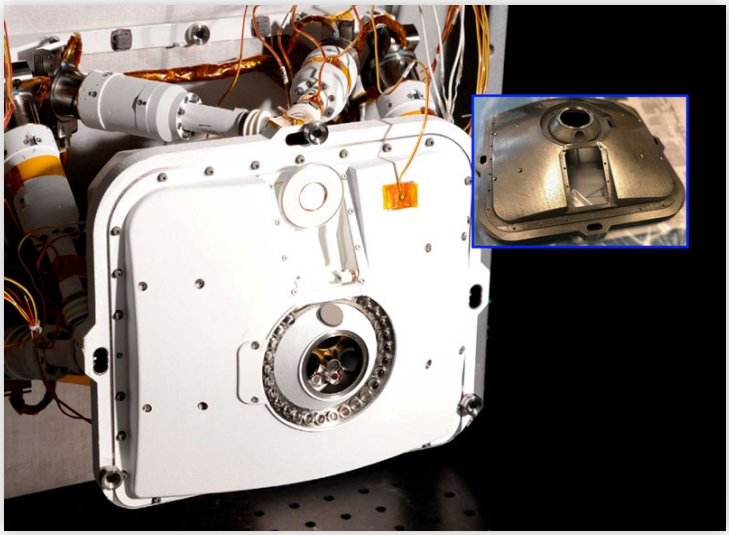
zastosowanie wytwarzania przyrostowego na potrzeby eksploracji przestrzeni kosmicznej

Nie ulega wątpliwości, że technologie wytwarzania przyrostowego doskonale sprawdzają się w produkcji specjalistycznych komponentów dla sektora kosmicznego. Podstawowe aspekty użycia technik przyrostowych do produkcji podzespołów silników rakietowych omawialiśmy w grudniowym wydaniu Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich z 2018 roku. Skala zastosowań druku przestrzennego na potrzeby misji w przestrzeni kosmicznej jest jednak znacznie większa, a dalszy rozwój kompetencji w tym zakresie ma wielkie znaczenie dla przyszłości eksploracji kosmosu.

Jacek Zbierski

W miarę rozwoju i doskonalenia poszczególnych metod druku przestrzennego, rośnie liczba komponentów wytwarzanych przyrostowo w różnych gałęziach produkcji przemysłowej. Nie są to już tylko prototypy czy modele badawcze, a coraz częściej w pełni funkcjonalne części samochodów czy samolotów. Nie inaczej jest w przypadku sektora kosmicznego. W konstrukcji pojazdu badawczego Perseverance, który 18 lutego ubiegłego roku wylądował na Marsie, znajduje się 11 komponentów wytworzonych przyrostowo.

Pięć z nich wchodzi w skład modułu PIXL (*Planetary Instrument for X-ray Lithochemistry*). Jest to spektrometr, zamontowany na wieżyczce umieszczonej na końcu wysięgnika o długości 2 metrów, wykorzystujący metodę fluorescencji rentgenowskiej do analizy składu pierwiastkowego skał marsjańskich. Aby uczynić moduł PIXL jak najlżejszym, inżynierowie z NASA JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) zaprojektowali obie połówki jego obudowy i ramę mocującą na dwóch zastrzałach jako elementy cienkościenne i puste w środku. Zostały one



Moduł PIXL (*Planetary Instrument for X-ray Lithochemistry*) z elementami strukturalnymi wydrukowanymi w 3D z tytanu

wydrukowane w 3D, pozwalając na czterokrotną oszczędność masy w porównaniu do konwencjonalnych metod. Jak przekonuje Michael Schein, kierownik ds. Inżynierii mechanicznej PIXL z NASA JPL, wykonanie elementów o takiej precyzji detali przy tak niewielkiej masie nie byłoby możliwe przy użyciu konwencjonalnych technik produkcyjnych.

Wymiennik ciepła wykonany przyrostowo z stopu niklu dla MOXIE (*Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment*)

Pozostałe elementy odnajdujemy w module MOXIE (*Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment*), który 20 kwietnia 2021 wyprodukował niecałe 6 gram tlenu z atmosferycznego dwutlenku węgla na Marsie. Konwersja CO_2 w MOXIE przebiega w temperaturze 800 °C, co wymagało zastosowania materiałów o wysokiej odporności temperaturowej. Sześć wymienników ciepła dla MOXIE wykonano przyrostowo ze stopu niklu. Wydrukowane w 3D wymienniki poddano procesowi prasowania izostatycznego na gorąco w temperaturze sięgającej 1000 °C w celu redukcji porowatości. Dzięki wykorzystaniu druku przestrzennego, wymienniki mogły powstać jako jednolite części o uproszczonej konstrukcji, eliminując potrzebę łączenia i spajania kilku elementów.

MOXIE jest demonstratorem technologii, która ma zasadnicze znaczenie dla przyszłości eksploracji Marsa. Tlen jest potrzebny nie tylko do oddychania dla przyszłych misji załogowych, ale także jako paliwo rakietowe na ich podróż powrotną. Jak tłumaczy Michael Hecht z MIT, czterech astronautów na Marsie potrzebowałoby do oddychania szacunkowo jednej tony tlenu rocznie, ale by wrócić na Ziemię, potrzebowaliby 25 ton tlenu na 7 ton paliwa. Dostarczenie takiego ładunku na Marsa to trudne zadanie. Przyjęto więc, że łatwiej będzie zbudować moduł – większy, ważący tonę odpowiednik MOXIE, zdolny do produkcji wymaganych ilości tlenu *in-situ*.

WYTWARZANIE PRZYROSTOWE IN-SITU ODPOWIEDZIĄ NA WYZWANIA PRZYSZŁOŚCI

Idąc tym tym tokiem rozumowania, łatwo dojść do wniosku, że zamiast każdego roku dostarczać wielkie ilości sprzętu na orbitę okołoziemską, warto byłoby jak najwięcej tego sprzętu budować in-situ, w przestrzeni kosmicznej. Oczywiście to tylko pewna wizja przyszłości, zupełnie jak w literaturze science-fiction, tym niemniej możliwości w zakresie druku przestrzennego w kosmosie są wykorzystywane od kilku lat na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Podstawowe możliwości w zakresie druku 3D na pokładzie stacji kosmicznej badane są od 2016 roku przy pomocy modułu badawczego AMF (*Additive Manufacturing Facility*), zainstalowanego w standardowej szafie na moduły badawcze – EXPRESS Rack (*EXpedite the PRocessing of Experiments to the Space Station*). AMF umożliwia druk komponentów metodą ekstruzji przy użyciu

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Moduł CMM (Ceramic Manufacturing Module)

Miniaturowe bliski turbiny wykonane z kompozytu ceramicznego CMC za pomocą modułu CMM. Po prawej stronie blisk poddany procesowi pyrolizy

Aspekty i elementy HYDRAULIKI OBRABIARKOWEJ cz. 3: siłowniki hydrauliczne

Podstawowy siłownik użytkowany w obrabiarkach składa się z cylindra (z rury stalowej grubościennej, walcowanej lub ciągnionej bez szwu), tłoka z tłoczyskiem, głowic z otworami zasilającymi, uszczelnień i elementów mocujących. Jest to siłownik dwustronnego działania, najczęściej z tłoczyskiem jednostronnym. Występują różne rodzaje i różne typy siłowników. W artykule przedstawiamy niektóre aspekty i charakterystyki pracy siłowników obrabiarkowych.

Aleksander Łukomski

W siłowniku z tłoczyskiem jednostronnym, najczęściej używanym w budowie obrabiarek, warunki pracy w obu kierunkach są niejednakowe. Czynna powierzchnia tłoka z jednej strony jest zmniejszona przez tłoczysko, a z drugiej jest równa średnicy wewnętrznej cylindra. W niektórych przypadkach może to być niekorzystne, kiedy prędkość tłoka i siła powinny być równe w obu kierunkach np. w szlifierkach. W przypadku gdy prędkość tłoka może lub musi być różna w obu kierunkach, można to łatwo uzyskać przy zastosowaniu odpowiedniej średnicy tłoczyska lub przy odpowiednim zastosowaniu dławienia na wlocie lub wylocie siłownika (zawory-dławiki z regulacją przepływu). Łatwiejsze jest regulowanie przepływu na wylocie.

Obliczając średnicę cylindra zakłada się ciśnienie w cylindrze oraz średnicę tłoczyska. Znaczenie ma zakładany typ pompy zasilającej oraz charakter pracy urządzenia obrabiarki. W zależności od rodzaju obrabiarki ciśnienia te zazwyczaj wynoszą:

- w szlifierkach, honownicach, docierarkach: od 8 do 20 bar
- w napędach posuwów frezarek, tokarek, wiertarek, jednostek zespołowych: od 25 do 60 bar
- w mechanizmach pomocniczych, jak uchwyty, zaciski: od 25 do 100 bar.

Średnicę tłoczyska oblicza się z warunków wytrzymałościowych, uwzględniając wyboczenie, albo ustala się z warunków konstrukcyjnych. Uwzględnić tu trzeba odpowiednie składowe sił skrawania, tarcie w prowadnicach i uszczelnieniach (spoczynkowe i w ruchu), a także siły bezwładności powstające na początku ruchu np. zespołu posuwowego z wrzeciennikiem, które potem przy ruchu ustalonym już nie występują.

Obliczone średnice cylindra i tłoczyska należy zaokrąglić w górę do liczb normalnych, ze względu na normalizację rur, uszczelnień i narzędzi używanych do budowy siłowników.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Na rajdowym szlaku Fiatem 125p

Rajdy samochodowe wymagają nie tylko wielkiej biegłości w posługiwaniu się kierownicą, lecz również dużej wiedzy technicznej i konkurencyjnego, a zatem drogiego sprzętu. Nie chodzi tu jedynie o dobry samochód, ale też o najwyższej klasy obsługę serwisową i możliwość zapewnienia sobie przewagi technicznej w ramach obowiązujących regulaminów. Często nawet bardzo utalentowani kierowcy nie mogą sobie poradzić z wymaganiami sprzętowymi wiążącymi się z budżetem. Zdarzają się jednak tacy, którzy dzięki wysokiemu poziomowi wiedzy technicznej połączonej z talentem potrafią osiągać sukcesy, będąc niemal oderwani od wielkiego zaplecza technicznego. Jednym z nich jest mgr inż. Marek Rada, często goszczący na najwyższych pozycjach list wyników renomowanych imprez lat osiemdziesiątych. Niemal cała jego kariera zawodnicza związana była z modelem FSO Fiat 125p.

Z wielokrotnym mistrzem strefy zachodniej i północno-zachodniej, mistrzem okręgu, zawodnikiem czołówki klas w rajdowych mistrzostwach Polski i pucharze FSO – Markiem Radą – rozmawia Ryszard Romanowski

– *Jak się zaczęła twoja fascynacja rajdami samochodowymi?*

– W roku 1967 roku byłem na Rajdzie Polski kibicować. Pojechałem wtedy do babci ze strony ojca, która mieszkała w Polanicy Zdroju. Baza rajdu była wtedy w Krakowie, a zawodnicy jechali aż do Kotliny Kłodzkiej i z powrotem. Długości tras wynosiły ponad 2000 km. Oglądałem odcinki specjalne całą noc. Jak wróciłem rano babcia była przerażona. Moja wina, bo nic jej nie powiedziałem. Nie zamierzałem zresztą spędzić tam całej nocy, ale wszystko się jakoś tak ułożyło, że zostałem do końca. Było lato, cieplutko. Pamiętam, że jechał Komornicki na BMW i Andrzej Jaroszewicz. Wtedy jeszcze do mnie nie docierało, że on był synem premiera. Później zacząłem dostrzegać podobieństwo.

Przypomniał mi się też mój pierwszy kontakt z Krzysztofem Hołowczycem. Już po bardzo wielu

Marek Rada wspomina rajdowe przygody

latach od wspomnianego Rajdu Polski. Chyba na Rajdzie Dolnośląskim, gdzie „Hołek" jechał swoją słynną taksówką z zaklejonymi numerami. Chyba nawet miał taksometr. Rozmawialiśmy przez opuszczoną szybę w drzwiach. W końcu gdy wysiadł z samochodu aż się przeraziłem, jaki on był wysoki. Wygrał wtedy klasę N, tzw. Enkę i był wysoko w klasyfikacji generalnej.

Wcześniej były jeszcze rajdy Monte Carlo. Studiowałem w Gdańsku i kilka razy mogłem oglądać rajdowe auta na Długim Targu. W jednym z rajdów wszyscy kibicowali Sobiesławowi Zasadzie. Jechał białym Porsche i miał wielkie szanse na pierwszą trójkę. Przed ostatnim etapem zwanym nocną karuzelą, gdy był chyba szósty w klasyfikacji generalnej, otrzymał wiadomość o śmierci ojca. Przerwał rajd i wrócił do domu. Wtedy też kończyła się era Mini.

W Gdańsku poznałem Andrzeja Szulca, kolegę studenta, co prawda architektury. Już wtedy jeździł w rajdach Fiatem 850 w okręgu gdańskim. Później przesiadł się na Syrenę i ruszył na mistrzostwa Polski, często wygrywając klasę.

Po za tym był Józef Ważny, znany zawodnik z mojego rocznika. Włodzimierz Groblewski z pilotem Januariuszem Czerwońcem to koledzy z roku. Była tam wtedy mocna ekipa zainteresowana rajdami. I tak się zaczęło.

Zresztą w końcu dlatego na tę politechnikę poszedłem, a konkretnie na kierunek samochodowy. Wtedy, z tego co pamiętam, kierunki takie były tylko na czterech uczelniach w Polsce. Na mojej kierunek nazywał się samochody, na innych – samochody i ciągniki albo – pojazdy. Wybór był prosty, tym bardziej, że wpłynęło na niego jeszcze trochę innych czynników. Chociażby taki, że do dziewiątego roku życia mieszkałem w pobliskiej Kościerzynie. Ojciec był tam nadleśniczym. Politechnika pozwoliła mi poznać i uczestniczyć w wykładach tak znakomitych twórców polskiej motoryzacji jak prof. Mieczysław Dębicki, współkonstruktor Starów – od legendarnego modelu 20 do 266, a do tego twórca Katedry Pojazdów Mechanicznych w Gdańsku.

– Od zainteresowania do ujęcia kierownicy rajdowego auta droga jest pełna przeszkód technicznych i finansowych. Jak się zaczęły starty?

– To były specyficzne czasy, ale główną przeszkodą, tak jak dzisiaj, pozostawały finanse. Dlatego wyjechałem do Austrii. Jak wracałem, nowy Fiat 125p już był w domu. Ojciec z moją żoną i kierowcą z firmy, jako fachowcem, pojechali po niego do Polmozbytu w Zielonej Górze. Mimo, że byli z fachowcem to wcisnęli im Fiata ze starym akumulatorem. Rano już silnik nie odpalił. Po powrocie podjąłem pracę, zostałem zastępcą kierownika w stacji obsługi Polmozbytu i dzięki temu udało się wymienić akumulator na gwarancji. Bez koneksji nie było to wówczas takie proste.

Pierwszym moim samochodem był Maluch, którego po trzech dniach od zakupu sprzedałem. Tak to wtedy było. Polskie Fiaty 126p kosztowały wtedy sześćdziesiąt kilka tysięcy na tzw. książeczkę, a w prywatnej odsprzedaży już ponad 100 tysięcy... Później kupiłem używanego Polskiego Fiata 125p 1300, stary model ale już z dźwignią zmiany biegów w podłodze.

– Później zaczęły się rajdy i pierwsze sukcesy. Samochód służył zarówno do codziennej jazdy, jak i do sportu. Rzecz teraz niewyobrażalna. W pewnym momencie pojawił się drugi Fiat, tym razem typowa „rajdówka". Jak do tego doszło?

– Strefa w Zielonej Górze w deszczu... śliski asfalt... już niemal widać było metę i pierwsze miejsce na podium. Z opon zajechanych na treningu gdzieniegdzie wystawały druty. Na ostatnim chyba prawym ostrym zakręcie zaliczyliśmy drzewo. Przykre.

Rajd Wisły, próba wyścigowa na Równicy. Za chwilę Marek Rada wyprzedzi braci Stawowczyków na Ładzie

Po kolizj z drzewem

Aby dostać nowe nadwozie po wypadku trzeba było mieć oceny dwóch rzeczoznawców. Jak płyta była uszkodzona nadwozie kwalifikowało się do wymiany. Udało się załatwić nowe nadwozie, a „rajdówka" powstała na bazie tego rozbitego. Powstawała w Polmozbycie. Był dostęp do części pogwarancyjnych. Np. tylne mosty wtedy były jednoczęściowe, tzw. amerykańskie i nikt nie potrafił tego wyregulować. Wymieniano je na gwarancji. Były przyrządy do regulacji, ale trzeba było umieć się z nimi obchodzić. I m.in. z takich części powstał samochód rajdowy. Normalni mechanicy już wtedy woleli wymieniać niż naprawiać. Kiedyś dostałem od kolegi silnik Poloneza wymieniony na gwarancji. Podobno brał olej. Wystarczyły nowe pierścienie i kilka innych części aby nadal służył.

Za tą fotografią kryje się ciekawa historia. Opowiada Ryszard Romanowski:

To była krótka „okręgówka". Zbyt blisko mety lotnej pozwolono parkować samochody. Marek czekał na start, a ja kończyłem przejazd z urwanym przednim amortyzatorem; też Fiatem 125p. Na mecie, przy około 140 km/h zobaczyłem tłum ludzi i manewrujące auta. Efekt hamowania był słaby. Nie pomogło nawet wycięcie rachitycznego drzewka po lewej. Odbiłem w prawo licząc na wysoki, granitowy krawężnik. Zbyt nerwowo zareagowałem i otarłem się o auto Marka, niszcząc drzwi, na których widniało moje nazwisko i grupa krwi – w poważniejszych rajdach byłem wtedy pilotem Marka. Skończyło się wielką radością kolegów i naprawą drzwi przed kolejnym rajdem...

– Początkowo był samochód tzw. grupy I, a później N, czyli z bardzo ograniczonymi możliwościami przeróbek dostosowujących do sportu. Po nim wyższe grupy, a co za tym idzie więcej możliwości ingerencji technicznych. Co można było poprawić?

– Głównie jeździliśmy w grupie A. Zaczynaliśmy we wcześniejszej II grupie, lecz niebawem nastąpił inny podział i zmiana przepisów technicznych. Było tam mało możliwości do rywalizacji bez dużego budżetu. Miałem koncepcję zgrania dwóch gaźników, ale niebawem wszystko się zmieniło. W grupie A już takich przeróbek nie można było robić. Wszystko musiało być oryginalne, np. jeden gaźnik na oryginalnym kolektorze. W międzyczasie pojawił się Polonez, którego elementy można było wykorzystywać. Przykładem może być sprzęgło. Fiatowskie – ciężkie, na dużych sprężynach z regulacjami, a w Polonezie już takie jak montuje się obecnie. Zbudowałem skrzynię polonezowską na bazie skrzyni Fiata. Zresztą w Polonezie było rozwinięcie skrzyni Fiata. Od razu zwracał uwagę lewarek wychodzący bezpośrednio ze skrzyni. Środek był identyczny, tyle że Fiat miał krótsze przełożenia, nieekonomiczne, ale do sportu znacznie bardziej korzystne. Fiat był skonstruowany pod Włochy, a to kraj górzysty. Zbudowałem skrzynię pięciobiegową na bazie skrzyni fiatowskiej.

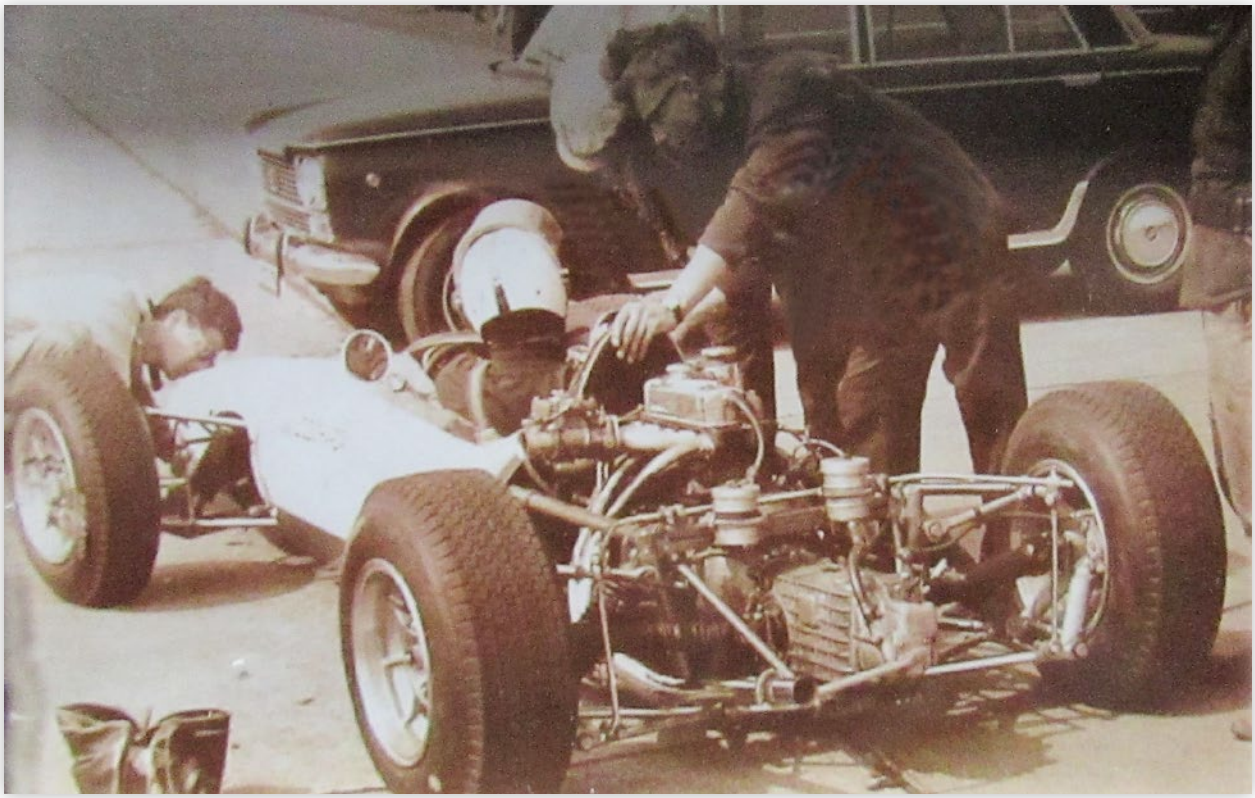
Trzeba było precyzyjnie zrobić wydłużoną tzw. choinkę. Na przedłużonym wałku musiały zmieścić się koła zębate piątego i wstecznego biegu. W efekcie miałem pięciobiegową skrzynię Poloneza na przełożeniach Fiata. Nie wiem czy ktoś jeszcze w Polsce wpadł na taki pomysł.

Zastosowałem zawory z Łady. Fiat miał chyba 19 mm średnicy zaworów wydechowych, a Łada

Rajd Elmot 1980

23 mm; średnica zaworów ssących u Fiata to było 27 mm, a w Ładzie 29 mm. Poza tym wymiary były identyczne.

Bardzo ważne było obniżenie masy układu rozrządu. Miałem założone „maluchowskie" szklanki. Duralowe drążki popychaczy z Malucha



Formuła Polonia. Marek Rada za kierownicą

Marek Rada przeprowadza na swojej hamowni badania Merlisa – samochodu Stanisława Lisowskiego, słynnego mechanika i wielokrotnego mistrza Polski w rajdach terenowych

z wprasowanymi końcówkami z Fiata 125. Szef mechaników żużlowej kadry Polski i gorzowskiej Stali – Edward Pilarczyk, zwany „panem mistrzem" zalecił przerobić miseczki zaworowe z żużlówki, które były z duralu. Masa układu spadła o około 40%. Szykując się do wyścigów stosowałem rozwiercony kolektor. Zresztą kolektory fabrycznie nie były dobrze spasowane, pomiędzy ich otworami a otworami w głowicy były progi. Więc i tak trzeba było je obrobić.

W międzyczasie zostałem rzeczoznawcą i diagnostą. Miałem okazję odbyć rozmowy z prof. Witoldem Rychterem. Ktoś musiał mnie wprowadzić, mówiło się wtedy zarekomendować. Pierwsza rozmowa odbyła się w Zielonej Górze, a druga w Warszawie. Dopiero po ich pozytywnym wyniku można było przystąpić do stażu asystenckiego u boku doświadczonego rzeczoznawcy i w końcu do egzaminu państwowego w ministerstwie. Przewodniczącym komisji był prof. Witold Rychter. Miło wspominam kontakty z profesorem. Rozmowa zaczynała się od pytania z czym kojarzy się słowo Delco, a po kilku minutach głównym tematem był sport samochodowy.

– Po karierze rajdowej miałeś także przygodę pedagogiczną. Dzielenie się z młodzieżą nie tylko wiedzą lecz również sprzętem, na który szkoły nie stać.

– Wraz ze mną do szkoły trafiła moja hamownia podwoziowa. Przebadała wiele pojazdów, a teraz stoi u mnie w garażu i poszukuje nowego właściciela. Ja realizuję swoją drugą pasję, którą jest żeglarstwo.

– Dziękuję za rozmowę.

Z Markiem Radą rozmawiał
Ryszard Romanowski

Zobaczymy co z tego będzie

W grudniu ub. roku ubyło nam ponad 30 tysięcy cwaniaków. W styczniu, w ciągu tylko jednego dnia zamknęło się lub zawiesiło działalność ponad 10 tysięcy cwaniaków. Jak tak dalej pójdzie to już niedługo pozbędziemy się wszystkich cwaniaków w naszym kraju i zostaną tylko sami porządni. Bo przecież ogłoszono wszem i wobec, że na tzw. Polskim Ładzie stracą tylko sami cwaniacy. No a skoro upadają z tymi swoimi działalnościami, to niechybnie muszą to być cwaniacy, nikt inny. Porządnym ludziom to z każdym dniem tylko się poprawia i pławią się w dobrobycie, o którym towarzysz Gierek mógł tylko pomarzyć.

Tomasz Gerard

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Prenumerata

PRENUMERATA ROCZNA

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

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

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

POJEDYNCZE WYDANIE

Koszt pojedynczego e-wydania: 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