ISSN 1899-699X cena 20,25 zł (w tym 8% VAT)

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

1/2 (184/185) styczeń/luty 2023

- Formy wtryskowe: Problem ze smukłą wypraską
- Kompetencje inżyniera mechanika
- Wyznaczanie rozkładu sztywności statycznej tokarki

NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE DO METALI

Przegląd materiałów na narzędzia

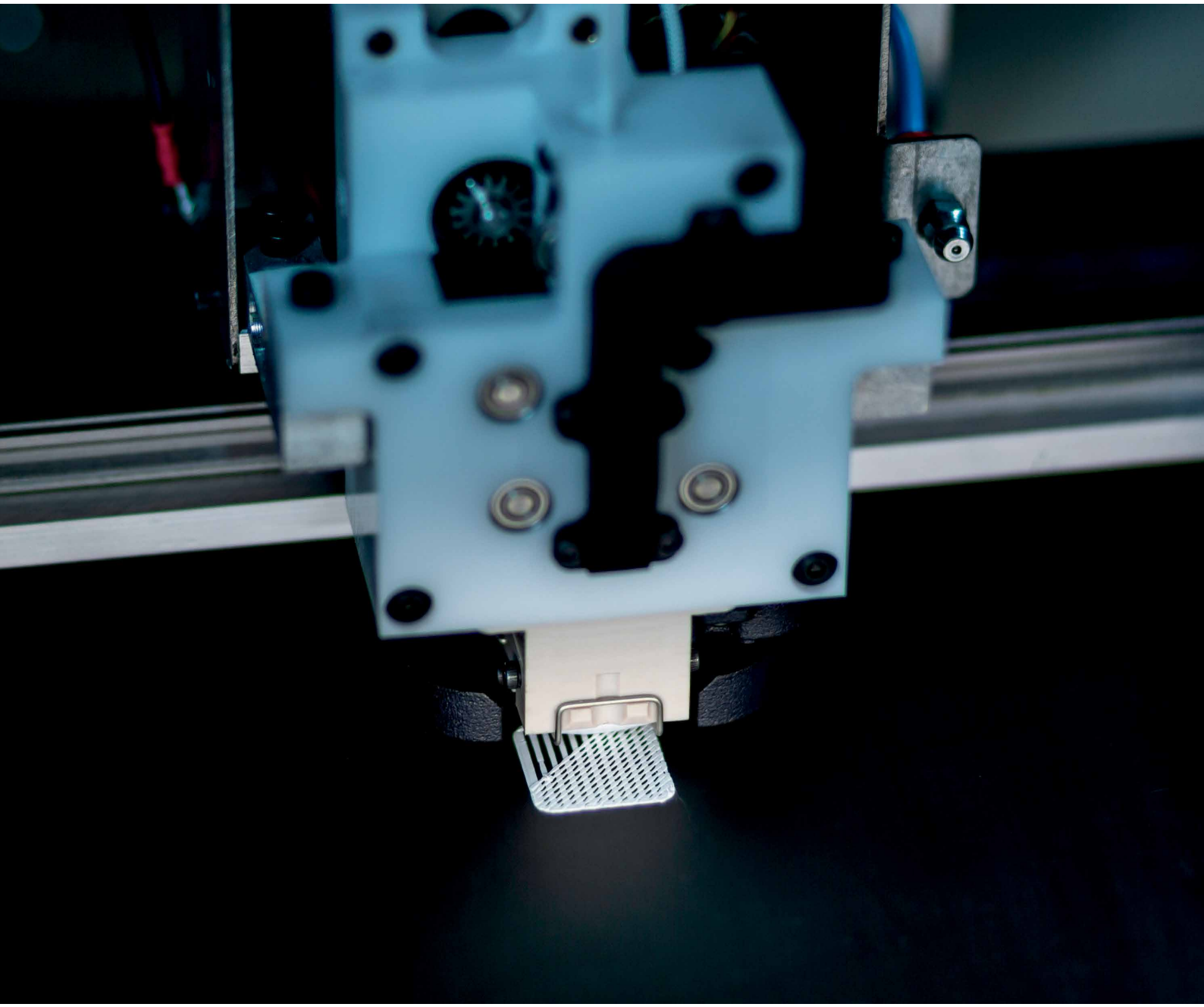
Konstrukcja narzędzia, geometria ostrza

Wiertarki, narzędzia wiertarskie

Kompozyty z włóknem lnianym zastępują węglowe

Konstrukcje latające VTOL: renesans *tail-sitters*

CERAMIT
CERAMIC ENGINEERING



DRUKOWANIE 3D CERAMIKI TECHNICZNEJ

wysokiej jakości wydruki z tlenku glinu i dwutlenku cyrkonu
prototypowanie i wdrożenia wielkoseryjne

www.ceramit.pl/drukowanie-ceramiki

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 1/2 (184/185)
styczeń/luty 2023

rok XVII
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

ITER © 2023

Drodzy Czytelnicy,

W połowie ub. roku ukazała się Światowa Deklaracja Klimatyczna, podpisana do tej pory przez przeszło 1400 naukowców i zawodowców różnych specjalności, na czele z laureatem Nagrody Nobla z fizyki, profesorem Ivarem Giaeverem (nagroda za odkrycie tunelowania w nadprzewodnikach). Deklaracja została gremialnie przemilczana przez wszystkie media głównego nurtu, a wyszydzona przez dyżurny portal internetowy, stworzony przez Komisję Europejską dla tropienia niewygodnych dla niej, „niewłaściwych" opinii. I za taką, niewłaściwą opinię zostało uznane przesłanie Deklaracji, które mówi, że nie ma żadnego zagrożenia klimatycznego, a przedstawiane powszechnie modele klimatyczne są niewiarygodne i służą jako narzędzia wdrażania globalnej polityki. Jeden z głównych autorów Deklaracji, Richard Lindzen (fizyk atmosfery, profesor meteorologii w Massachusetts Institute of Technology), napisał, że obecna narracja ws. klimatu jest absurdalna, i że uwiarygadniają ją zależni od grantów naukowcy-propagandziści oraz posłuszni agendzie dziennikarze. Wskazał, że stoją za tym biliony dolarów.

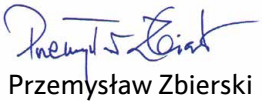
Cóż, niby nic nowego, *pecunia non olet*, tak było, jest i pewnie będzie jeszcze. Smutniejszy jest ten brak refleksji dzisiejszego człowieka, jego totalna bezradność wobec zmasowanej propagandy, właściwie w każdym przejawie życiowej aktywności. O globalnym ociepleniu mówią dziś przecież wszyscy i to z takim przekonaniem, jak o jakiejś prawdzie objawionej. Gdyby tylko na mówieniu się kończyło. Jeden z globalnych koncernów spożywczych, szeroko obecny także w Polsce, rozpisał konkurs na zaprojektowanie urządzeń właśnie do walki z globalnym ociepleniem. Wśród przeszło stu zgłoszeń zwycięstwo przypadło w udziale firmie, która zaprojektowała... maskę dla krów, mającą za cel neutralizację emisji metanu. Ponoć pomysłodawcą tego żałosnego konkursu był książę Walii, a wystawę odwiedził nawet sam król Karol III, co miało dodać splendoru tym wątpliwym wydarzeniom.

Globalne ocieplenie to oczywiście tylko przykład takich „prawd" podawanych nam do wierzenia w ostatnich czasach, które mają usprawiedliwić dekonstrukcję cywilizacji i społeczeństw.

To że rozmaite siły są zainteresowane w zmianie warunków życia i deformacji normalnych postaw ludzkich, to nie nowina. Ale zachowania tych wszystkich, którzy im się wysługują, którzy są odpowiedzialni za przekazywanie rzetelnych informacji, sprawdzonych wiadomości, wiedzy i prawdy, a zamiast tego podają coś zgoła odmiennego – w szkołach, na uczelniach, w mediach, publikacjach książkowych, to przecież nie jest kwestia wyłącznie niekompetencji. Szkoda tylko, że tej gorliwości we wdrażaniu odgórnych dyrektyw towarzyszy brak wyobraźni na temat konsekwencji, jakie one ze sobą niosą.

A przecież każdy z nas powinien zastanawiać się nad konsekwencjami swoich wyborów i działań. Czyż nie?

Zapraszam do lektury kolejnego wydania naszego magazynu,



Przemysław Zbierski

Spis treści

Nr 1/2 (184/185)
STYCZEŃ/LUTY 2023

Przędza przekształcająca energię 6

Wykrywanie wad metalowego wydruku 3D 6

Bizzarrini powraca 7

Jeszcze większa rozdzielczość 8

Przełącznik izolator-nadprzewodnik 8

Wielomateriałowy filament do druku 3D 10

Owadzie systemy CASE 12

Programowalne, zmiennokształtne materiały 12

Sztuczne pszczoły 13

Narzędzia skrawające do metali; cz. 1 14
Julian Kiełczewski, Aleksander Łukomski

Kompozyty z włóknem lnianym zastępują węglowe 20
Ryszard Romanowski

Problem ze smukłą wypraską 26
Jerzy Dziewulski

Wyznaczenie rozkładu sztywności statycznej obrabiarki z użyciem wyników pomiarów fotogrametrycznych 31
Paweł Majda, Aleksandra Ogórska

Obrabiarki skrawające do metalu: wiertarki 40
Aleksander Łukomski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

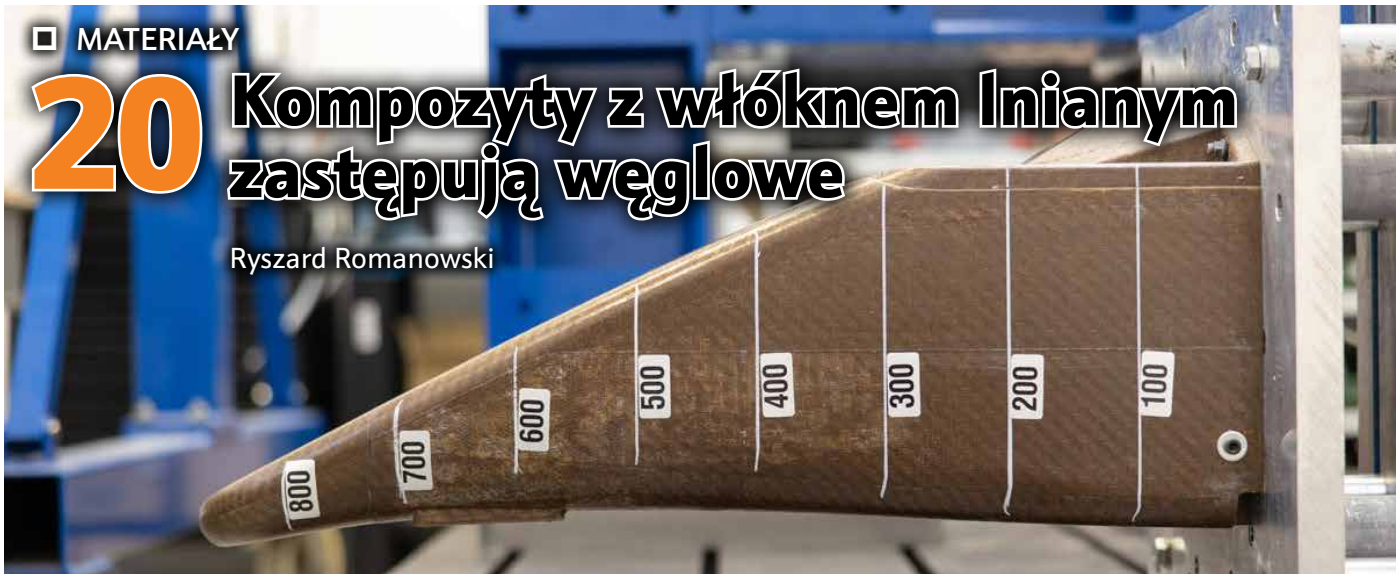
Jak działa *Design for Assembly*? Przypadek zaworu zmiennych faz rozrządu 44
Michał Hałas ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Pionowzloty w konfiguracji *tail-sitter* 46
Jacek Zbierski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Hennessey: *made in USA* 50
Ryszard Romanowski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Kompetencje inżyniera mechanika 54
Aleksander Łukomski ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM

Z Piastowa na Powiśle 58
Tomasz Gerard ARTYKUŁ DOSTĘPNY w WYDANIU PŁATNYM



MATERIAŁY

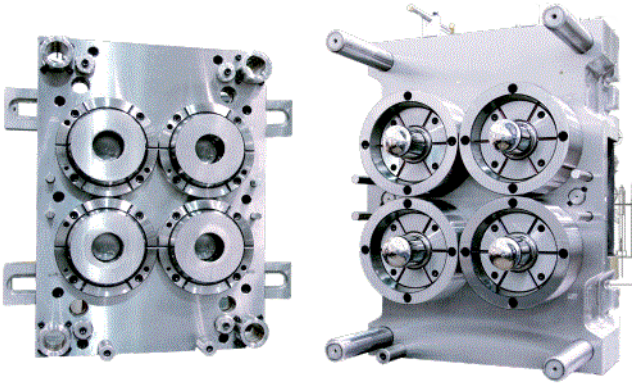
20 Kompozyty z włóknem lnianym zastępują węglowe

Ryszard Romanowski

ANALIZY, SYMULACJE

26 Problem ze smukłą wypraską

Jerzy Dziewulski



MASZYNY i URZĄDZENIA

40 Obrabiarki skrawające do metalu: wiertarki

Aleksander Łukomski

KONSTRUKCJE

46 Pionowzloty w konfiguracji *tail-sitter*

Jacek Zbierski

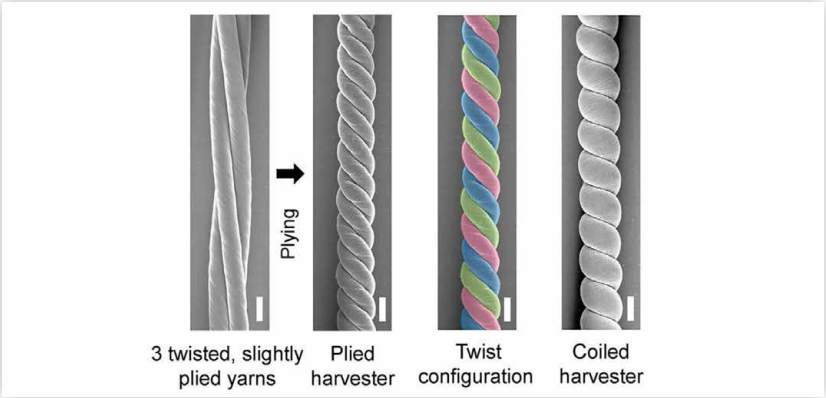
Dziś pojęcie pionowzlotu kojarzy nam się z takimi konstrukcjami jak V-22 Osprey czy Harrier, kiedyś jednak samoloty pionowego startu i lądowania (ang. VTOL) wyobrażano sobie zupełnie inaczej.

Przędza przekształcająca energię

Naukowcy z University of Texas z Dallas uzyskali przędzę, która znacznie skuteczniej niż znane dotąd rozwiązania zmienia energię mechaniczną w elektryczną. Przędza Twistron, zbudowana z nanorurek węglowych, konstrukcyjnie przypomina zwykłą przędzę wełnianą lub bawełnianą, lecz generuje prąd podczas skręcania, rozkręcania lub rozciągania.

Może mieć bardzo szerokie zastosowania, od użycia jako domieszka w tkaninach, z których powstaje odzież, aż po pozyskiwanie energii w słonej wodzie z fal oceanicznych. Nadaje się do ładowania superkondensatorów.

Nanorurki węglowe CNT są wydrążonymi cylindrami o średnicy 10 tysięcy razy mniejszej od ludzkiego włosa. Skręcane są w lekkie włókna, do których można dodać elektrolit.



Podobne doświadczenia prowadzono już wcześniej, skręcając rurki bardzo ciasno. Okazało się, że kluczem do sukcesu jest ich luźne skręcenie, zwykle początkowo w jedną, a następnie w drugą stronę, aby nitka samoistnie się nie rozplatała. Optymalne właściwości uzyskano przy użyciu przędzy trzywarstwowej. Wydajność konwersji energii w przypadku rozciągania wyniosła 17,4%, a podczas skręcania 22,4%.

Poprzednio badane ciasno skręcone włókna osiągały wydajność nie przekraczającą 7,6%.

utdallas.edu

Wykrywanie wad metalowego wydruku 3D

Coraz powszechniejsze, zarówno w produkcji gotowych wyrobów, jak i części zamiennych, staje się wytwarzanie przyrostowe wykorzystujące proszki metali. Niestety obarczone jest ono ryzykiem wystąpienia pewnych defektów, wykluczających zastosowanie tej technologii tam, gdzie wymagana jest jak najwyższa wytrzymałość elementu.

Powszechnie stosowana jest laserowa fuzja proszkowa LPBF. Elementy powstające z jej zastosowaniem zwykle są nieco porowate, a w związku z tym wrażliwe na zjawiska zmęczeniowe.

Tao Sun i Zhongshu Ren z uniwersytetu Virginia opracowali metodę, która pozwala nie tylko wykryć defekty, lecz dokładnie określić moment, w którym one powstały. Zintegrowano synchrotronowe obrazowanie rentgenowskie, zwane operando, z obrazowaniem w bliskiej podczerwieni, wzbogacając to wszystko o uczenie maszynowe. Reakcja systemu trwa poniżej milisekundy, a dane są pewne w 100%.

Powstające pory i tzw. depresje parowe są funkcją mocy i prędkości lasera oraz poziomu zdolności użytych materiałów do pochłaniania energii.

Opracowana metoda pozwala na wytwarzanie przyrostowe struktur pozbawionych dotychczasowych wad. Może znaleźć zastosowanie w przemyśle lotniczym i kosmicznym, np. przy budowie skrzydeł, wysokowytrzymałych elementów gondoli silników itp. Ponadto wszędzie tam, gdzie wytwarza się elementy strukturalne jednostkowo.

engineering.virginia.edu

Bizzarrini powraca

Inżynier Giotto Bizzarrini to prawdziwa legenda mechaniki samochodowej. Budował nie tylko słynne 12-cylindrowe silniki dla Ferrari i Lamborghini. W 1964 roku w Livorno założył firmę pod własnym nazwiskiem. Do roku 1969 powstawały tam perfekcyjnie budowane samochody, które święciły triumfy również na torach. Charakterystyczne nadwozia projektował do nich Giorgetto Giugiaro.

Firma zbankrutowała w 1969 roku. Obecnie samochody Bizzarrini stanowią ozdobę największych kolekcji, a ich ceny na aukcjach wynoszą wiele milionów euro. Inżyniera można było czasem spotkać na znanych imprezach samochodowych, takich jak np. wyścig Mille Miglia, gdzie chętnie dzielił się wiedzą i wspomnieniami.

W pierwszych latach obecnego stulecia dużo mówiono o reaktywacji marki. Przedstawiono kilka samochodów koncepcyjnych. Rok temu powstała prototypowa replika 5300 GT Revival Corsa (na zdjęciu poniżej).

W tym roku marka nabrała rozmachu. Inżynier Bizzarini ma już 97 lat i swoim nazwiskiem firmuje powstający supersamochód. Nadwozie jest dziełem dawnego współpracownika Giorgetta Giugiaro i jego syna Fabrizia. Pojawiła się strona internetowa projektu i rysunki. Pierwsze jazdy zapowiedziano na przyszły rok. Do napędu posłuży specjalnie opracowany silnik V12, wzorowany na historycznych konstrukcjach, a zarazem w pełni nowoczesny. Silnik będzie współpracował z ośmiobiegową, manualną skrzynią biegów o dwóch sprzęgłach. Wypada uzbroić się w cierpliwość i obserwować postępy prac.

bizzarrini.com

ZWYKŁA SPRĘŻYNA SPIRALNA INNEJ FIRMY

SPRĘŻYNA FALISTA SMALLEY®

Zawór ciśnieniowy

Zawór olejowy

Przekładnia ruchoma

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.

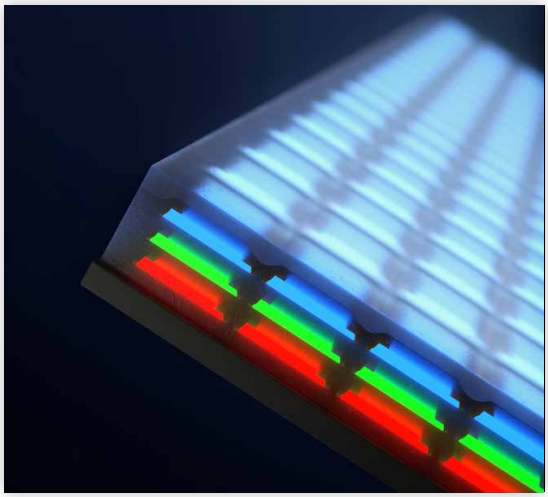
SMALLEY®

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

Jeszcze większa rozdzielczość



Obecnie stosowane ekrany o dużej rozdzielczości osiągnęły szczyt swoich możliwości. Począwszy od ekranów telewizyjnych, po te, stosowane w samolotach, samochodach i innych urządzeniach, wszędzie dominują organiczne diody elektroluminescencyjne OLED. Poziomo ułożone w ekranach diody osiągnęły już maksymalny poziom miniaturyzacji, czyli minimalnej wielkości pojedynczego piksela. Mają jednak poważną wadę, polegającą na możliwości degradacji, czyli wypalenia.

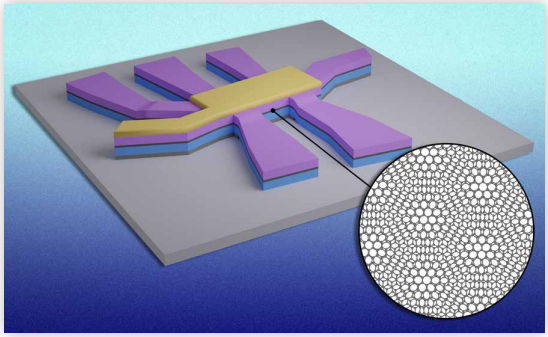
Zastosowane przez naukowców z MIT nieorganiczne mikrodiody LED mają zaledwie jedną setną rozmiaru diod konwencjonalnych. Pobierają mniej energii, są odporne na degradację i zapewniają znacznie wyższą rozdzielczość. Mikroskopijne piksele: czerwony, zielony i niebieski, „hodowane" są oddzielnie na płytkach. Następnie rozmieszczane są pionowo w jednej linii.

Dotychczas stosowane rozmieszczenie pikseli RGB w technologii OLED znacznie ograniczało powierzchnię. Ułożone teraz pionowo mikrodiody pozwalają zmniejszyć powierzchnię o 1/3.

Do rozwiązania pozostał jeden problem blokujący wprowadzenie nowych ekranów do produkcji seryjnej. W przypadku jakiekolwiek błędu w montażu, np. minimalnej niewspółosiowości rzędu diod, całe urządzenie nadaje się wyłącznie do złomowania. Nie można nic poprawić. Naukowcy pracują intensywnie nad usunięciem tej utrudniającej wielkoseryjną produkcję wady.

news.mit.edu

Przełącznik izolator-nadprzewodnik



Grafen ciągle demonstruje coraz to nowe właściwości. Naukowcy z Massachusetts Institute of Technology znaleźli jego nową, bardzo egzotyczną właściwość. Stosując płytki o grubości jednego atomu, ułożone pod objętym tajemnicą kątem, zbudowali strukturę, która błyskawicznie potrafi zmienić się z izolatora w nadprzewodnik i odwrotnie. Działa to podobnie jak neurony w ludzkim mózgu.

Kiedy jeden arkusz grafenu jest ułożony nad drugim, pod odpowiednim kątem tworzy się lekkie przesunięcie, przypominające wzór moire'a lub supersieć. Umieszcza się to pomiędzy dwiema warstwami azotku boru. Struktura pod wpływem ciągłego pola elektrycznego jest izolatorem. Gdy pole znika staje się nadprzewodnikiem. Powstała zatem nowa dziedzina wiedzy, zwana twisttronics, badająca właściwości elektryczne zmieniające się podczas warstwowania i skręcania materiałów 2D. W 2019 roku naukowcy z uniwersytetu Stanforda udowodnili, że struktury grafenowe mogą wykazywać właściwości ferromagnetyczne. Zespół z MIT, kierowany przez Javillo-Herrero, początkowo chciał zbudować silny magnes. Tymczasem wyszło coś zupełnie innego. Możliwość szybkiego przełączania od stanu izolatora do nadprzewodnika otwiera drogę do budowy ultraszybkich i oszczędnych tranzystorów i całej nowej elektroniki.

news.mit.edu

ZWCAD 2023

Program CAD jakiego potrzebujesz

ZWCAD.pl

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

Testuj, pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

Poznaj dedykowane rozwiązania branżowe:

ZWCAD Architecture

ZWCAD Mechanical

SZANSA

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

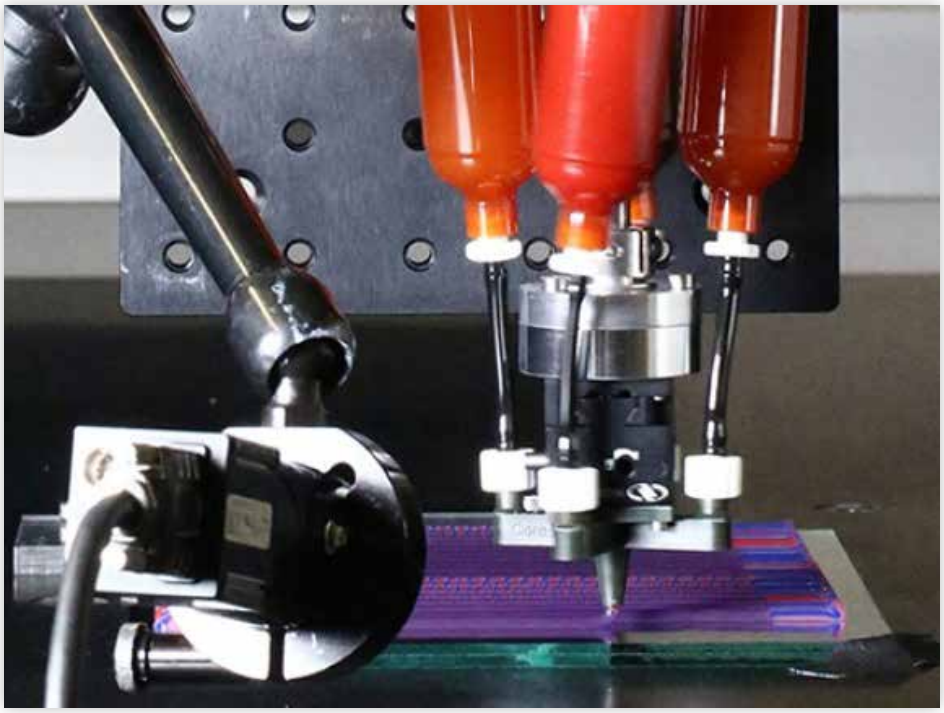
ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Wielomateriałowy filament do druku 3D

Badacze z Uniwersytetu Harvarda opracowali metodę wielomateriałowego druku 3D przy pomocy filamentu o helikalnym splocie. Ich badania były zainspirowane helikalnymi strukturami ze świata przyrody i biologii. Dzięki odpowiedniemu programowaniu konfiguracji filamentu, prezentowana technika druku przestrzennego umożliwia uzyskiwanie wielomateriałowych wyrobów o zróżnicowanej strukturze przestrzennej i parametrach dostosowanych na potrzeby konkretnego zastosowania.

Metoda wielomateriałowego druku 3D opiera się na specjalnie zaprojektowanej głowicy drukującej, wykorzystującej cztery dozowniki materiału w formie tuszu. Każdy dozownik może zawierać inne tworzywo. Materiały z dozowników są symultanicznie wprowadzane do specjalnej, obrotowej dyszy. Odpowiednie zestrojenie obrotów dyszy z ruchem posuwowym głowicy drukującej pozwala uzyskać żądaną strukturę splotu aplikowanego filamentu.

Przy użyciu takiej aparatury powstały wydruki testowe, demonstrujące potencjał zastosowania powyższej metody w budowie miękkich robotów.



Wśród wydrukowanych próbek były sztuczne mięśnie, otrzymane dzięki kombinacji dielektrycznego elastomeru, kurczącego się pod wpływem prądu elektrycznego z przewodzącą elektrodą. Wydrukowano także struktury sieciowe (*lattice*), złożone ze sztywnych helikalnych sprężyn w elastycznej osnowie. Regulacja parametrów druku umożliwia druk helikalnych sprężyn o różnym skoku, co pozwala na konfigurację sztywności całej struktury, która może być wykorzystywana do budowy elementów zawiasowych w miękkich robotach.

Trwają prace nad dalszym rozwojem prezentowanej metody. W nowej konfiguracji możliwe ma być uzyskiwanie bardziej złożonych struktur przestrzennych, zróżnicowanych pod kątem większej liczby parametrów.

seas.harvard.edu

Wyższa niezawodność procesu gwintowania

Połączenia śrubowe stanowią istotną rolę dla redukcji kosztów i bezpieczeństwa komponentów stosowanych w budowie maszyn. Gwinty wewnętrzne zwykle wykonywane są na końcu procesu produkcyjnego, a ich realizacja z technicznego punktu widzenia nie jest łatwym procesem. Jeśli jakość gwintu nie zostanie osiągnięta lub gwintownik ulegnie złamaniu, powstają kosztowne braki i przestoje. Powłoki Oerlikon Balzers dzięki swoim właściwościom, gwarantują wysoką niezawodność procesu nacinania i formowania gwintu, zwiększają trwałość narzędzi oraz umożliwiają skrócenie cyklu.

Świat metali, inżynieria nie istnieją bez śrub. Znajdujemy je w niemalże wszystkich maszynach, turbinach, silnikach, przekładniach, samochodach oraz urządzeniach codziennego użytku np. telefonach komórkowych. Przy wykonywaniu gwintu należy wziąć pod uwagę wiele czynników. Są one związane z narzędziem i parametrami obróbki, materiałem obrabianym i geometrią krawędzi tnącej. Powłoka odgrywa tu kluczową rolę.

Gwint wykonywany jest na końcu procesu produkcyjnego. Im bardziej złożony jest cykl technologiczny i droższy komponent, tym większe są szkody powstają w przypadku złamania narzędzia. Wówczas przedmiot obrabiany nie nadaje się do użytku i musi zostać wybrakowany lub poddany ponownej obróbce. Skutkuje to wysokimi kosztami materiału i robocizny.

Wyższe wymogi dla narzędzi do gwintowania

Aby zaoszczędzić na wadze lub materiale, czy umożliwić bardziej zwartą konstrukcję, wykorzystywane są krótsze gwintowniki. Innym wyzwaniem z przemysłu jest wzrostu wydajności i zmniejszenie kosztów produkcji. Celem jest wydłużenie trwałości narzędzia i zwiększenie stabilności procesu przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości gwintu. Można to osiągnąć tylko przy niskim współczynniku tarcia, który prowadzi do obniżenia momentu obrotowego w krytycznych momentach pracy narzędzia, a także ułatwia odprowadzenie wiórów podczas procesu gwintowania.

BALIQ – doskonałe rozwiązanie dla narzędzi do gwintowania

Tylko narzędzia najwyższej jakości mogą spełnić wszystkie wymagania przemysłu, a także zapewnić ekonomiczny i niezawodny proces produkcyjny, przy stałej jakości i często wąskich tolerancjach. Tam, gdzie powłoki TiN i TiCN osiągają swoje granice w nacinaniu gwintu, rodzina powłok BALIQ Oerlikon Balzers umożliwia bardziej wydajną alternatywę. Opiera się ona na technologii S3p (*Scalable Pulsed Power Plasma*), która w inteligentny sposób łączy zalety odparowywania łukowego i rozpylania magnetronowego, tworząc wyjątkowo gładką i wolną od defektów powierzchnię.

Powłoki cienkowarstwowe BALIQ zapobiegają przywieraniu materiału i powstawaniu narostów na krawędziach, nawet w przypadku materiałów trudnoobrabialnych. Jednorodny rozkład grubości powłoki zapewnia niezwykle precyzyjne krawędzie skrawające. Umożliwia to dobry odpływ wiórów, minimalizuje ilość braków oraz obniża koszty ewentualnych napraw. W rezultacie BALIQ zapewnia znacznie dłuższą trwałość narzędzia, wyższą niezawodność procesu i większą wydajność obróbki.

BALIQ AUROS – powłoka do stali i żeliwa

BALIQ AUROS (AlCrN+TiN) został opracowany na gwintowniki i wygniataki do stali stopowych i węglowych. Warstwa bazowa AlCrN zapewnia odporność na ścieranie, natomiast powłoka zewnętrzna, dzięki obojętności chemicznej nie wchodzi w reakcję z materiałem obrabianym i nie tworzą się niepożądane narosty. Odpowiednio dobrane właściwości powłoki i brak wszelkich wad w strukturze na jej powierzchni powodują znaczne obniżenie momentu obrotowego w czasie pracy narzędzia, jego wysoką wydajność oraz stabilną pracę w czasie nacinania bądź formowania gwintu.

Przy zastosowaniu BALIQ AUROS w czasie gwintowania w stali C45 wykonano 4500 gwintów, Vc=30m/min. Gwontownik z pokryciem TiCN dał wynik o 30% mniejszy, uzyskano tylko 3500 otworów.

BALIQ ANTOS – powłoka na gwintowniki do stali nierdzewnej

Nowością Oerlikon Balzers jest BALIQ ANTOS wysokowydajna powłoka na gwintowniki do stali nierdzewnej. BALIQ ANTOS ma strukturę wielowarstwową. Element bazowy AlCrN zapewnia wysoką odporność na zużycie, część wierzchnia pokrycia, WC/C nadaje strukturze gładką powierzchnię. Warstwa ma niski współczynnik tarcia, co gwarantuje narzędziu równomierne obciążenie i optymalną współpracę bez skoku momentu obrotowego. Te czynniki mają szczególne znaczenie przy stali nierdzewnej.

Owadzie systemy CASE

Systemy CASE związane z bezpieczeństwem jazdy autonomicznej, wykrywające inne pojazdy i przeszkody, a przede wszystkim ostrzegające przed kolizją, są bardzo skomplikowane. Wykorzystują rozbudowane układy elektroniczne, radarowe, lidar itd.

Tymczasem statystycznie połowa wypadków śmiertelnych na drodze zdarza się o zmroku i w nocy, mimo że wtedy ruch zmniejsza się aż o 3/4.

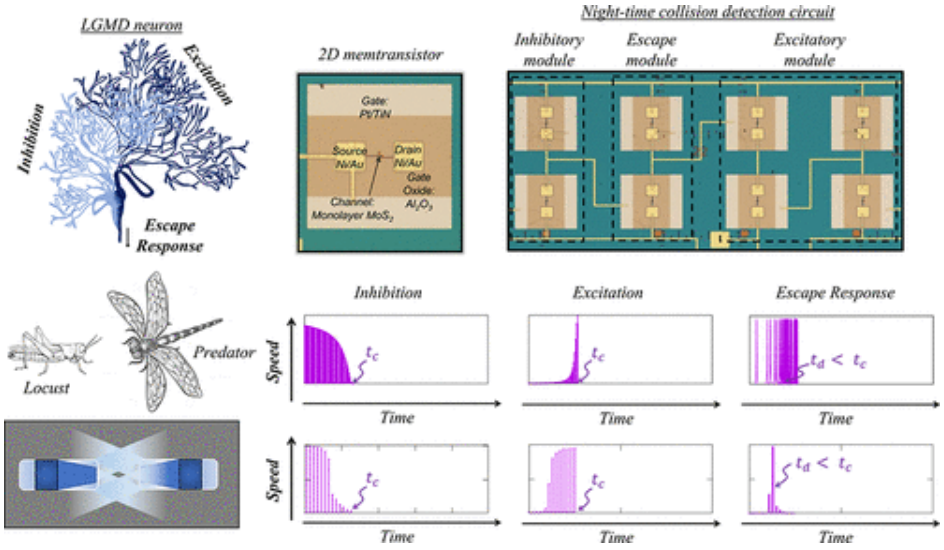
Naukowcy American Chemical Society badali jak muchy, ważki i inne owady unikają kolizji. Rozpoczęto od opracowania algorytmu opartego o obwody neuronowe, wykorzystywane przez owady do omijania przeszkód.

Zbudowano urządzenie, które przetwarza nie cały obraz lecz tylko intensywność światła reflektorów innych pojazdów. Zrezygnowano z kamer i rozbudowanych czujników obrazu.

Powstał mały energooszczędny czujnik, zawierający osiem światłoczułych memtranzystorów z warstwą dwusiarczku molibdenu MoS_2 – wszystko działające w obwodzie o powierzchni zaledwie 40 mikrometrów kwadratowych. Zużycie energii to kilkaset pikodżuli czyli o tysiące razy mniej niż dotychczas używane rozwiązania. Urządzenie wykrywa kolizję co najmniej 2 do 3 sekund wcześniej niż dotychczasowe systemy, dając kierowcy czas na reakcję.

Prace finansowane są przez Army Research Office i National Science Foundation.

acs.org



Programowalne, zmiennokształtne materiały

Materiał, który po naciśnięciu przycisku zmienia kształt, byłby pożądany zarówno wśród producentów mebli, sprzętu medycznego i sportowego, jak i w miękkiej robotyce i przemyśle kosmicznym. Naukowcy Instytutu Fraunhofera opracowują właśnie takie materiały, analizując polimery termoplastyczne i stopy metali, w tym stopy z pamięcią kształtu.

Badana jest ich dokładna mikrostruktura komórek, takie formy jak miniaturowe belki, skorupy itp.

W materiałach tradycyjnych zmiany w komórkach następują losowo. W nowych można je programować i zmienić kształty posługując się temperaturą, wilgocią, polami elektrycznymi lub magnetycznymi. Wszystko w zależności od materiału wyjściowego.

Kawałek tak wykonanego nowego materiału może zastąpić całe systemy czujników, regulatorów i elementów wykonawczych. Głównym celem badań jest zmniejszenie złożoności systemów poprzez integrację z funkcjonalnością materiałów.

Zbudowanie gamy tego rodzaju materiałów wpłynie nie tylko na znaczne uproszczenie budowy wykonywanych z nich produktów lecz również wydłuży ich żywotność, tym samym wydłużając okres poddawania ich recyklingowi. W większości przypadków zwiększy również znacznie funkcjonalność wykonywanych z nich produktów.

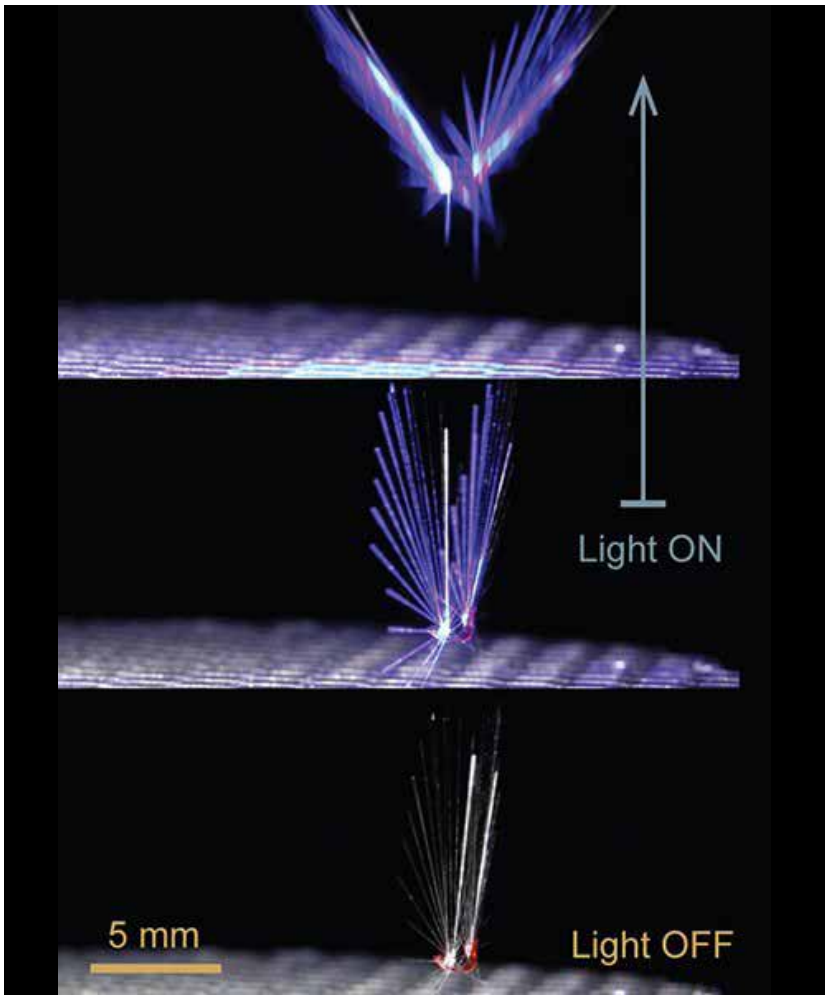
fraunhofer.de

Sztuczne pszczoły

Specjaliści od lat ostrzegają, że spadek liczby owadów zapylających rośliny może wywołać problemy z wyżywieniem światowej populacji. Spadek ten powodowany jest przez uprawę roślin genetycznie modyfikowanych oraz stosowanie niektórych szkodliwych dla owadów środków ochrony roślin. Niestety zamiast odejścia od zgubnych praktyk, podejmuje się co jakiś czas inicjatywy typu wyhodowanie modyfikowanych genetycznie pszczół czy wyprodukowanie sztucznych owadów.

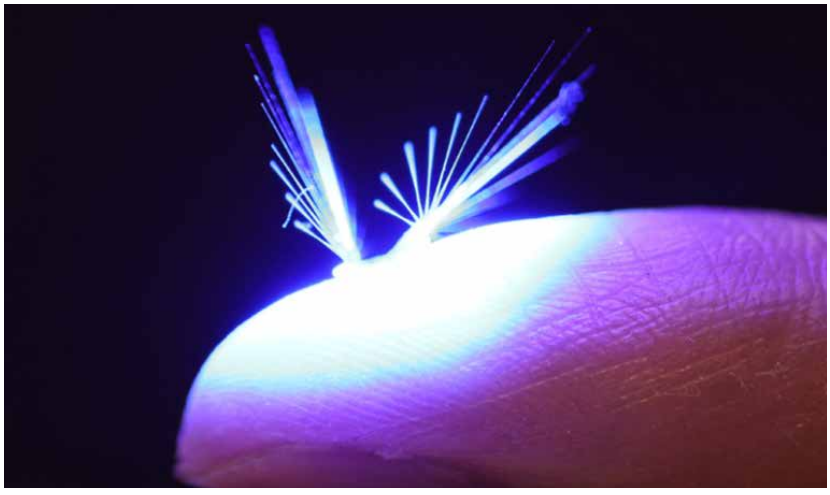
Robotycy z uniwersytetu Tampere zbudowali właśnie pierwszego pasywnie latającego robota wyposażonego w sztuczny mięsień. Wykorzystano reagujące na bodźce polimery, z których powstaje nowa generacja małych, sterowanych bezprzewodowo robotów miękkich. Powstała grupa Light Robots, realizująca projekt nazwany FAIRY. Jej liderem jest Hao Zeng. Zbudowano robota, który unosi się w powietrzu dzięki wiatrowi i może być sterowany światłem. Jego najważniejszą częścią jest miękki siłownik, zbudowany z reagującego na światło ciekłokrystalicznego elastomeru. Siłownik ten reaguje na wiązkę laserową lub światło diod LED, indukując ruch.

Robot ma wysoką porowatość o wartości 0,95 i waży zaledwie 1,2 miligrama. Potrafi w pewnym stopniu kontrolować podmuchy wiatru poprzez stabilną generację



pierścieni wirowych. Pozwala to na długie podróże. Z wyglądu przypomina nasionko mniszka lekarskiego. Potrafi jednak zmieniać kształt, dostosowując się do siły i kierunku wiatru. Pozwala również na kontrolę procesów startu i lądowania. Jest ciągle udoskonalany i już znaleziono dla niego zastosowania pozarolnicze. Może bowiem przenosić mikrourządzenia elektroniczne, takie jak np. GPS i różnego rodzaju czujniki oraz związki biochemiczne.

tuni.fi



NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE do metali cz. 1

Julian Kiełczewski, Aleksander Łukomski

Współczesnej gospodarce towarzyszy duży rozwój materiałów konstrukcyjnych, używanych w produkcji seryjnej różnych wyrobów. Dotyczy to np. produkcji karoserii samochodów, ale też silników, turbin czy wyrobów w przemyśle zbrojeniowym. Zwłaszcza w tym ostatnim od dawna używane są materiały trudne w obróbce skrawaniem, jak np. stal Hadfielda. Obecnie na większą skalę pojawiły się nowe stopy metali; niektóre z nich mają bardzo twardą powierzchnię, zachowując miękki rdzeń, co przysparza technologom dużych trudności w doborze narzędzi do ich obróbki.

Spośród najnowszych materiałów największych trudności obróbczych przysparzają płyty typu sandwich, składające się z połączonych ze sobą na przemian warstw różnych stopów metali, takich jak tytan lub aluminium, z warstwami CFRP, tj. materiału kompozytowego zbrojonego włóknem węglowym z osłoną polimerową. W przypadku takich materiałów pojawiają się dodatkowe wymagania, aby podczas obróbki skrawaniem nie uszkodzić kolejnych warstw poprzez delaminację, przypalenie czy też uszkodzenia warstwy CFRP wiórami z warstw metalowych. Materiały te najczęściej wymagają narzędzi skrawających z nowszych tworzyw, często również składających się z kompozytów.

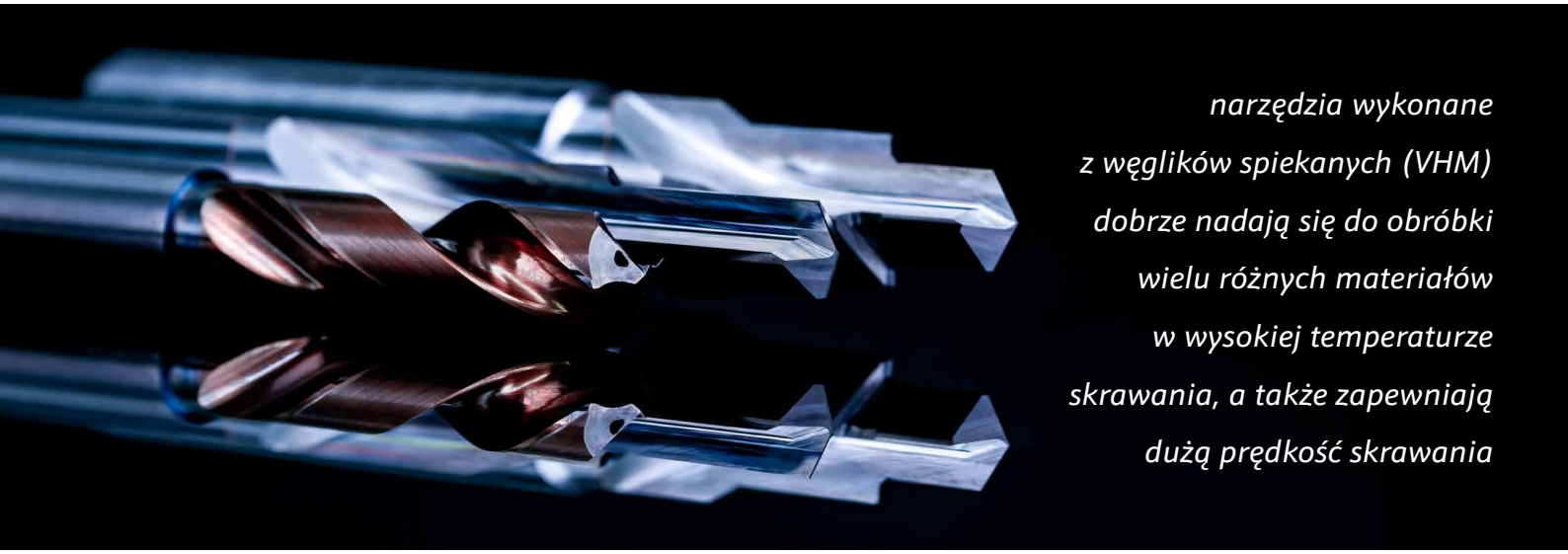
Poniżej przedstawiamy krótki przegląd materiałów na narzędzia skrawające.

Znanymi od dawna i powszechnie stosowanymi materiałami na narzędzia są stale narzędziowe, które w zależności od zastosowania narzędzia różnią się składem i parametrami. Wśród tych stali często wykorzystywanym materiałem na narzędzia skrawające jest stal szybkotnąca – HSS, która zapewnia wysokowydajną obróbkę, przy maksymalnych temperaturach skrawania do 550-600 °C. Stal szybkotnąca stosowana jest przede wszystkim do produkcji frezów, wierteł czy noży tokarskich. Wyróżnia się stałością kształtu i wysoką twardością wtórną. Przeznaczona jest do pracy w trudnych warunkach.

Równie popularnym materiałem na narzędzia skrawające jest węglik spiekany – VIDIA. Jego charakterystyka sprawia, że narzędzia w całości wykonane z węglików spiekanych (VHM) dobrze nadają się do obróbki wielu różnych materiałów w wysokiej temperaturze skrawania, do 850 °C, a także zapewniają dużą prędkość skrawania. Problemy obróbcze mogą pojawić się przy skrawaniu twardych odmian stali, stali nierdzewnej bądź kwasoodpornej, aluminium, stopów tytanu lub niklu oraz coraz popularniejszych materiałów kompozytowych.

Powstają więc nowe gatunki węglików spiekanych, które mogą być wykorzystywane do realizacji trudniejszych, specjalistycznych procesów obróbczych. Na bardziej wytrzymałe narzędzia obróbcze stosuje się takie super twarde materiały jak borazon (CBN), regularny azotek boru, diament polikrystaliczny (PCD) czy ceramika. Materiały te zapewniają narzędziom dużo większą twardość oraz trwałość, i są z powodzeniem stosowane w wielu branżach, w różnych procesach obróbczych.

Dobrym rozwiązaniem są super twarde powłoki ostrzy narzędzi, obecnie coraz częściej stosowane. Wykorzystuje się powłoki na bazie azotków, węglików czy węglikoazotków różnych pierwiastków, np. glinu, krzemu czy chromu. Bardzo dobrze spisują się także powłoki na bazie związków tytanu, np. TiN – powłoka z azotku tytanu, czy TiCN – powłoka z węglikoazotku tytanu, a także TiAlN



narzędzia wykonane z węglików spiekanych (VHM) dobrze nadają się do obróbki wielu różnych materiałów w wysokiej temperaturze skrawania, a także zapewniają dużą prędkość skrawania

Głowice frezarskie nasadzane, z trójkątnymi płytkami skrawającymi

– powłoka z azotku tytanu glinu. Oczywiście specjalne powłoki na narzędzia tworzą znacznie większą grupę materiałów niż tu podana.

Do nakładania powłok stosuje się dwie metody: PVD – tj. nanoszenie powłok w postaci fizycznego osadzania cienkich warstw z fazy gazowej, a także CVD – chemiczne osadzanie cienkich warstw z fazy gazowej.

Problemy związane z obróbką kompozytów wynikają przede wszystkim z ich niejednorodnej struktury oraz stosowania różnych materiałów wzmacniających, takich jak np. grafit, szkło czy korund, czyli materiałów o dużej twardości. Wykorzystywanie do ich obróbki tradycyjnych narzędzi nie sprawdza się.

Materiały kompozytowe, z których wykonuje się obrabiane detale, wymagają stosowania specjalistycznych narzędzi. W przypadku np. kompozytów z domieszką włókna węglowego stosowanym rozwiązaniem są narzędzia z diamentu polikrystalicznego (PCD) lub węglików spiekanych z naniesioną dodatkową powłoką diamentową. PCD to też materiał kompozytowy, w skład którego wchodzą mikronowej wielkości cząsteczki diamentu z metalicznym spoiwem, osadzone na warstwie z węglika spiekanego. Rozwiązanie to wyróżnia się wysoką odpornością na ścieranie i wykruszanie, oraz zapewnia wysokie prędkości obróbki i posuwu.

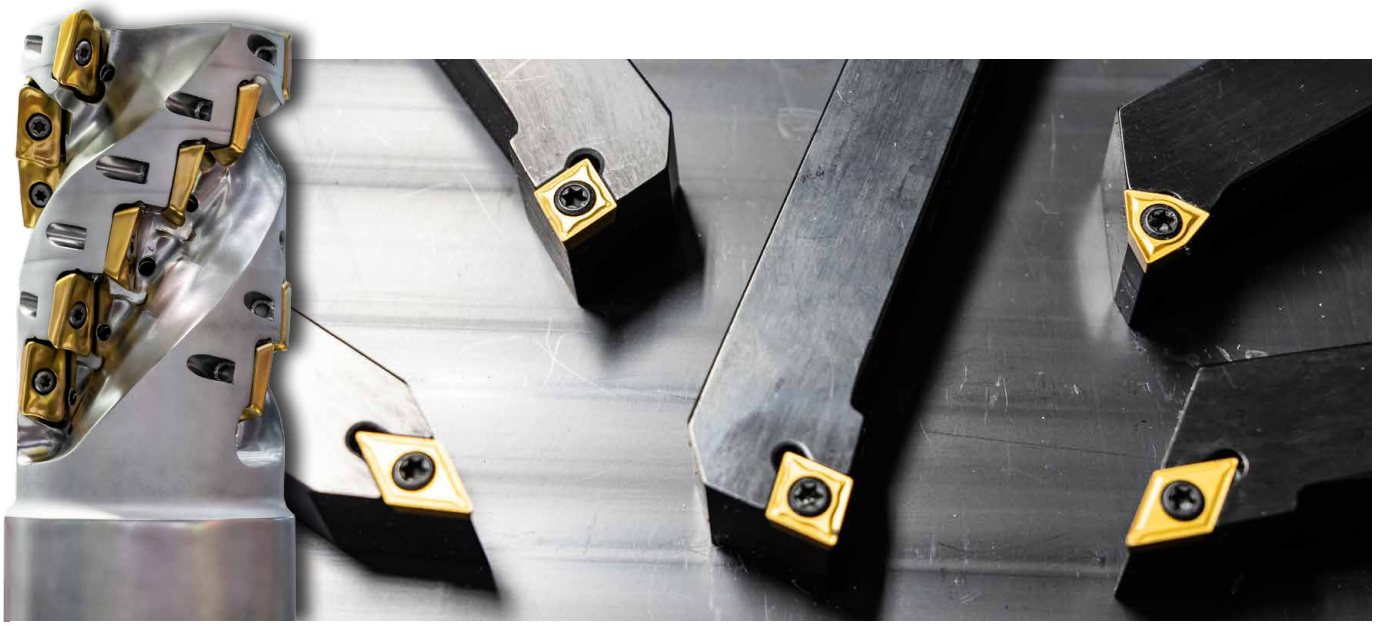
Oferowanych jest coraz więcej narzędzi wykonanych z różnych typów kompozytów, np. cermet – kompozyt spieczony z materiałów ceramicznych i metalowych. Metalem jest tu najczęściej nikiel, molibden bądź kobalt, który stanowi do ok. 20% objętości cermetu. Jest on spoiwem dla tlenków, borków czy węglików. Materiały ceramiczne zapewniają odpowiednią twardość oraz odporność na wysokie temperatury. Do ich zalet należą także stosunkowo niskie koszty wytworzenia.

W nowoczesnych narzędziach ważne są nie tylko nowe materiały czy powłoki. Istotna jest też konstrukcja narzędzia, a właściwie geometria ostrza. Zmiana geometrii ostrza, a także jego wielkość i kształt, zmieniają przepływ skrawanego materiału. Przykładowo okrągłe płytki ostrzy skrawających mają większą wytrzymałość niż płytki kwadratowe, a te z kolei charakteryzują się lepszymi parametrami niż płytki w kształcie rombu. Płytki o kształcie rombu zaś są w stanie skrawać dużo bardziej skomplikowane kształty niż narzędzia okrągłe.

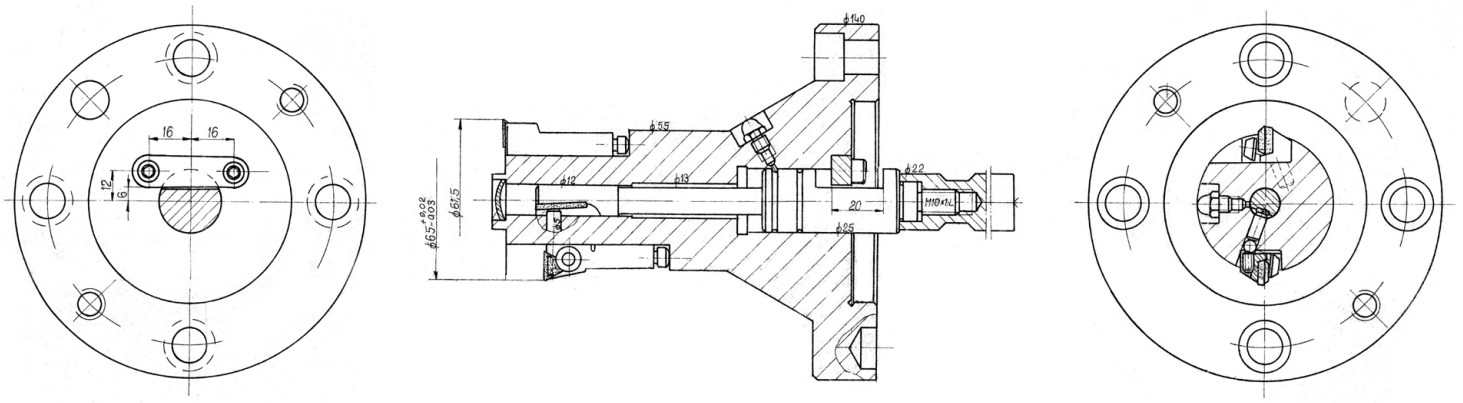
Wkładka nożowa do zabudowy w korpusie narzędzia

Jednak mimo tych opisanych powyżej tendencji w budowie narzędzi skrawających ich podstawowa, wypracowana przez wiele lat konstrukcja w zasadzie nie uległa zmianie. Wiertła, noże tokarskie czy frezy są podobne do tych sprzed kilkudziesięciu lat. Wtedy powstawały też narzędzia specjalne lub składane, gdy pojawiły się dostępne w handlu elementy do budowy takich narzędzi, a więc różne rodzaje płytek ostrzowych lub wkładki ostrzowe (nożowe) do zabudowy. Konstruktor narzędzia specjalnego tworzył rysunek zestawieniowy i korpus takiego narzędzia, w którym zamontowane były ostrza lub wkładki ostrzowe. Były to stosunkowo proste wytaczadła, ale też niekiedy narzędzia dość skomplikowane. Takie narzędzia potrzebne są w obrabiarkach uniwersalnych, ale przede wszystkim w obrabiarkach zadaniowych i obrabiarkach zespołowych, do obróbki nieraz bardzo skomplikowanych stopniowych otworów jednym przejściem. Płytki ostrzowe i wkładki mają zunifikowane gniazda i systemy mocowania oraz regulacji, umożliwiające precyzyjne ustawienie ostrza na wymagany wymiar, nawet z dokładnością mikronową.

Współczesne centra obróbcze umożliwiają, przy stosowaniu handlowych narzędzi, wykonywanie operacji obróbczych o skomplikowanych kształtach (np. otworów wielostopniowych), fazowania czy wykonywania kanałków lub rowków, dzięki możliwości zastosowania interpolacji w trajektorii ostrza narzędzia. Jednak zdarzają się sytuacje, gdzie to nie wystarczy. Także przy planowaniu obróbki skrawaniem wykonywanej za pomocą obrabiarek zadaniowych i zespołowych, gdzie realizacja interpolacji może być ograniczona, zachodzi potrzeba zaprojektowania i wykonania narzędzia specjalnego. Takim przykładem może być wytaczadło przedstawione na rysunku 1. Jest to narzędzie składane, które dodatkowo



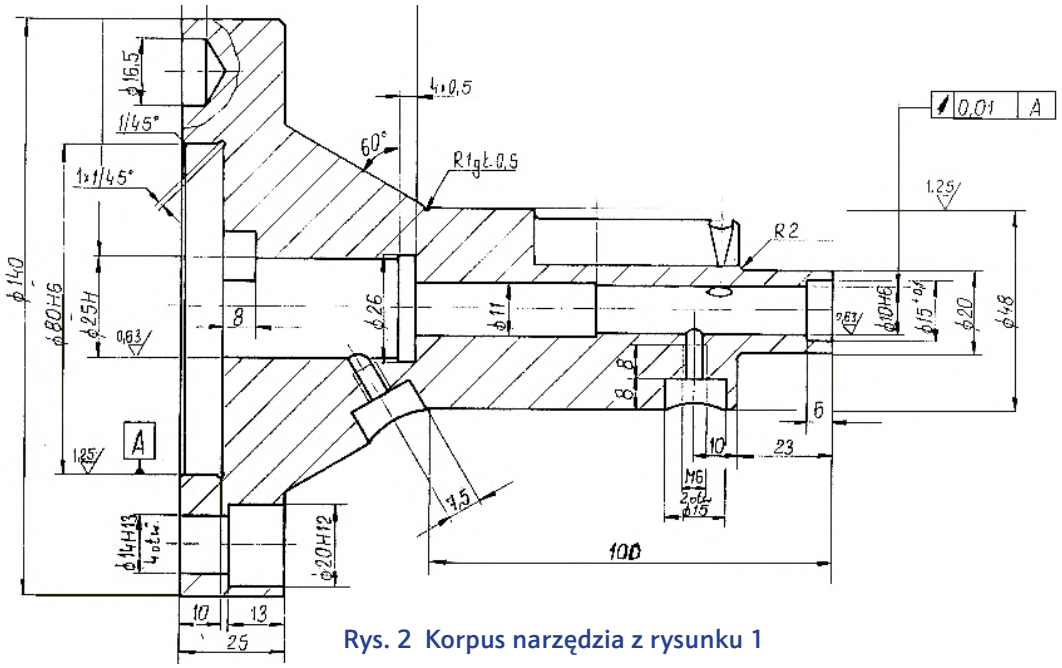
W nowoczesnych narzędziach ważne są nie tylko nowe materiały czy powłoki. Istotna jest też sama konstrukcja narzędzia, a właściwie geometria ostrza. Zmiana geometrii ostrza, a także jego wielkość i kształt, zmieniają przepływ skrawanego materiału.



Rys. 1 Konstrukcja wytaczadła specjalnego z korekcją zużycia ostrza

ma funkcję korygowania zużycia ostrza. Zostało zaprojektowane dla obrabiarki zespołowej, w której zbudowano dodatkową jednostkę za jednostką obróbczą z wymienionym wytaczadłem. Ta dodatkowa jednostka służyła do pomiaru wykonywanego otworu i w przypadku przekroczenia tolerancji otworu w jednostce obróbczej automatycznie korygowała średnicę wytaczadła o 2 µm. Powodowane to było przez cięgno przeprowadzone w otworze centralnym wrzeciona, na którego tylnej części zamontowano silnik krokowy z mechanizmem gwintowym. Silnik wykonywał kilka kroków i poprzez przełożenie gwintu drobnozwojowego i cięgno wciągał klin znajdujący się w wytaczadle. Ruch ten powodował wysunięcie wkładki nożowej o np. 2 µm. Stosowane były wkładki nożowe CTFPR 10 z wymiennymi płytkami ostrzowymi trójkątnymi. Mocowane były śrubą imbusową umieszczoną pod kątem 20°. Sposób mocowania pokazano na rysunku wykonawczym korpusu wytaczadła (Rys. 2). Dla umożliwienia sprężystego odkształcania ostrza wkładka handlowa była nacięta z tyłu (nacięcie 2 mm) (Rys. 3).

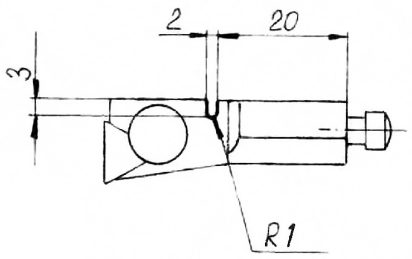
Ciekawym rozwiązaniem w tym systemie był pomiar otworu na następnym stanowisku. Pomiar dokonywany był metodą pneumatyczną, tzn. do mierzonego otworu wprowadzane było narzędzie pomiarowe – tłoczek z dwoma pneumatycznymi dyszami pomiarowymi. Okazało się, że pomiar bezpośredni obarczony jest dużą niepewnością, wynikającą z chropowatości powierzchni obrabianego otworu i rys od wycofywania narzędzia. Zastosowano więc, po różnych próbach, pomiar pośredni. Polegało to na tym, że w narzędziu pomiarowym



Rys. 2 Korpus narzędzia z rysunku 1

Współczesne centra obróbcze umożliwiają wykonywanie operacji obróbczych o skomplikowanych kształtach dzięki możliwości zastosowania interpolacji w trajektorii ostrza narzędzia. Jednak zdarzają się sytuacje, w których to nie wystarczy.

Przy planowaniu obróbki skrawaniem wykonywanej za pomocą obrabiarek zadaniowych i zespołowych, gdzie realizacja interpolacji może być ograniczona, zachodzi potrzeba zaprojektowania i wykonania narzędzia specjalnego.

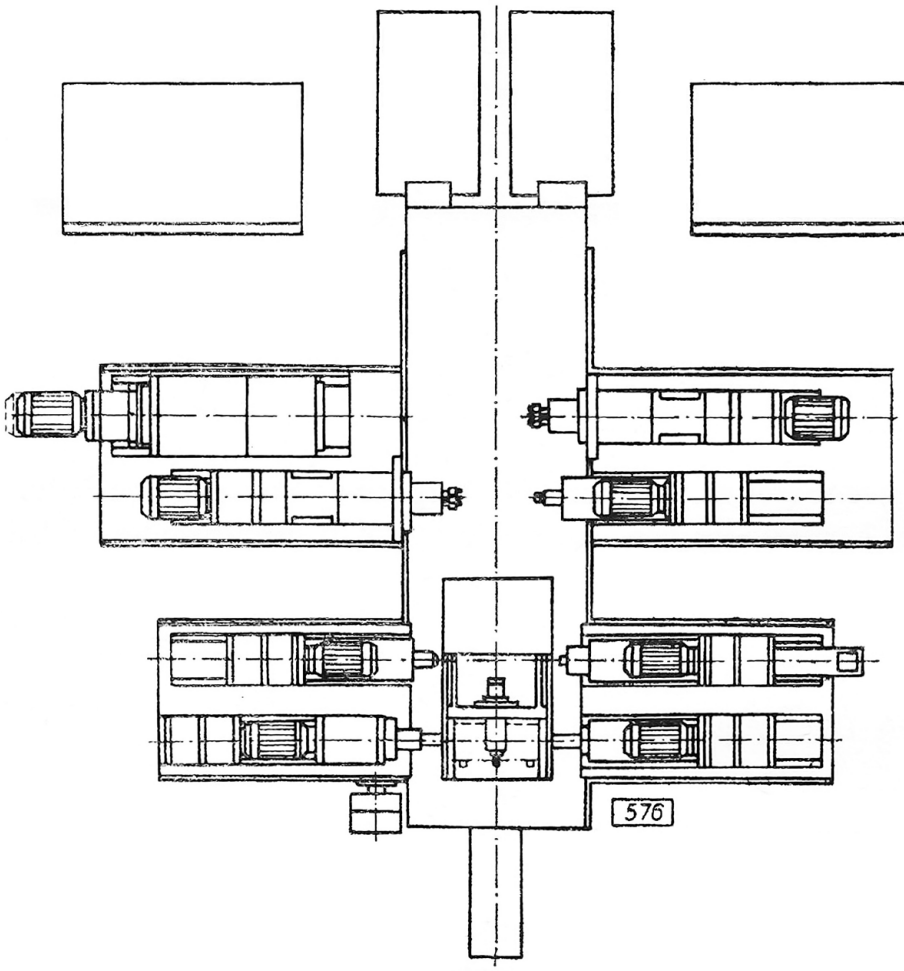


Rys. 3 Wkładka nożowa ze specjalnie wykonanym nacięciem o szerokości 2 mm dla uzyskania sprężystości trzonka wkładki, która umożliwia dodawanie małych korekt ostrza noża

(tłoczku) umieszczono dwie szczęki pomiarowe, a dysze pomiarowe umieszczono pod szczękami. To rozwiązanie dobrze zdało egzamin.

Na rysunku 4 przedstawiono obrabiarkę zespołową, która idealnie nadaje się do zastosowania przedstawionego narzędzia z systemem korekcji zużycia ostrza. W obrabiarce tej poza wytaczaniem otworu stopniowego wykonywane są jeszcze inne operacje typu wiertarskiego.

Julian Kiełczewski
Aleksander Łukomski



Rys. 4 Obrabiarka zespołowa LWP, ze stołem podziałowym wzdłużnym do wytaczania otworów w korpusie skrzynek napędu, dla 10 typowielkości przedmiotów obrabianych. W takiej obrabiarce zastosowano opisaną korekcję zużycia narzędzia

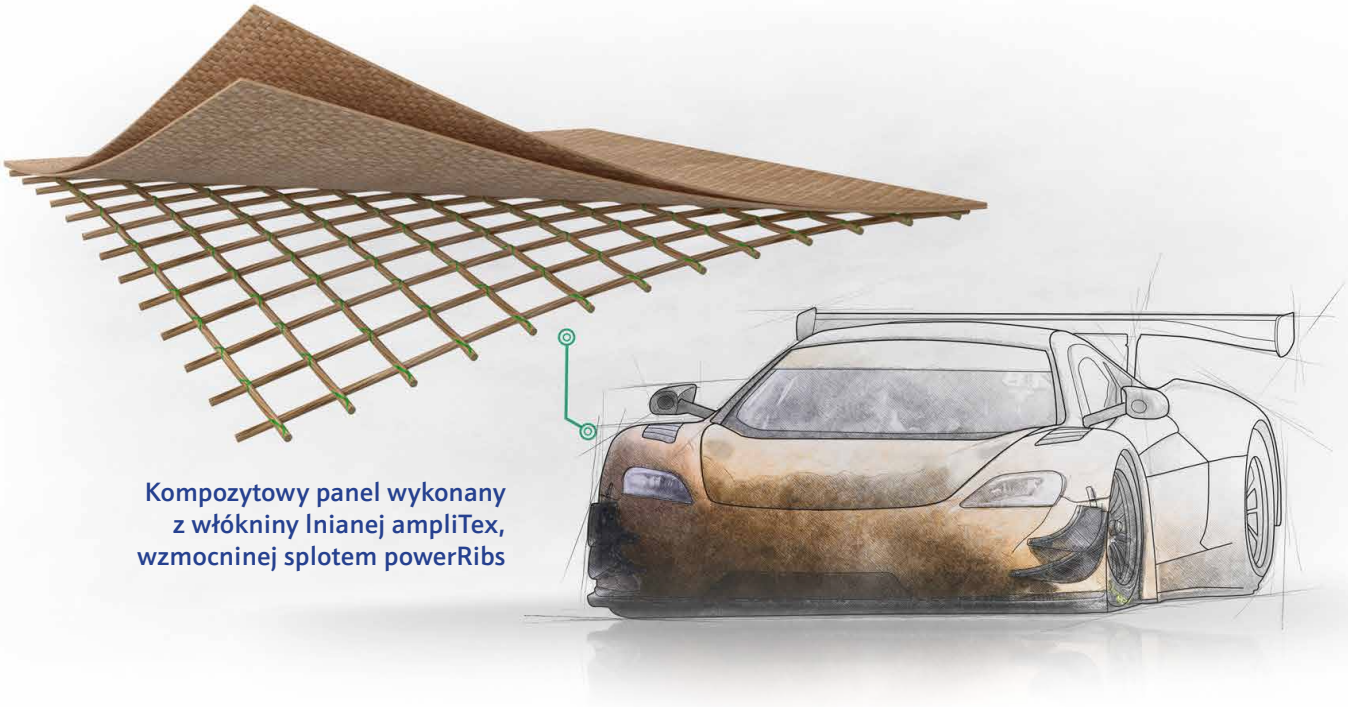
Kompozyty z włóknem lnianym zastępują węglowe

Kompozyty oparte o włókna naturalne od lat są przedmiotem badań i eksperymentów. Najbardziej obiecujący zawsze wydawał się len. Kompozyty zawierające to włókno od dawna stosowane są w budownictwie. Jednakże zastosowanie go do wymagających wysokiej wytrzymałości elementów samochodów, jachtów lub samolotów stanowiło duże wyzwanie.

Ryszard Romanowski

Zastąpienie włókien sztucznych naturalnymi zmniejszyłoby znacznie koszty kompozytu, chociażby ze względu na odnawialność zasobów i obfitość występowania. Ponadto włókna naturalne łatwo podlegają recyklingowi i są biodegradowalne. Charakteryzuje je niska gęstość, dobre właściwości mechaniczne i niewielka waga. Niestety nie są one kompatybilne z większością matryc polimerowych. Szczególną wadą, podkreślaną jeszcze w opracowaniach z 2022 roku, jest ich wrażliwość na wilgoć, zwana hydrofilowością. Kiedy wilgoć dostanie się do włókien, powoduje, że pęcznieją. Następuje dyfuzja kapilarna. Gdy w kompozycie zaczynają występować mikropęknięcia, zaczyna on tracić swoje pierwotne właściwości. Specjaliści od inżynierii materiałowej z Australii i Niemiec opublikowali w 2022 roku efekty swoich badań. Zjawisku zapobiegało dodanie do kompozytu 1,5% nanocząsteczek grafenu.

Testy bolidu SF23 klasy Super Formula, z nadwoziem wykonanym z kompozytu zbrojonego splotem włókien lnianych (70%) i węglowych



Kompozytowy panel wykonany z włókniny lnianej ampliTex, wzmocninej splotem powerRibs

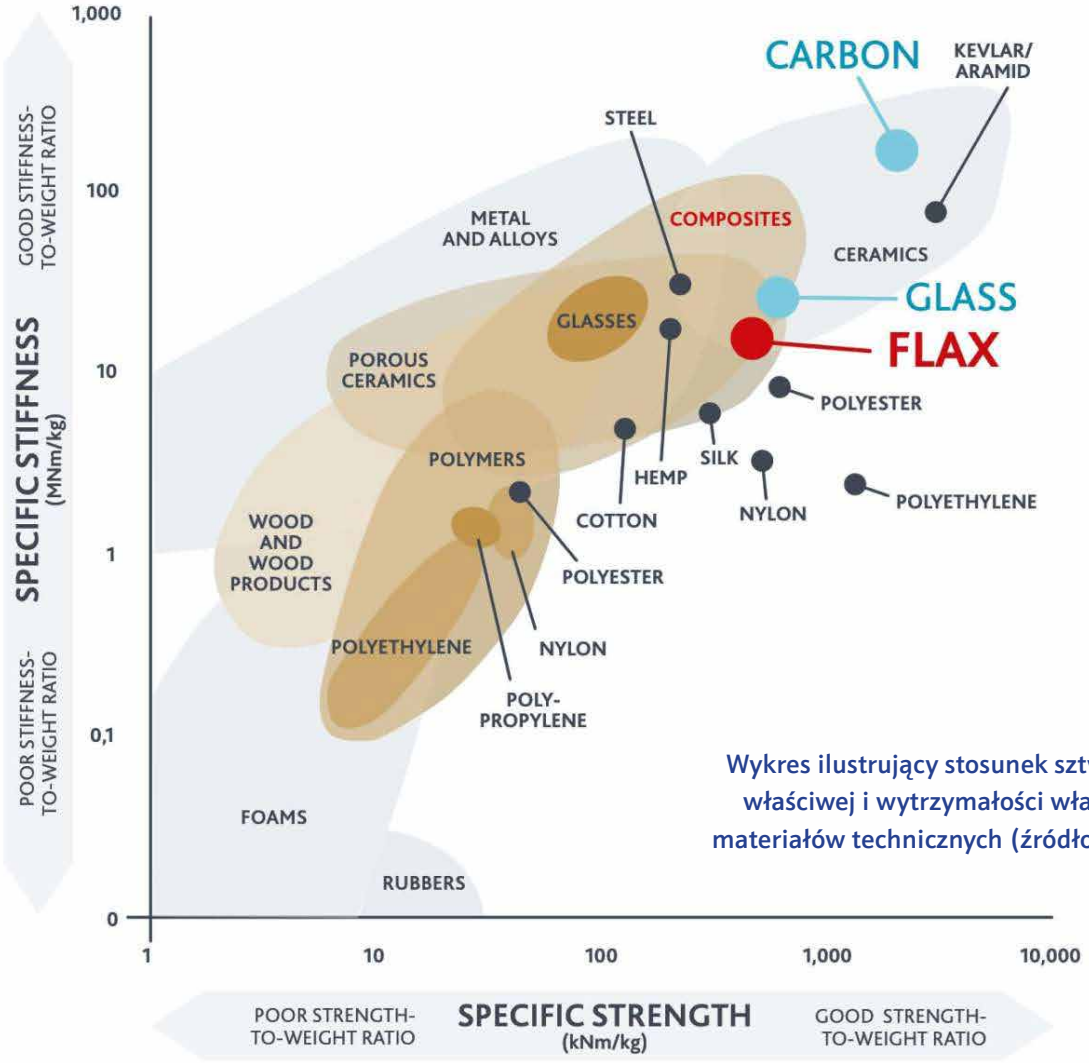
Podobne badania prowadzono znacznie wcześniej w szwajcarskim Fryburgu. Stosowano hybrydy z włókien lniano-karbonowych i łączenia części z laminatu lnianego, przy pomocy taśmy zawierającej włókna węglowe. Okazało się, że odpowiedni splot włókien oraz sposób tkania eliminują hydrofilowość. Efekty prac zaprezentowała firma BCOMP w 2018 roku, na Światowym Sympozjum Sportów Motorowych, odbywającym się w szwajcarskiej ambasadzie w Londynie. Przedstawione elementy z lnianego kompozytu zadziwiły ekspertów. Od 37 lat niepodzielnie przecież panował kompozyt węglowy. Lniany okazał się podobnie wytrzymały mechanicznie, a ponadto miał jeszcze inne zalety.

Zastąpienie kompozytu węglowego biokompozytem z siatkami powerRibs, wzmacniającymi elementy z lnianego ampliTexu, umożliwiło wykonanie cienkościennych, monolitycznych elementów o dokładnie dopasowanej sztywności i wadze. Włókno lniane pozwoliło wykonać laminat gwarantujący znacznie większe bezpieczeństwo podczas kolizji niż dotąd stosowane kompozyty szklane i węglowe. Materiał pęka plastycznie, nie pozostawiając ostrych krawędzi i charakterystycznego w przypadku włókna węglowego toksycznego pyłu. Ponadto doskonale nadaje się do recyklingu lub biodegradacji.

Również produkcja niewiele różni się od dotychczas stosowanych kompozytów. Na bazie

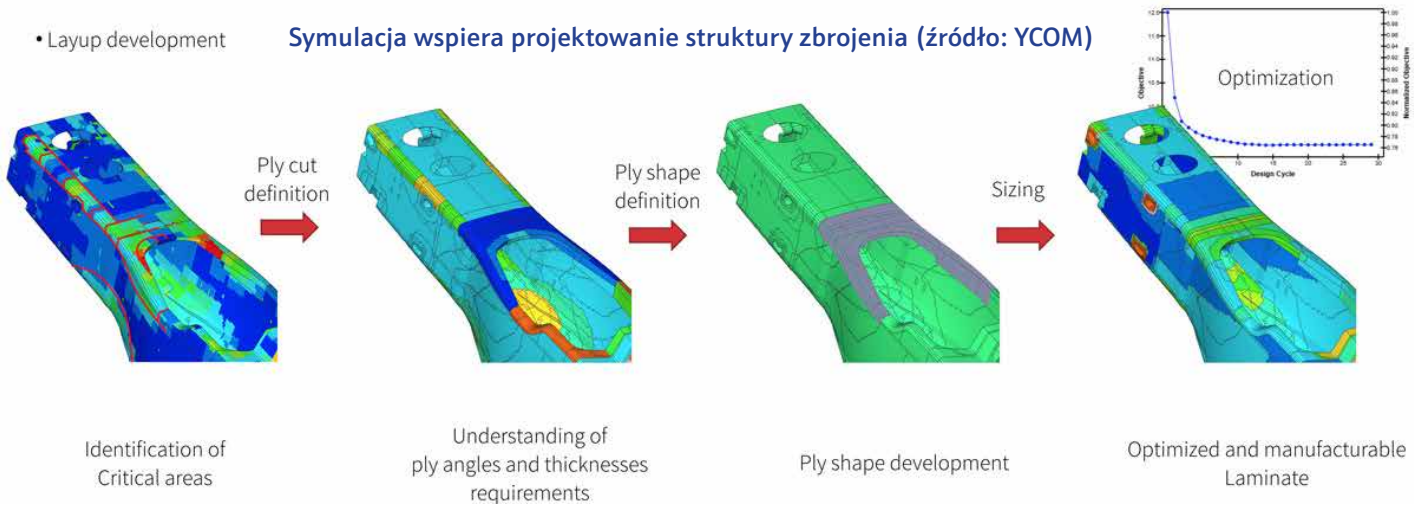
Włókna	Gęstość g/cm^3	Wytrzymałość na rozciąganie MPa	Moduł Younga GPa	Wytrzymałość właściwa MPa/g·cm^3	Sztywność właściwa GPa/g·cm^3	Wydłużenie E (%)
Lniane	1,45	800-1500	55-75	550-1030	38-52	1,5-2,0
Konopne	1,48	550-900	40-65	370-600	27-44	1,6
Juta	1,46	400-800	10-30	275-550	7-21	1,8
Szklane E-Glass	2,55	2000-2400	70-74	780-940	27-29	3
Węglowe T300-T700	1,80	3530-4900	230	1900-2700	128	1,5-2,1

Porównanie właściwości włókien naturanlych i syntetycznych (źródło: Safilin)

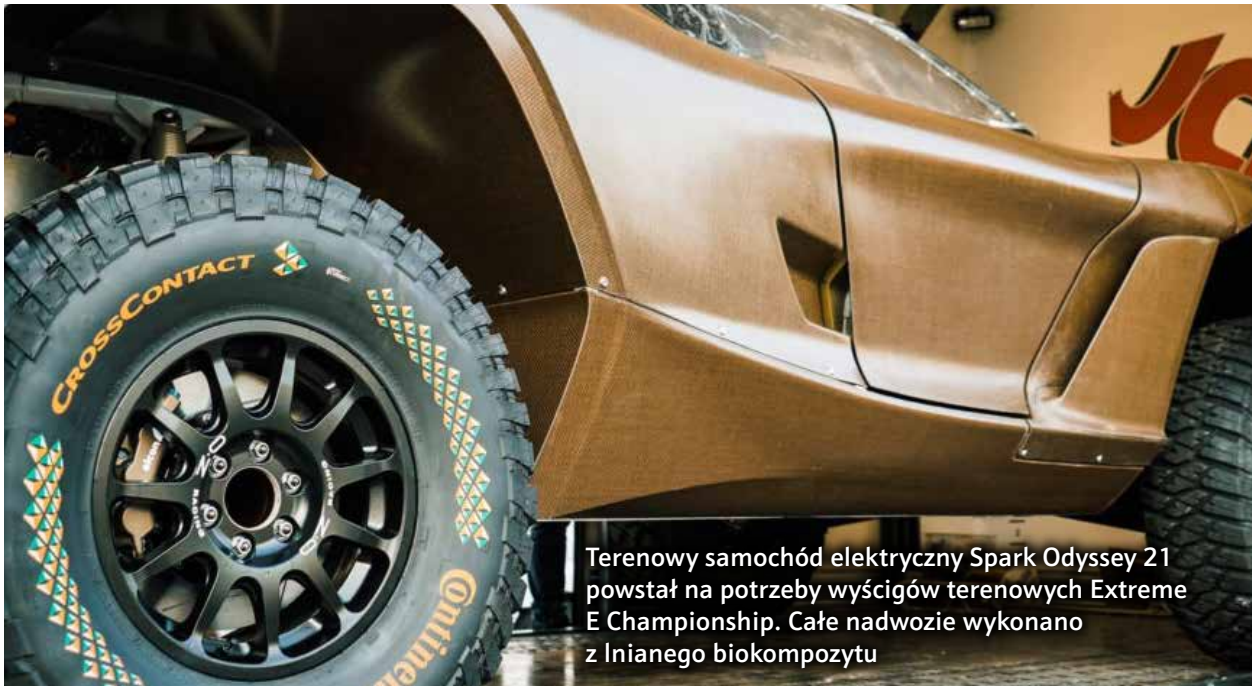


Wykres ilustrujący stosunek sztywności właściwej i wytrzymałości właściwej materiałów technicznych (źródło: Safilin)

włókien lnianych powstały tkaniny o różnych splotach. Dwuosiowe, ukośne, z niskim lub zerowym karbowaniem i z zoptymalizowanym skręceniem. Powstały tkaniny i taśmy prepreg, matryce polimerowe termoplastyczne, termoutwardzalne z infuzją próżniową, prepregi do formowania w autoklawach czy prasowania tłocznego. Powszechność występowania lnu wpłynęła na to, że specjalnie obrabiane włókna dla odpowiedniego interfejsu włókno-matryca mają niezmienną jakość. Powstała specjalna mieszanka fibermix gwarantująca utrzymanie identycznej jakości w dowolnym czasie produkcji. Testy ujawniły kolejne zalety lnianego kompozytu. Charakteryzuje go



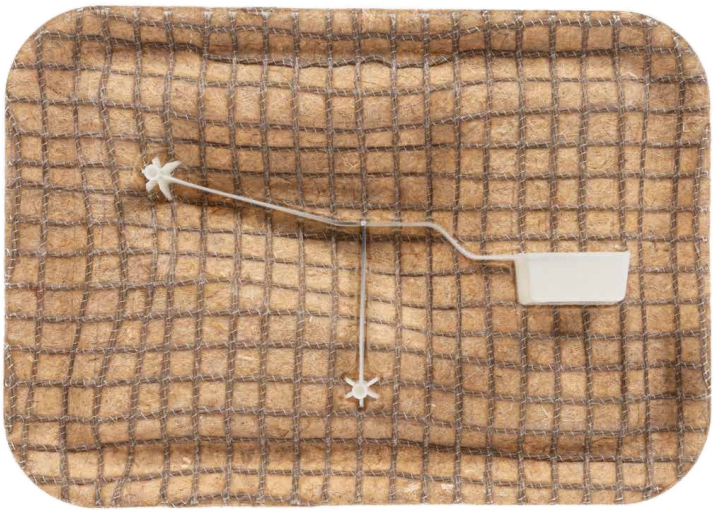
Symulacja wspiera projektowanie struktury zbrojenia (źródło: YCOM)



Terenowy samochód elektryczny Spark Odyssey 21 powstał na potrzeby wyścigów terenowych Extreme E Championship. Całe nadwozie wykonano z lnianego biokompozytu

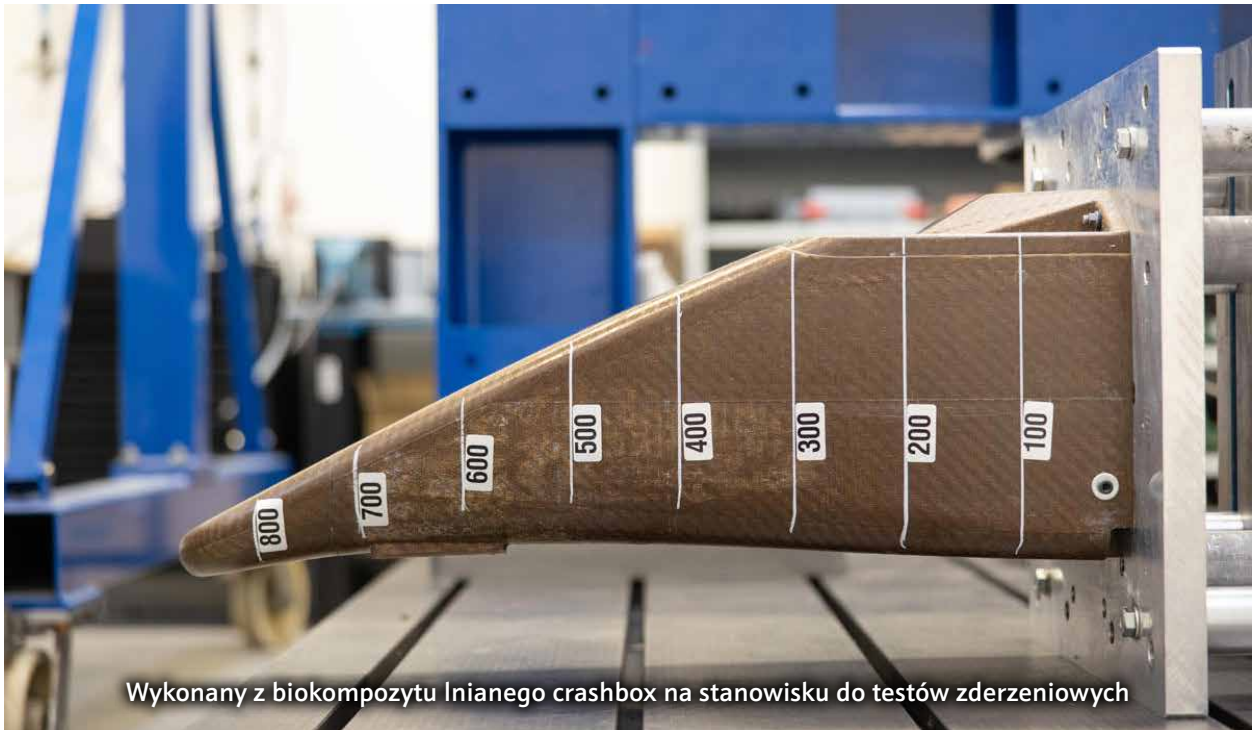
wysokie tłumienie drgań przy zachowaniu specyficznej sztywności, odporności na zginanie i procesy zmęczeniowe. Poza tym charakteryzuje go naturalna przezroczystość i możliwość barwienia na szeroką gamę kolorów. Ma również tzw. przejrzystość radiową oraz jest odporny na promieniowanie UV.

Po londyńskim sympozjum drzwi do przemysłu samochodowego i sportu motorowego zostały szeroko otwarte dla nowego materiału. Obecnie Polestar i Volvo budują z niego panele wewnętrzne. Okazuje się, że na jednych drzwiach można oszczędzić do 80% tradycyjnego plastiku przy obniżeniu masy o 50%. Przy czym wzrósł poziom bezpieczeństwa i obniżono koszty produkcji. Elementy z lnianego kompozytu trafiły do wielu serii wyścigowych, zarówno formuł, zespołów GT, jak i DTM. Porsche Cayman 718 GT4 ma wykonane z lnianego kompozytu całe nadwozie, a BMW M4 GT4 – wnętrze i panele nadwozia. Coraz więcej elementów stosuje też McLaren Racing.



Panel wykonany w technologii hybrydowej, łączącej prasowaniee tłoczne i formowanie wtryskowe back core

Przykładowy detal z wnętrza samochodu BMW M4 GT4 (fot.: BMW)



Wykonany z biokompozytu lnianego crashbox na stanowisku do testów zderzeniowych

Włoska firma YCOM, zajmująca się sportem motorowym i lotnictwem, jako pierwsza użyła lnianego kompozytu do budowy tzw. crashboxu. Jest to element stosowany w samochodach Formuły 1 i formuł niższych klas do pochłaniania energii czołowego zderzenia. O trudnościach w budowie kompozytowych struktur pochłaniających energię opowiada inżynier kierujący symulacjami numerycznymi, Paolo Ponzo: – Podstawą jest dokładna analiza zdarzeń przed i po wypadku, znając zachowanie materiału w normalnych warunkach i przewidując, jak się zachowa po kolizji. W przypadku aluminium opracowanie absorbera energii jest względnie proste. Materiał jest przewidywalny. Zupełnie inaczej wygląda to w przypadku kompozytów. Tu symulacja nie wystarczy bez

Zbudowana przez YCOM we współpracy z eSC wyścigowa hulajnoga elektryczna S1-X rozwija prędkość ponad 100 km/h. Zakręty pokonuje pod kątem do 55°. Zastosowanie kompozytu lnianego w budowie konstrukcji jednośladu pozwoliło osiągnąć o 250% lepsze tłumienie wibracji niż w przypadku konstrukcji wykonanej z kompozytu węglowego.

głębokiej wiedzy i doświadczenia człowieka, który ją prowadzi. Ważny jest odpowiedni rozkład materiału i kierunek włókien.

YCOM obok zaangażowania w rozwój samochodów wyścigowych, rajdowych, motocykli i skuterów wspiera także budowę samolotu pionowego startu i lądowania Manta, z napędem hybrydowym.

Doskonałe tłumienie drgań, redukcja hałasu i możliwości uzyskania eleganckiego wyglądu zainteresowały lnianym kompozytem budowniczych jachtów. Najbardziej znanym jest Baltic Yachts Cafe Racer klasy 68. Jego kadłub w 50% zbudowano z ampliTexu o niskiej gęstości. Niemal seryjnie powstają jachty Greenboat Flax 27, w których matrycę kompozytu stanowi biodegradowalna żywica.

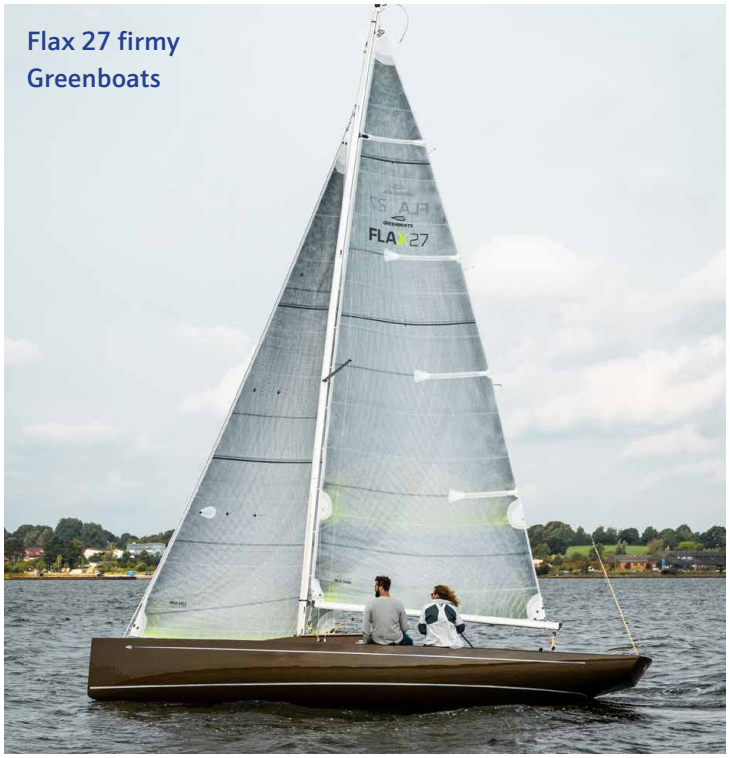
Znana w świecie kajakarzy szwedzka firma Melker buduje lniane kajaki, a hiszpańska Ertha – deski surfingowe.

Na tegoroczne mistrzostwa niezwykle widowiskowej żeglarskiej klasy Moth powstaje kilka nowych jednostek zbudowanych z lnianego kompozytu. Te, które debiutowały w ubiegłym roku na jeziorze Garda, wzbudziły duże zainteresowanie. W wypowiedziach żeglarzy często można było usłyszeć, że wzrósł komfort pływania, a kadłub reaguje ciekawiej i nieco inaczej niż ten z kompozytu karbonowego.

68 Café Racer od Baltic Yachts zwodowano w 2021 r. Jest już na wodzie niemal dwa lata, podobnie jak pierwsza łódź Greenboats i nie widać na nim żadnych uszkodzeń wynikłych z hydrofilowości włókien. Być może tajemnica tkwi w odpowiednim tkaniu i splocie?

Nowy laminat stosuje się też do budowy desek snowboardowych i mebli. Bardzo ciekawa jest rama nowego roweru wyprodukowana przez Hummingbird. Dotąd budowano ją z kompozytu węglowego. Wykonywana obecnie z wykorzystaniem włókna lnianego wykazuje bardzo podobną wydajność, tyle że jest znacznie tańsza.

Inżynierowie przemysłu lotniczego bacznie przyglądają się nowemu materiałowi. Na razie



Flax 27 firmy Greenboats

jest chyba zbyt wcześnie, aby użyć go przy budowie statków powietrznych. Być może pierwszym będzie powstający EVTOL Manta.

Wszystko wskazuje na to, że opracowano nowy kompozyt o bardzo szerokich zastosowaniach.

Ryszard Romanowski

bcomp.ch
ycom.it
mdpi.com

Ramę roweru Hummingbird wykonano z biokompozytu lnianego

Problem ze smukłą wypraską

Budowa form na smukłe wypraski, typu pojemnik, nie sprawia już problemów. Ale zdarza się, że dodatkowe elementy w geometrii wypraski, takie jak gwint, mogą powodować poważne kłopoty. Tak było w przypadku zbiornika w urządzeniu do filtracji wody, produkowanego z kopolimeru styrenu i akrylonitrylu (SAN) metodą wtrysku (Rys. 1).

Jerzy Dziewulski

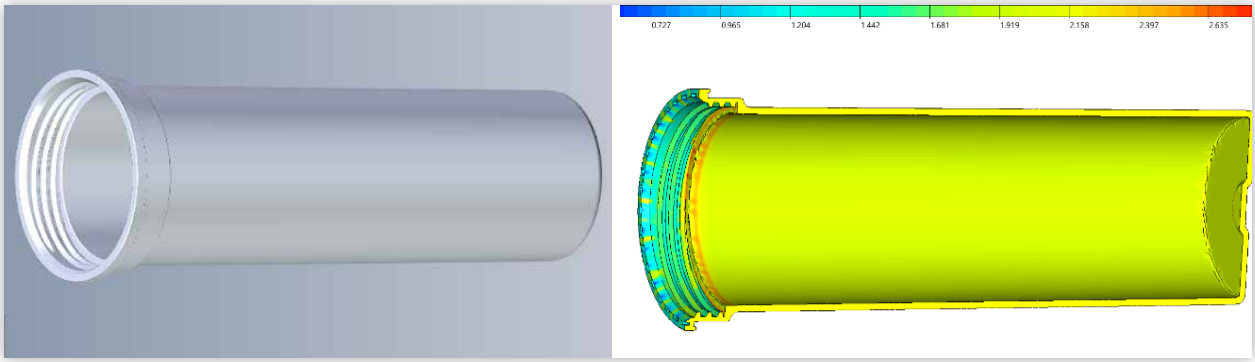
Wymiary zbiornika to: wysokość 200 mm, średnica 60 mm, dominująca ściana ma grubość 2 mm, masa 85,5 g. Droga płynięcia od środka dna do obrzeża z gwintem wynosi 247 mm, a więc L/g = 123. W tego typu wypraskach należy bezwzględnie ryglować stempel względem matrycy. Przy braku ryglowania stempel i matryca przemieszczają się względem siebie, liniowo i kątowo. Skutkiem tego są nierówne grubości ścianek, co w skrajnych wypadkach uniemożliwia produkcję.

Kilkanaście lat temu została wykonana forma dwugniazdowa GK na kubek z poliwęglanu (PC) (Rys. 2).

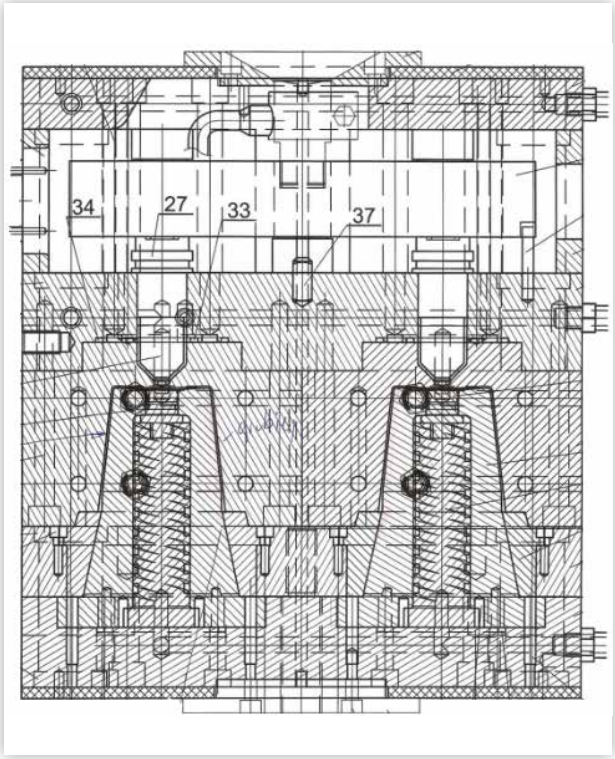
Wymagane ciśnienie wtrysku to 1200 bar (120 MPa), a więc spore. Przy tradycyjnej konstrukcji formy produkcja sprawiała duże kłopoty generując częste braki. Po opracowaniu nowej formy, którą widać na rysunku 3, problemy się skończyły.

Łatwo daje się zauważyć, że zespół formujący widoczny na rysunku 3 jest bardzo sztywny, a co ważne, stemple są bardzo solidnie zaryglowane przez matryce. Stempel wraz oprawą tworzy jedną całość, co przy precyzyjnym wykonaniu formy pozwala najdokładniej ustawić stempel w osi matrycy. Stempel nie jest na sztywno osadzony w płycie stemplowej (swobodnie przesuwa się po płycie), co kompensuje termiczne zmiany wymiarów płyty matrycowej wobec stemplowej podczas pracy formy. Takie formy buduje się w układzie 1, 2, 4, 6, 8... gniazd. Stempel i matryca są przykręcane od podziału, dzięki czemu możemy wymienić zespół formujący bez zdejmowania formy z wtryskarki. Jest to znane i najlepsze rozwiązanie konstrukcyjne dla tego typu wyprasek.

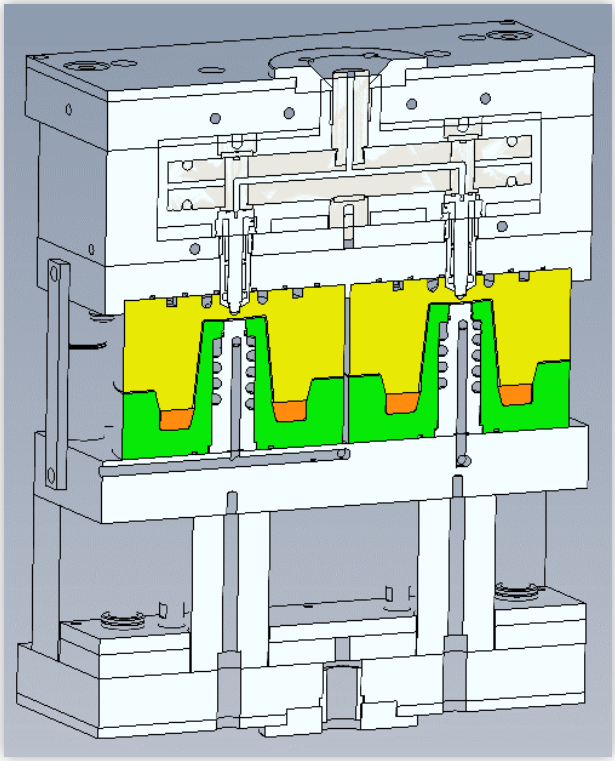
Na rysunku 4 pokazany jest przykład formy czterogniazdowej na smukłą cienkościenną wypraskę, kanadyjskiej firmy Stacktec.



Rys. 1

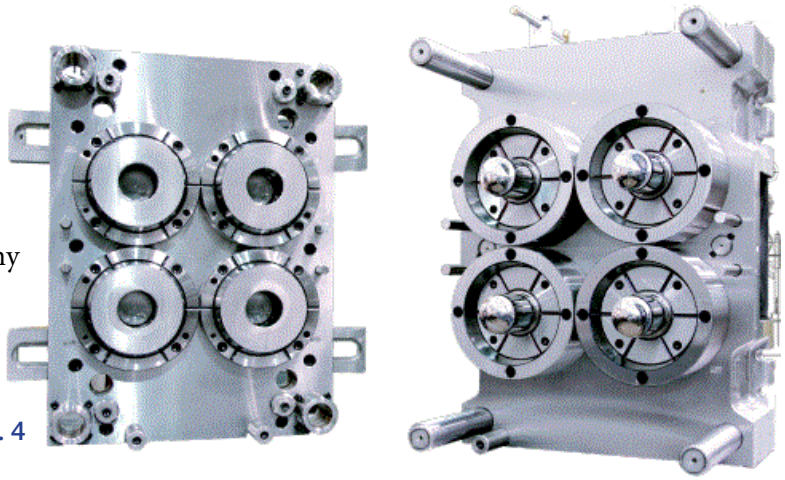


Rys. 2

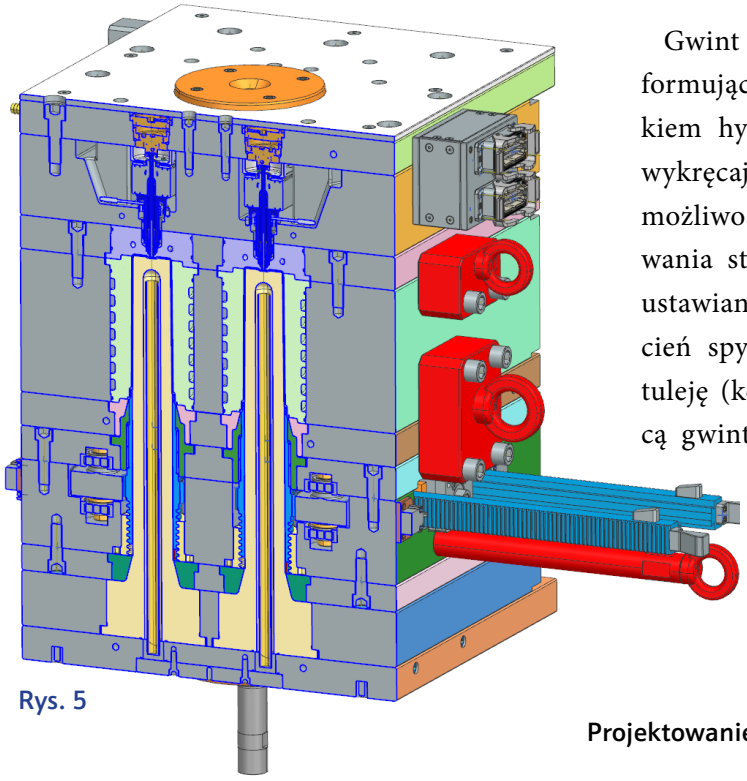


Rys. 3

Zbiornik jest produkowany na formie czterogniazdowej z zamykanym system GK (Rys. 5). Forma została profesjonalnie zaprojektowana przez doświadczone biuro konstrukcyjne. Gdyby nie gwint wewnętrzny, konstrukcja formy byłaby bardzo prosta i podobna do formy na kubek z rysunku 3. Gwint bardzo skomplikował budowę formy i uniemożliwił zastosowanie sprawdzonego rozwiązania.



Rys. 4



Rys. 5

Gwint jest uwalniany przez wykręcanie tulei formującej poprzez zębatkę napędzaną siłownikiem hydraulicznym. Ze względu na elementy wykręcające, które zajęły sporo miejsca, nie ma możliwości bezpośredniego sztywnego zaryglowania stempla względem matrycy. Stempel jest ustawiany względem matrycy poprzez pierścień spychający (kolor różowy na rysunku 5), tuleję (kolor zielony) i obracaną tuleję formującą gwint (kolor niebieski). Żeby nie doszło do zacierania, obracana tuleja, zielona tuleja i stempel muszą być spasowane z odpowiednim luzem. Ten luz (oraz mała sztywność pierścienia

Rys. 6

spychającego i obu tulei) nie pozwalają na sztywne i precyzyjne ustawienie stempla w osi matrycy, mimo że płyty – stemplowa, spychająca i matrycowa – są dodatkowo ustalane przez płaskie, nisko-luzowe prowadnice, zamocowane po bokach formy.

JAKIE SĄ TEGO KONSEKWENCJE?

Zdjęcie (Rys. 6) pokazuje, że w efekcie gniazda są wypełniane nierównomiernie. Maksymalna różnica ścian przy dnie to 0,46 mm, a przy gwincie 0,15 mm. Wyniki pomiarów są dowodem na przemieszczenie stempla względem matrycy i jego odchylenie od osi. Dlaczego? Dlatego że w tej konstrukcji występuje bardzo mała sztywność posadowienia wiotkiego, wysokiego stempla i brak sztywnego zaryglowania wobec matrycy. Wpływ może mieć również nierówna temperatura połówki stemplowej i matrycowej, co się przekłada na wzajemne przesunięcia obu części formy. Dodatkowy mankament to zacieranie gwintu wypraski przez tuleję podczas jej wykręcania.

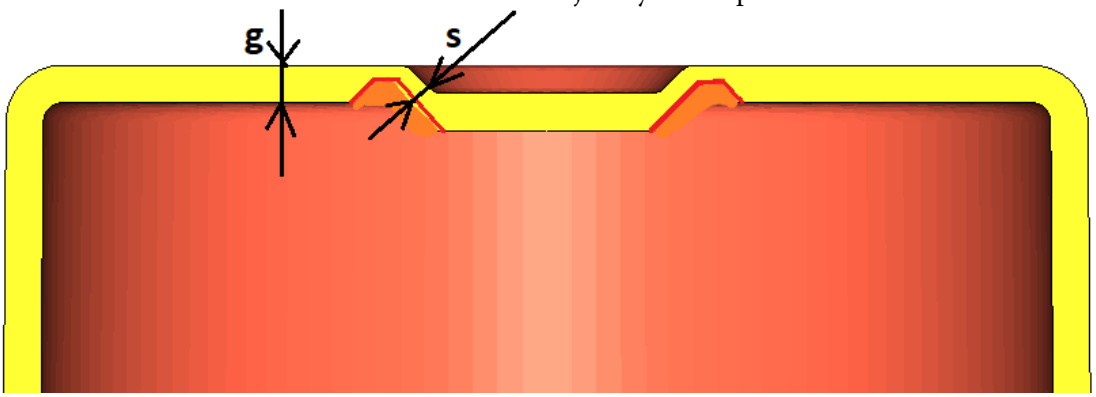
JAK UZDROWIĆ SYTUACJĘ?

W tej konstrukcji usztywnienie i zaryglowanie stempla jest niemożliwe. Przeprowadzono kilka korekt ustawienia stempla i wyeliminowano nadmierne luzy. Te działania nie przyniosły jednak poprawy. Na szczęście przypomniano sobie o starym sposobie centrowania wiotkiego stempla podczas wtrysku.

Zostało przemodelowane czoło stempla (Rys. 7). Dla g = 2 mm wykonano s = 0,8 mm.

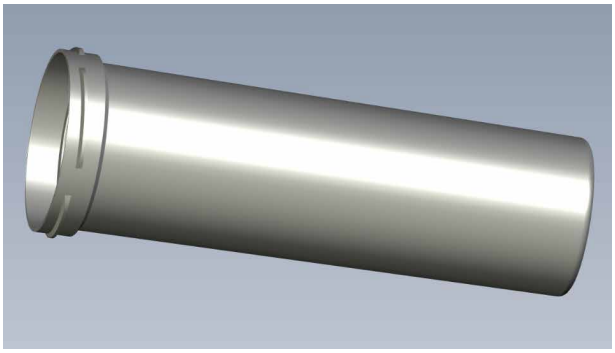
Próby formy wykazały, że ta drobna i niekosztowna modyfikacja umożliwiła produkcję poprawnych wyprasek. Ustąpiło również zacieranie gwintu (Rys. 8).

A tak na przyszłość, czy można inaczej zbudować formę na taką wypraskę, aby uniknąć nieprzyjemnych niespodzianek?



Rys. 7

Rys. 8 Porównanie efektów płynięcia stopu w gnieździe formy przed i po wprowadzeniu modyfikacji dna przedstawionej na rysunku 7



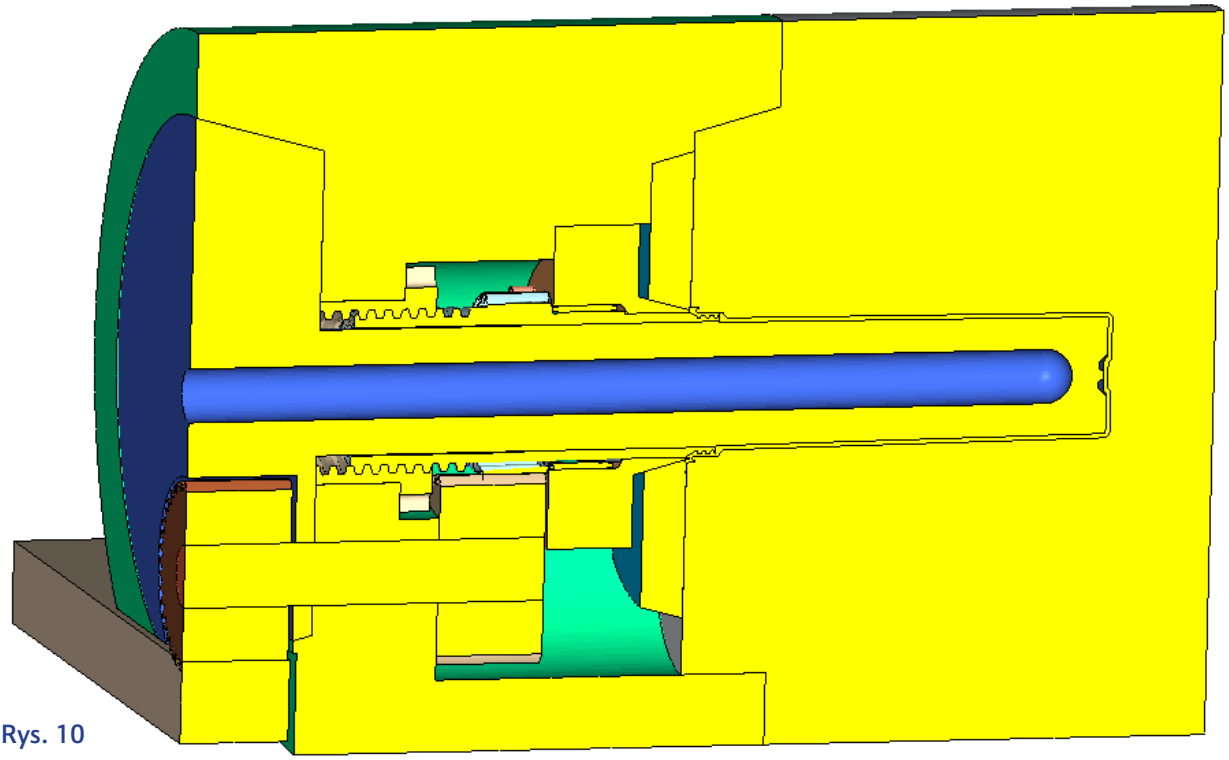
Rys. 9 Zbiornik z gwintem zewnętrznym

Znane są sposoby na uwalnianie gwintu (lub wewnętrznego podcięcia) przez zapadające się rdzenie, tzw. *collapsible core*. Wydaje się, że przy tych proporcjach wypraski: H = 200 mm i D = 60 mm oraz lokalizacji gwintu przy podstawie, byłoby to niemożliwe.

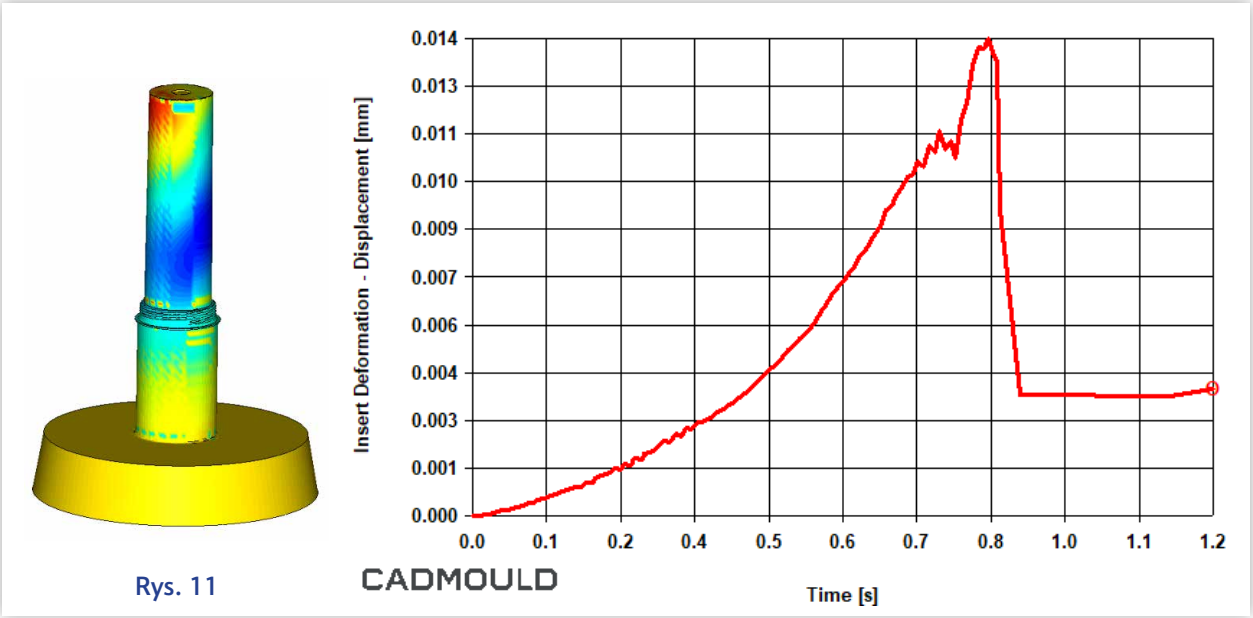
A może przeprojektować wypraskę i wykonać gwint na zewnątrz? Byłby to gwint np. czterozwojowy; moglibyśmy go zaformować w podziale pomiędzy pierścieniem spychającym a matrycą. Wtedy nie musielibyśmy stosować suwaków. Nasza forma sprowadzałaby się do klasycznej, sztywnej budowy, identycznej konstrukcji jak na kubek z rysunku 3. Duży zysk, tańsza i bardzo niezawodna forma, przy niskich kosztach eksploatacji. Oczywiście należałoby przeprojektować cały węzeł, w którym pracuje zbiornik, ale na tym etapie może to być niemożliwe, ze względu na fakt, że elementy współpracujące są już gotowe.

Jak byłaby zbudowana forma na taką wypraskę to pokazuje rysunek 3. Podczas analiz nad formą z rysunku 5, jeden z konstruktorów zaproponował ciekawe rozwiązanie. Zostało przez kolegów skrytykowane, ale uważam, że warto je rozwijać.

Ta forma (Rys. 10) to pełna klasyka, umożliwia uwalnianie gwintu przez wykręcaną tuleję, a jednocześnie stempel jest zaryglowany bez luzu względem



Rys. 10



Rys. 11

matrycy. Przykręcone od podziału stempel i matryca pozwalają na ich wymianę bez zdejmowania formy z wtryskarki. Pewnym mankamentem jest wydłużona część stempla na długości tulei wykręcającej, co nieco obniża jego sztywność. W trakcie prac konstrukcyjnych należy minimalizować tę część stempla i/albo zwiększyć jego średnicę.

Aby zbadać sztywność stempla (z rysunku 10) została wykonana analiza sprzężona. Dla formy ze stemplem przesuniętym względem matrycy o 0,05 mm były obliczane ugięcia w trakcie wypełniania (Rys. 11).

Stempel ugina się o 0,014 mm i po zaniku ciśnienia i otwarciu formy wraca do położenia wyjściowego. Naprężenia u podstawy są wielokrotnie mniejsze niż granica plastyczności stali stempla.

Taka koncepcja formy pozwoli zwiększyć jej trwałość, uzyskać wypraski o mniejszych tolerancjach, ułatwi naprawy. Oczywiście jest to tylko koncepcja, którą należy dopracować. Szczególnie istotne jest niebezpieczeństwo pękania kołnierza wypraski przy jej spychaniu. W formie z rysunku 5 zastosowano spychanie dwutaktowe. Po otwarciu formy, najpierw wypraska na 1/3 wysokości jest pchana przez pierścień spychający i gwint. Potem zostaje wykręcona tuleja i uwolniony gwint. Po czym następuje całkowite zepchnięcie wypraski ze stempla i zrzucenie z ząbków trzymających wypraskę przy wykręcaniu. Takiej możliwości nie daje forma wg koncepcji z rysunku 10, chyba że wzmocnimy kołnierz, a elementy zabezpieczające wypraskę przed obrotem przy wykręcaniu wykonamy na jej zewnętrznej powierzchni. Cykl pracy wyglądałby wtedy następująco: wykręcamy tuleję formującą gwint, otwieramy formę i zrzucamy wypraskę.

Obsługa i naprawa takiej formy będzie bardzo wygodna. Bez zdejmowania formy z wtryskarki odkręcamy zespół stempla (śruby mocujące zespół są od podziału) i mamy dostęp do wszystkich elementów.

Kanadyjska firma Tradesco, która budowała formy wg. koncepcji z rysunku 3 (przy odpowiednich materiałach i obróbce cieplnej), gwarantowała 20 mln cykli do pierwszego remontu. To chyba wystarczy za rekomendację dla korzystania z koncepcji z rysunku 3 dla budowy form na smukłe wypraski.

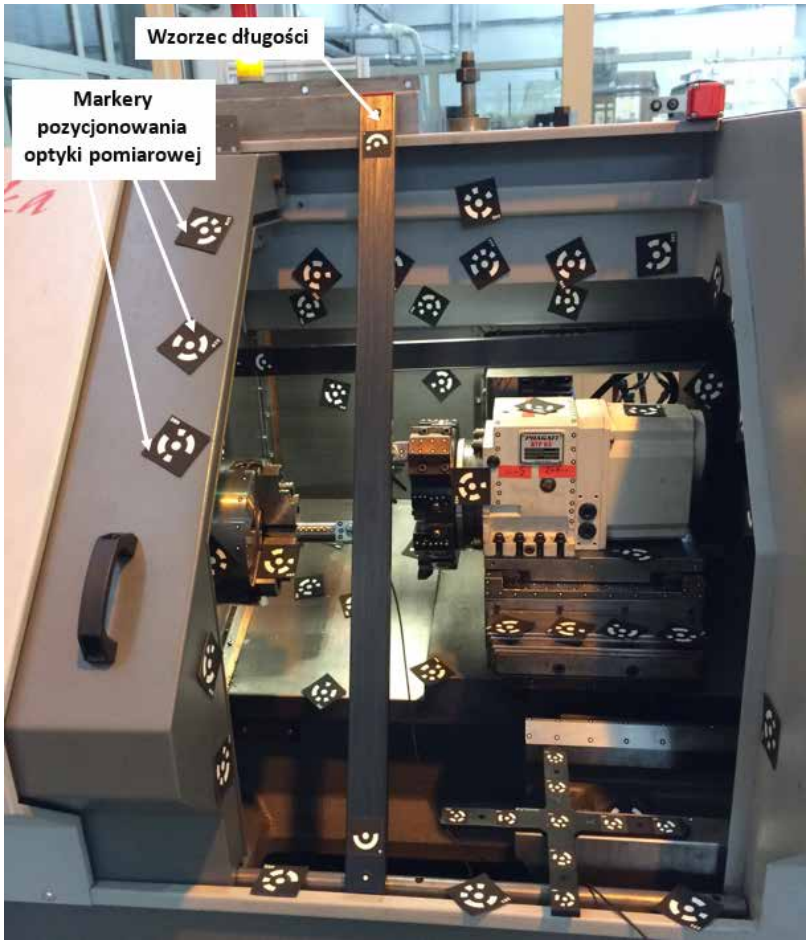
Wracając do naszego zbiornika z gwintem wewnętrznym. Przeniesienie gwintu na zewnątrz z możliwością formowania w podziale jest najlepszym rozwiązaniem we wszystkich aspektach. Pod warunkiem, że konstruktor wyrobu będzie wiedział i pamiętał o takiej możliwości.

Jerzy Dziewulski

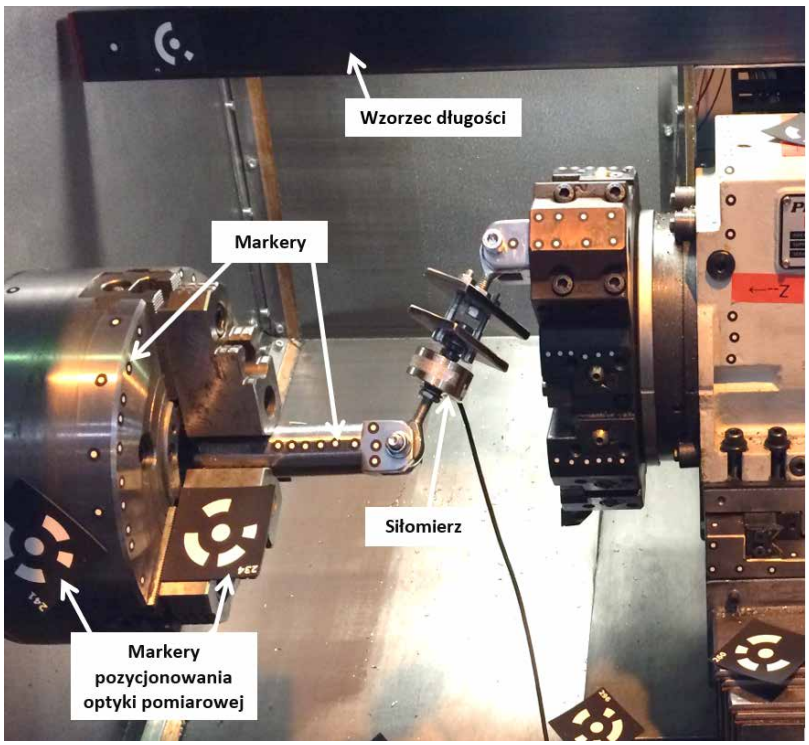
Wyznaczenie rozkładu sztywności statycznej obrabiarki z użyciem wyników pomiarów fotogrametrycznych

Paweł Majda, Aleksandra Ogórska

Wyznaczenie rozkładu sztywności statycznej obrabiarki jest zagadnieniem trudnym i na obecnym etapie rozwoju niezadowalającym. Pytanie jakie nasuwa się na myśl to: jaki jest cel badania sztywności obrabiarek? Badania statycznej sztywności obrabiarek przeprowadza się głownie z dwóch powodów. W celu porównania sztywności różnych obrabiarek [1], jak również użycia wyników pomiaru sztywności (wraz ze znajomością kierunku i wartości siły skrawania) do predykcji i korygowania błędów obróbki. Porównanie sztywności interesuje producentów obrabiarek natomiast korygowanie błędów obróbki interesuje ich użytkowników. Niemniej w obu przypadkach istnieje wyraźnie zauważalna potrzeba zastosowania wiarygodnych (tj. zwalidowanych) metod pomiaru sztywności obrabiarek. Niestety dostępne rozwiązania pozostawiają wiele do życzenia. W normie ISO 230-1 [2] zaproponowano dwie metody badania sztywności statycznej obrabiarek: z zewnętrznym oraz wewnętrznym wymuszeniem siły. Norma zastrzega, że zastosowanie tych metod do badania jednej obrabiarki daje różne wyniki pomiarów sztywności. Między innymi z tego powodu aktualnie wiele ośrodków badawczych pracuje nad opracowaniem nowych metod pomiarów, np. z użyciem pręta teleskopowo kulowego z wymuszeniem siłą [3] czy specjalnie projektowanych układów z wymuszeniem siłownikiem hydraulicznym [4] lub pneumatycznym [5], z jednoczesnym pomiarem przemieszczeń. Można powiedzieć, że rywalizacja o zaakceptowanie metody pomiaru sztywności przez producentów i użytkowników obrabiarek jest nadal aktualna. Rywalizację tę wygra ten, kto przedstawi obiektywne dowody (tj. walidację) o uzasadnionej możliwości zastosowania proponowanej metody do badań sztywności obrabiarek skrawających. W niniejszym artykule zademonstrowano możliwości zastosowania wyników pomiarów fotogrametrycznych do badań sztywności obrabiarek, identyfikacji jej słabych ogniw oraz symulowania błędów obróbki przedmiotu toczonego. To co wyróżnia tę metodę na tle innych, znanych, to możliwość zwizualizowania wyników pomiarów odkształceń całej obrabiarki oraz bardzo krótki czas wykonania pomiarów. Być może ta metoda znajdzie zastosowanie i uznanie w przedmiotowych badaniach sztywności.



Rys. 1 Widok tokarki z wzorcem długości i markerami do pozycjonowania optyki pomiarowej



Rys. 2 Widok tokarki z markerami

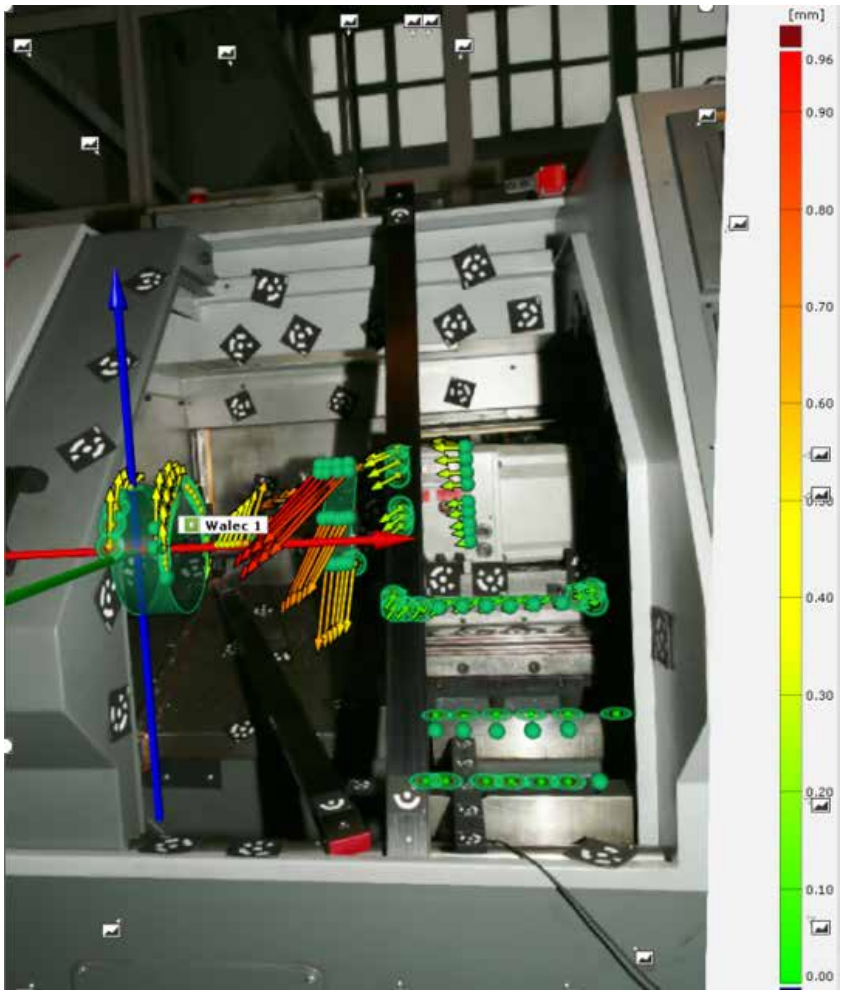
POMIARY FOTOGRAMETRYCZNE ODKSZTAŁCEŃ OBRABIARKI

Celem badania było wyznaczenie rozkładu sztywności statycznej tokarki w jej przestrzeni obróbczej – na płaszczyźnie pracy noża tokarskiego w płaszczyźnie XZ. Oś Z przyjęto zgodnie z tradycyjnie oznaczanym kierunkiem osi wrzeciona przedmiotowego, a oś X – zgodnie z kierunkiem promienia toczonego elementu. Uzyskane wyniki badania miały dostarczyć informacji (tj. współczynników sztywności) do kompensowania błędów obróbki. Do wykonania pomiarów użyto fotogrametryczny system pomiarowy, dzięki któremu można wyznaczyć współrzędne punktów w przestrzeni trójwymiarowej. Podczas pomiarów wykonuje się serię zdjęć markerów naklejonych na obiekt badań. Pomiary takie można wykonać przed oraz po obciążeniu obrabiarki siłą powodującą wywołanie odkształceń w jej pętli strukturalnej. W ten sposób z dwóch serii zdjęć można uchwycić przemieszczenie punktów oraz określić ich współrzędne. W kadrze oprócz markerów muszą być zawarte wzorce długości i markery do pozycjonowania optyki pomiarowej (Rys. 1).

Markery rozmieszczono na elementach korpusowych, przedmiocie obrabianym (PO), uchwycie wrzeciona i uchwycie przedmiotowym tokarki. Rozmieszczenie markerów pokazano na rysunku 2.

W badaniu użyto trzpienia pomiarowego, którego zadaniem było symulowanie PO. Jeden z jego końców osadzono w uchwycie wrzeciona, a do drugiego przymocowano element siłomierza z przegubem kulistym. Na trzpieniu także naklejono markery pomiaru współrzędnych punktów. Łącznie naklejono 143 markery, co daje zarejestrowanych współrzędnych (odpowiednio na kierunkach x, y i z) w jednym cyklu pomiarowym. Pomiary (zdjęcia) wykonano przed oraz po

obciążeniu siłą statyczną tokarki. Siłę wymuszano pomiędzy PO a trzpieniem zamocowanym w oprawce narzędziowej. Zastosowano połączenie śrubowe i ręcznie skręcano układ do osiągnięcia pożądanej siły. Do pomiaru siły zastosowano siłomierz tensometryczny o zakresie 5 kN i uniwersalną kartę pomiarową NI9219. Pierwszą serię zdjęć wykonano po zlikwidowaniu luzów na siłomierzu – dla 10±2 N siły statycznej. Następnie napięto układ siłą 4995±2 N i wykonano drugą serię zdjęć. Różnice współrzędnych zarejestrowanych w obu seriach potraktowano jako przemieszczenia wywołane działaniem siły statycznej (4995 – 10 = 4985 N) pomiędzy PO a oprawką narzędziową (Rys 3). Na podstawie uzyskanych różnic przemieszczenia i znanej siły obliczano współczynniki sztywności elementów pętli strukturalnej tokarki.

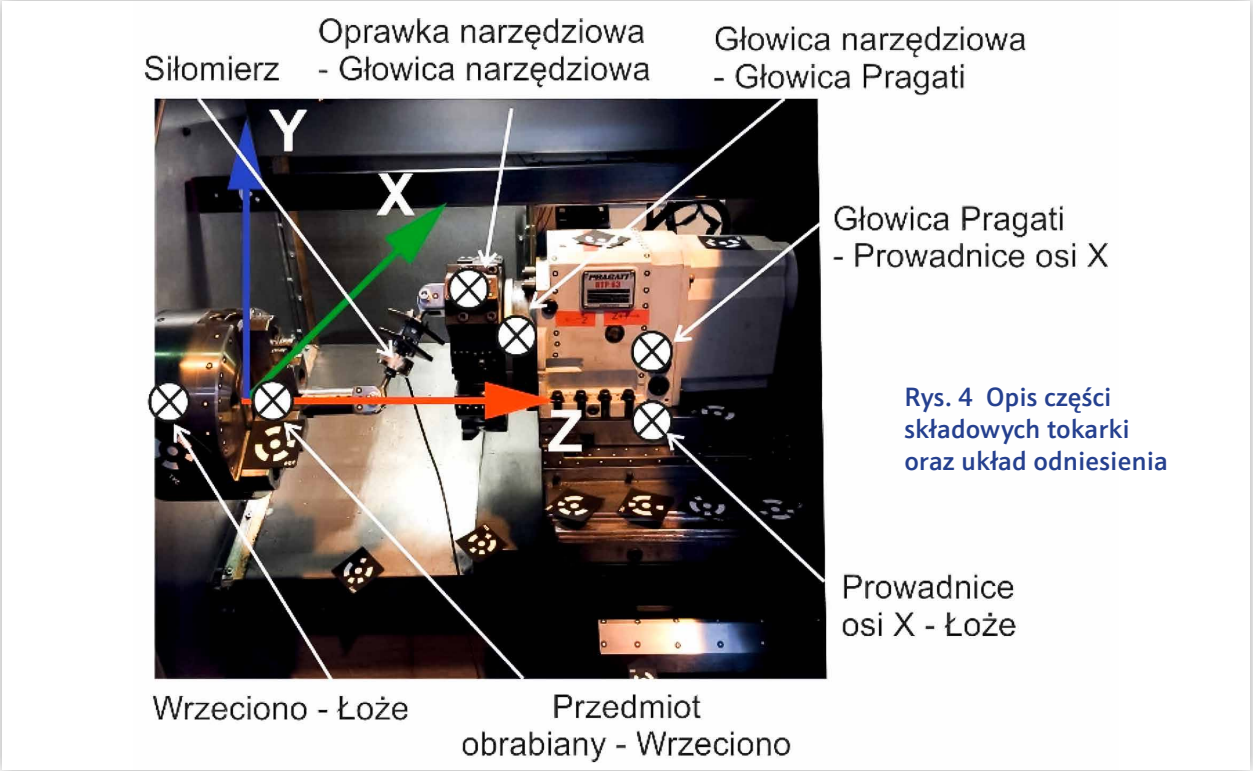


Rys. 3 Wizualizacja zmierzonych przemieszczeń wywołanych działaniem siły statycznej na tle badanego obiektu

WYZNACZENIE WSPÓŁCZYNNIKÓW SZTYWNOŚCI ORAZ ROZKŁADU PODATNOŚCI TOKARKI

Markery pomiarowe naklejano na sztywne elementy tokarki. Zrobiono to tak, aby grupa markerów była rozmieszczona na jednym konkretnym elemencie, np. łożu, uchwycie wrzeciona itp. Wyróżniono w ten sposób sześć brył. W ogólnym przypadku siła oddziaływania na każdy element to siła (w uproszczeniu transformowana do punktu przyłożenia) wynikająca z warunków równowagi – trzy składowe translacyjne i trzy momenty gnące. Natomiast przemieszczenia bryły, aproksymowane z wielu punktów pomiarowych jako ruch bryły sztywnej (były to trzy translacje i trzy kąty obrotu). Odnosząc odpowiednio siły do składowych przemieszczeń względnych brył uzyskano możliwość wyznaczenia współczynników sztywności (translacyjnej i skrętnej) sześciu połączeń: przedmiot obrabiany – wrzeciono, wrzeciono – łoże, łoże – prowadnice osi X, prowadnice osi X – głowica Pragati, głowica Pragati – głowica narzędziowa, głowica narzędziowa – oprawka narzędziowa (Rys. 4).

Połączenia prowadnicowe osi Z nie podlegały badaniu, ponieważ nie było możliwości naklejenia na nie markerów. Stąd przemieszczenia wyznaczone dla połączenia prowadnicowego osi X i łoża zawierają udział przemieszczeń wynikających z odkształceń prowadnic osi Z. W tabeli 1 dla celów porównawczych zamieszczono wartości obliczonej sztywności belki wspornikowej, którą można modelować trzpień chwytowy noża tokarskiego. Na rysunku 5 pokazano wizualizację uzyskanych rezultatów pomiarów. Sztywności skrętnej dla osi Z nie wyznaczano dla wrzeciona i PO, bo jej wartość dąży do zera (co wynika z możliwości swobodnego lub wymuszonego obrotu napędu głównego).



Rys. 4 Opis części składowych tokarki oraz układ odniesienia

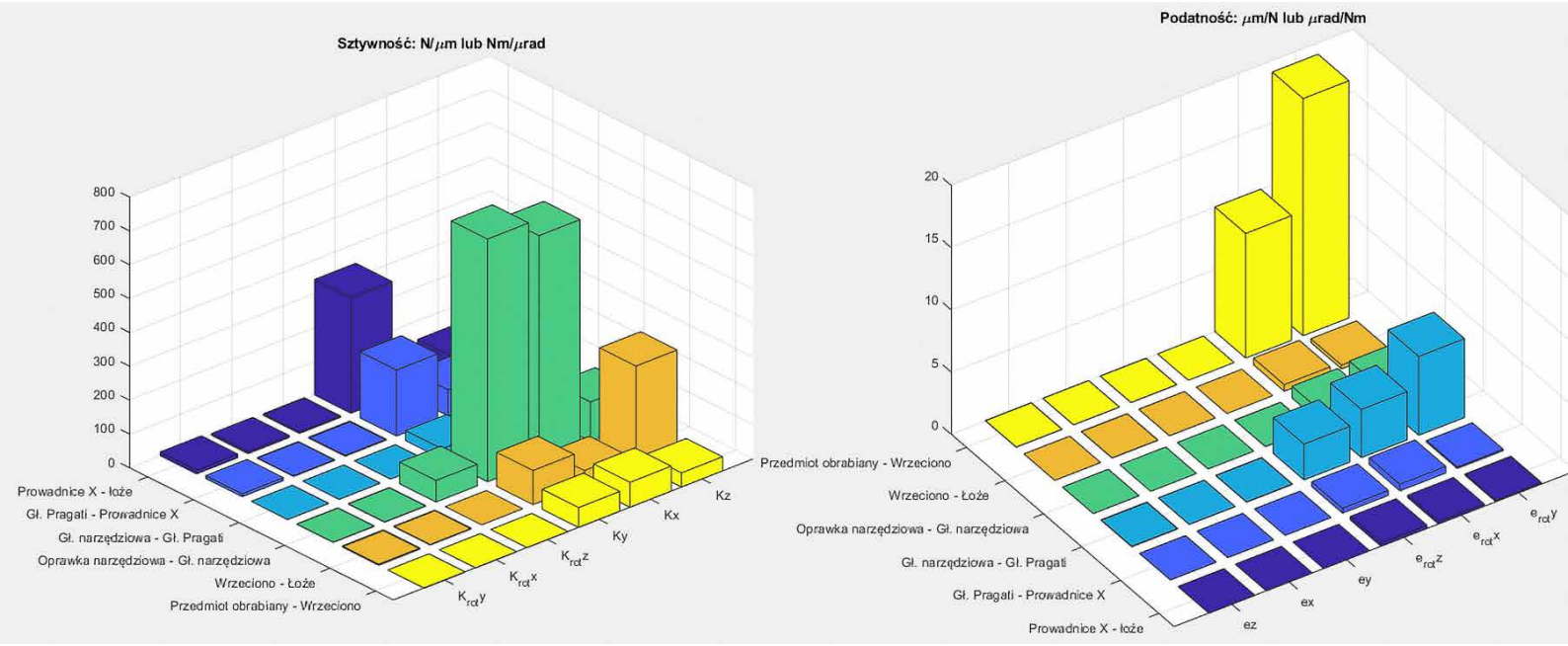
Interpretując wyniki zamieszczone w tabeli 1 oraz na rysunku 5 należy zachować ostrożność ze względu na zmienną konfigurację obrabiarki – elementy korpusowe przemieszczając się względem siebie zostają poddane zmiennym stanom obciążenia. Dotyczy to zwłaszcza obciążenia momentem (siły) gnącym. Porównując uzyskane wartości współczynników sztywności (zwłaszcza skrętnej) należy zawsze wziąć pod uwagę ramię oddziaływania siły obciążającej. Można na podstawie uzyskanych wyników dokonać porównania sztywności połączeń między sobą. Jednak przewidywanie odkształceń układu w umownym punkcie styku narzędzia z przedmiotem obrabianym (TCP – *tool center point*) to zupełnie inny temat, ze względu na trudność opisaną wcześniej.

Najsłabszymi (najmniejsza sztywność) ogniwami pętli strukturalnej badanej tokarki są połączenia PO z uchwytem wrzecionowym oraz głowicy narzędziowej z głowicą Pragati. Ciekawym jest to, że dla stanu obciążenia zastosowanego w badaniu słabym ogniwem nie jest oprawka narzędziowa. Wykazała ona największe wartości współczynników sztywności translacyjnej i rotacyjnej w osi Z.

Połączenie	Sztywność N/µm				Sztywność skrętna Nm/µrad			
	Kx	Ky	Kz	K	KrotX	KrotY	KrotZ	Krot
Przedmiot obrabiany - Wrzeciono	74	59	42	13	0.10	0.05		0.39
Wrzeciono - Łoże	41	101	290	21	1.88	3.30		2.28
Prowadnice osi X - Łoże	42	341	44	21	5.68	10.71	3.82	4.50
Gł. Pragati - Prowadnice osi X	77	195	66	18	1.90	8.60	2.54	3.61
Gł. Narzędziowa - Gł. Pragati	58	30	23	11	0.26	0.16	0.35	0.87
Oprawka narzędziowa - Gł. Narzędziowa	667	717	116	39	1.07	0.05	63.64	8.05
Narzędzie * 10x10x50 mm	4	4	16000	127	-	-	-	-
Narzędzie * 40x40x50 mm	1024	1024	2560000	1601	-	-	-	-
Narzędzie * 10x10x100 mm	0.5	0.5	2000	45	-	-	-	-

Tab. 1 Współczynniki sztywności translacyjnej i skrętnej wyznaczone w punktach wyróżnionych połączeń komponentów badanej tokarki

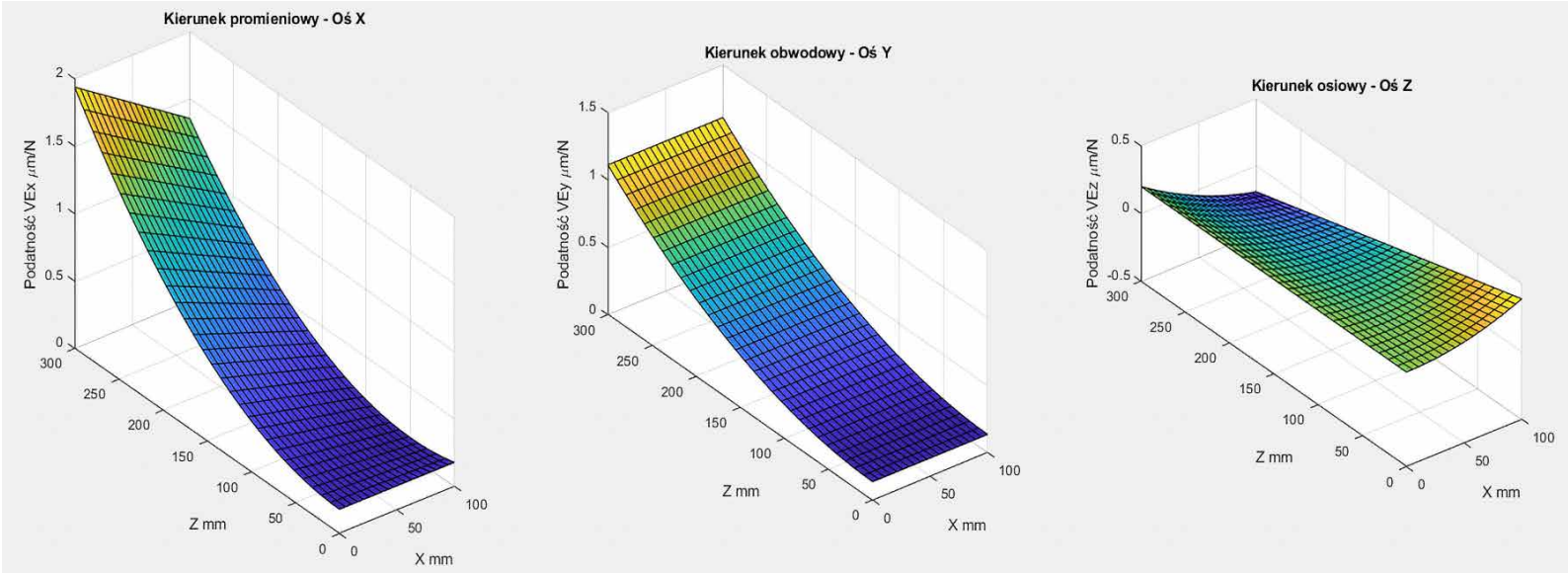
* Narzędzie, jako model zginanej belki wspornikowej



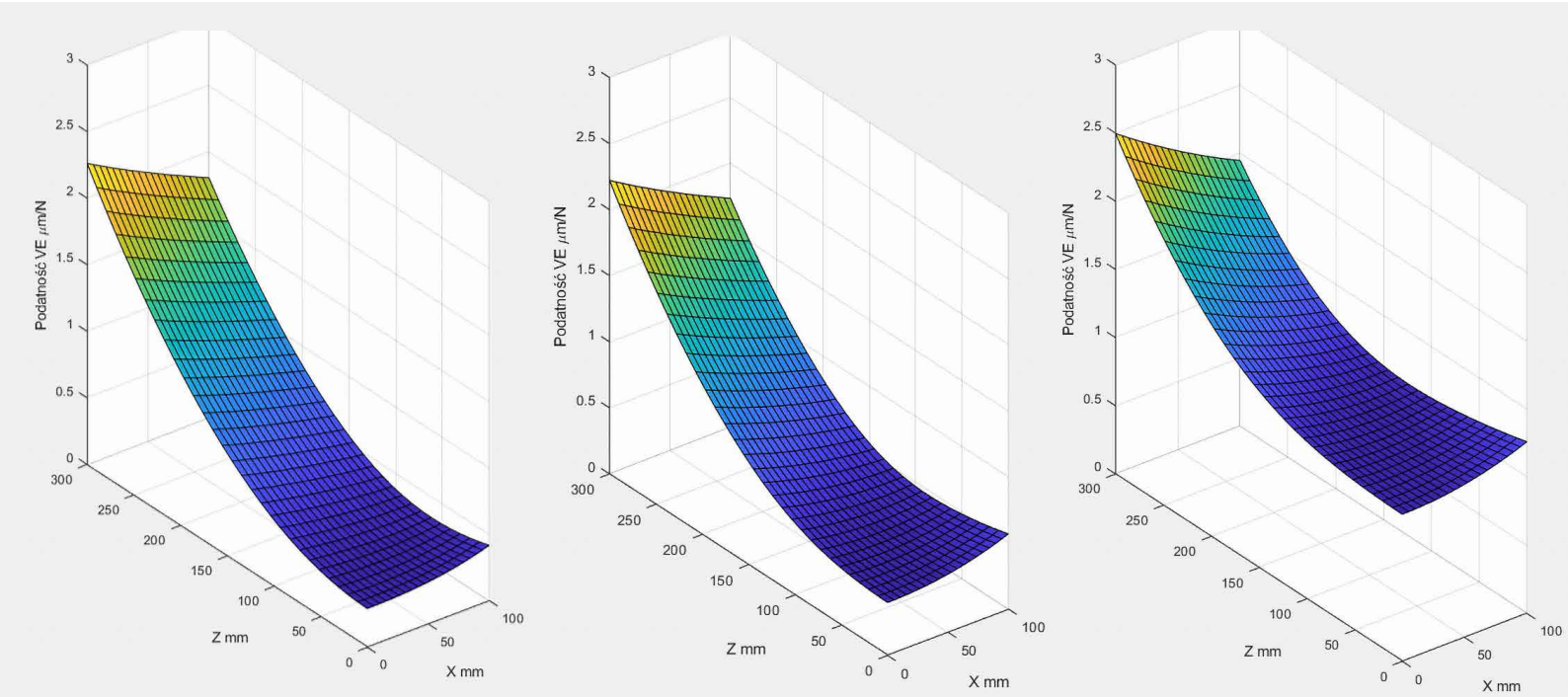
Rys. 5 Wyznaczone współczynniki sztywności (oraz ich odwrotności – podatności) dla wyróżnionych połączeń komponentów badanej tokarki

Korzystając z modelu maszyny wirtualnej oraz wyznaczonych wyżej współczynników sztywności przeprowadzono symulacje rozkładu podatności wolumetrycznej (VE) w przestrzeni obróbczej tokarki. Wirtualna tokarka uwzględnia zmienną konfigurację elementów wykonawczych, zmienny wysięg i orientację narzędzia, ale co najważniejsze, uwzględnia współczynniki sztywności wyznaczone w pomiarach, a nie wartości obliczeniowe. Przyjęto zakresy przesuwu osi 0≤X≤100 mm oraz 0≤Z≤300 mm. Wyznaczyły one obszar możliwego położenia noża tokarskiego w płaszczyźnie XZ. Pominięto modelowanie odkształcalności narzędzia. W centralnym punkcie (TCP) styku narzędzia z PO przyłożono jednostkową siłą wypadkową. Pozwoliło to wyznaczyć współczynnik podatności w TCP. Wyniki przedstawiono na rysunkach. 6 i 7.

Jak należało się spodziewać, ze względu na zmianę konfiguracji i wynikającą z tego zmianę punktu przyłożenia siły osiągnięto w przestrzeni obróbczej zmienne rozkłady podatności – nie jest to wartość

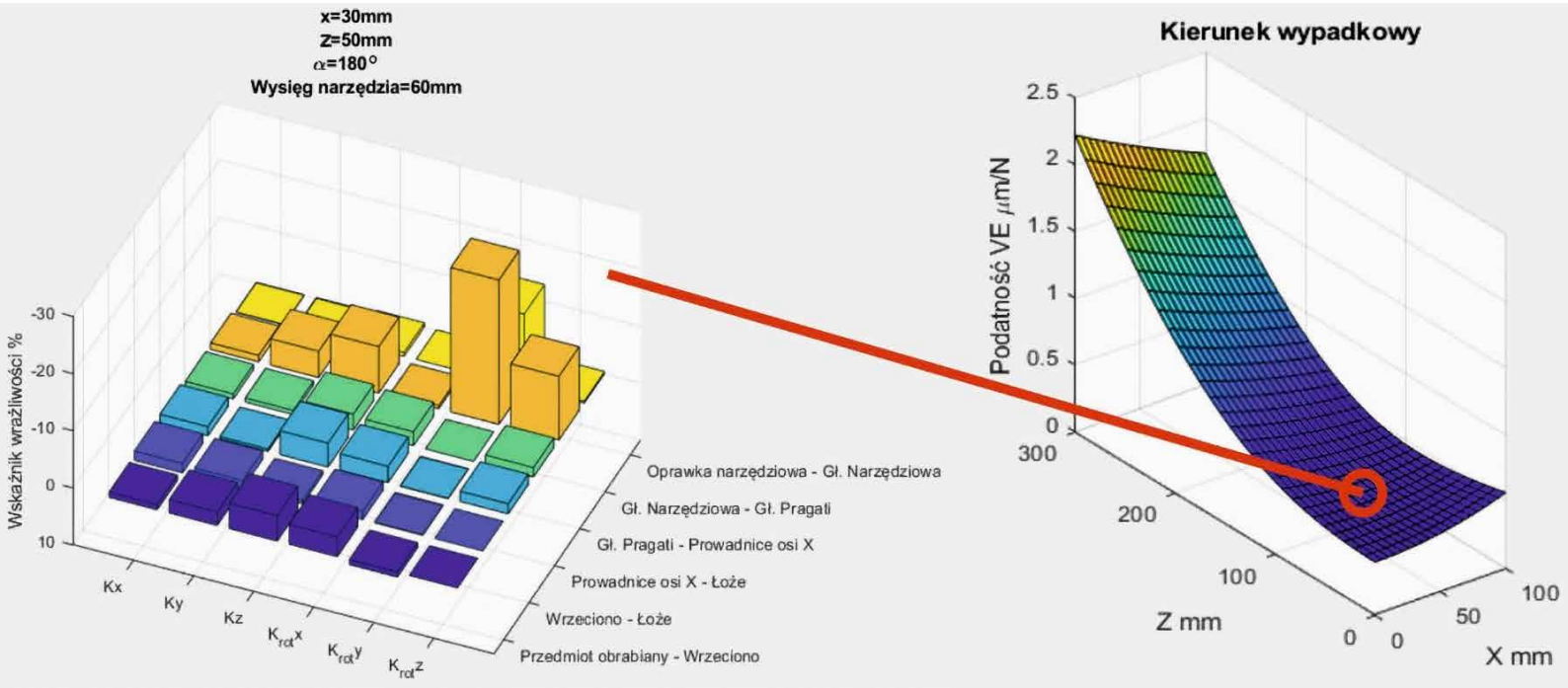


Rys. 6 Rozkład podatności wyznaczony na kierunkach osi tokarki. Wysięg narzędzia 60 mm na kierunku osi X – model toczenia wzdłużnego

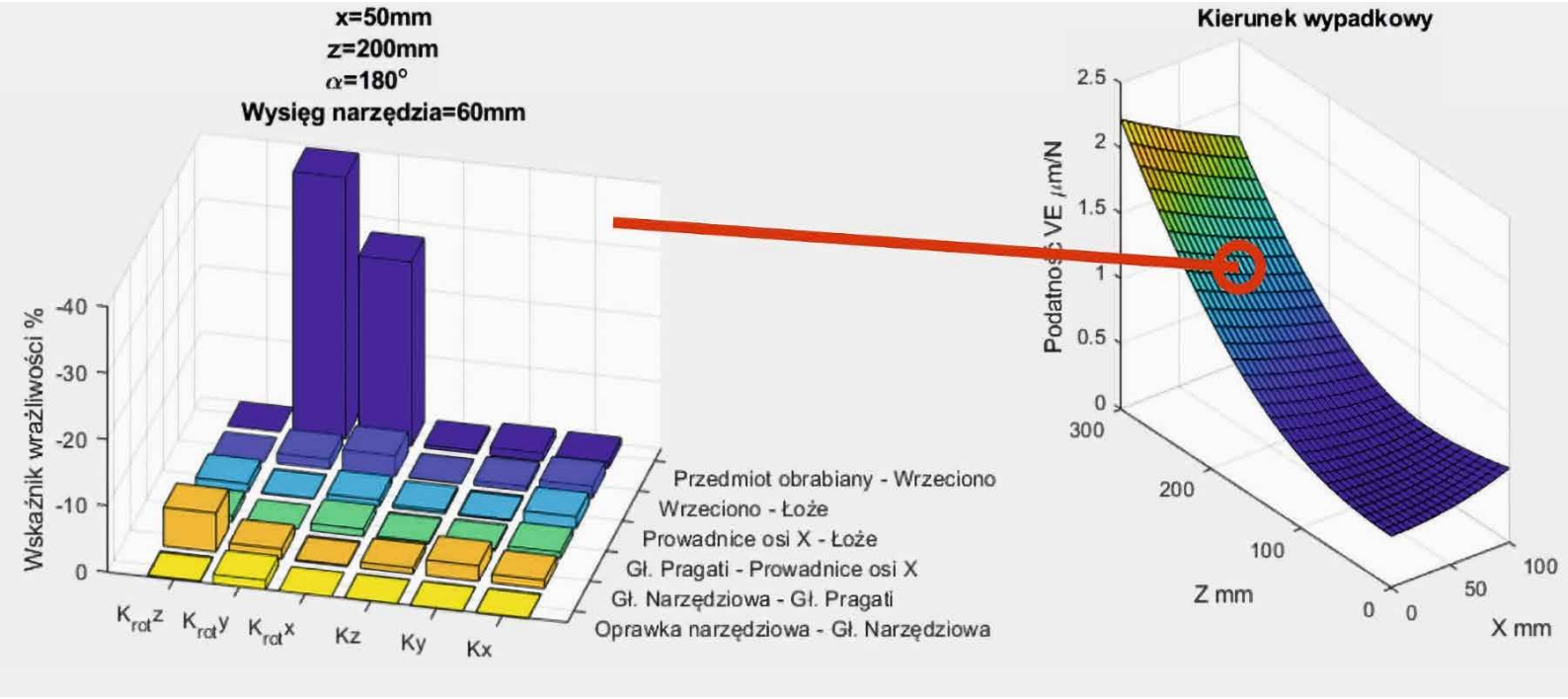


Rys. 7 Rozkład podatności na kierunku wypadkowym wyznaczony dla różnych wysięgów narzędzia. Od lewej: wysięg narzędzia 60 mm, na kierunku osi Z – model wytaczania, wysięg narzędzia 60 mm, na kierunku osi X – model toczenia wzdłużnego, wysięg narzędzia 160 mm, na kierunku osi X – model toczenia wzdłużnego

stała. Najmniejszą podatność (czyli największą sztywność) w punkcie TCP uzyskano w pobliżu czoła uchwytu przedmiotowego tj. wrzeciona. Oddalając się od tego obszaru obserwuje się wzrost podatności, co jest bezpośrednim efektem wzrostu wartości momentu gnącego działającego na PO. Kierunek promieniowy, tj. osi X, wykazuje większą podatność od pozostałych. Oś Z jest najsztywniejsza. Przy tym samym wysięgu narzędzia (60 mm), ale orientowanym wzdłuż osi X (model toczenia wzdłużnego), obserwuje się nieznacznie mniejszą podatność niż dla wysięgu narzędzia na kierunku



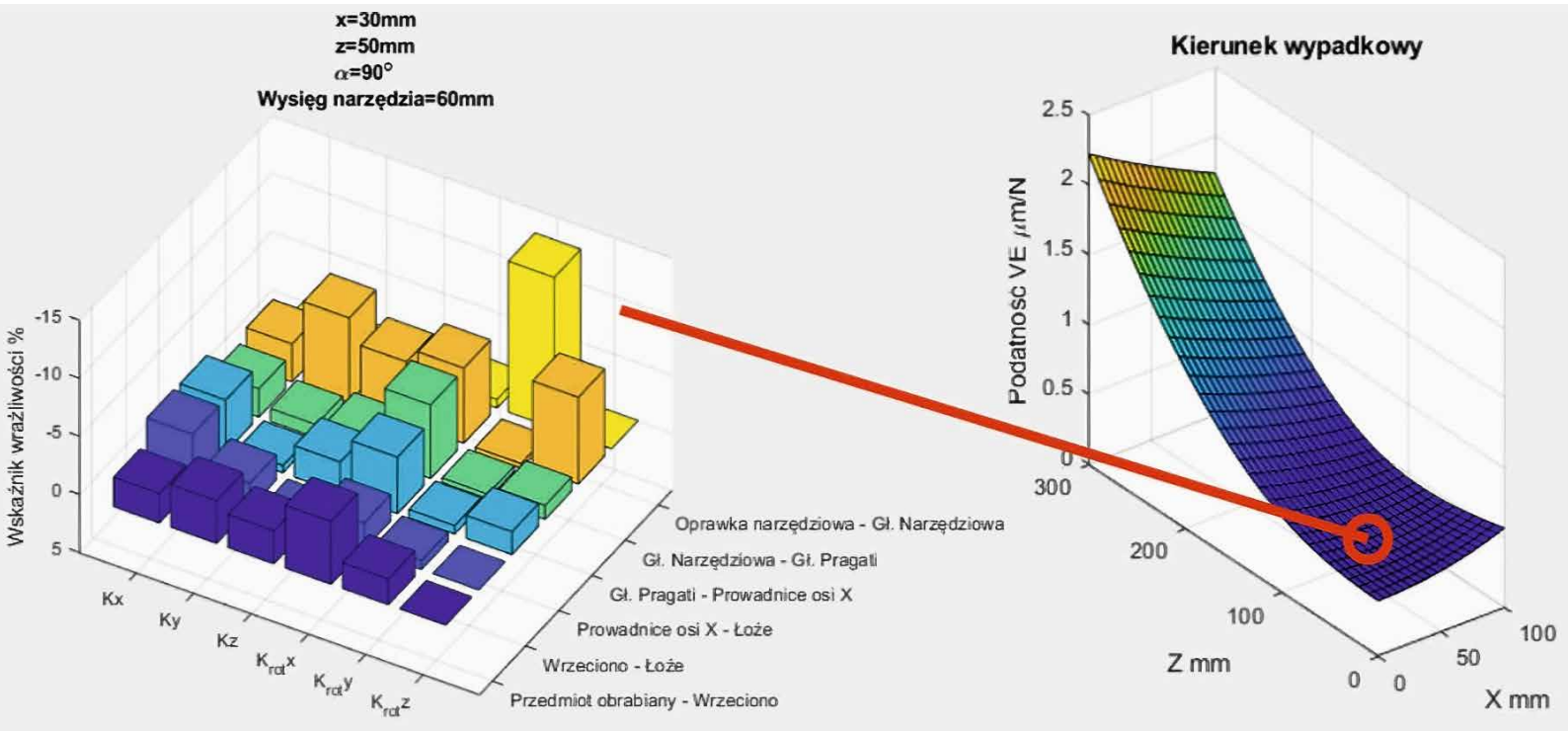
Rys. 8 Wskaźnik wrażliwości podatności na zmiany współczynników sztywności komponentów tokarki oraz rozkład podatności na kierunku wypadkowym (w punkcie x=30 i z=50 mm); wysięg narzędzia 60 mm na kierunku osi X – model toczenia wzdłużnego



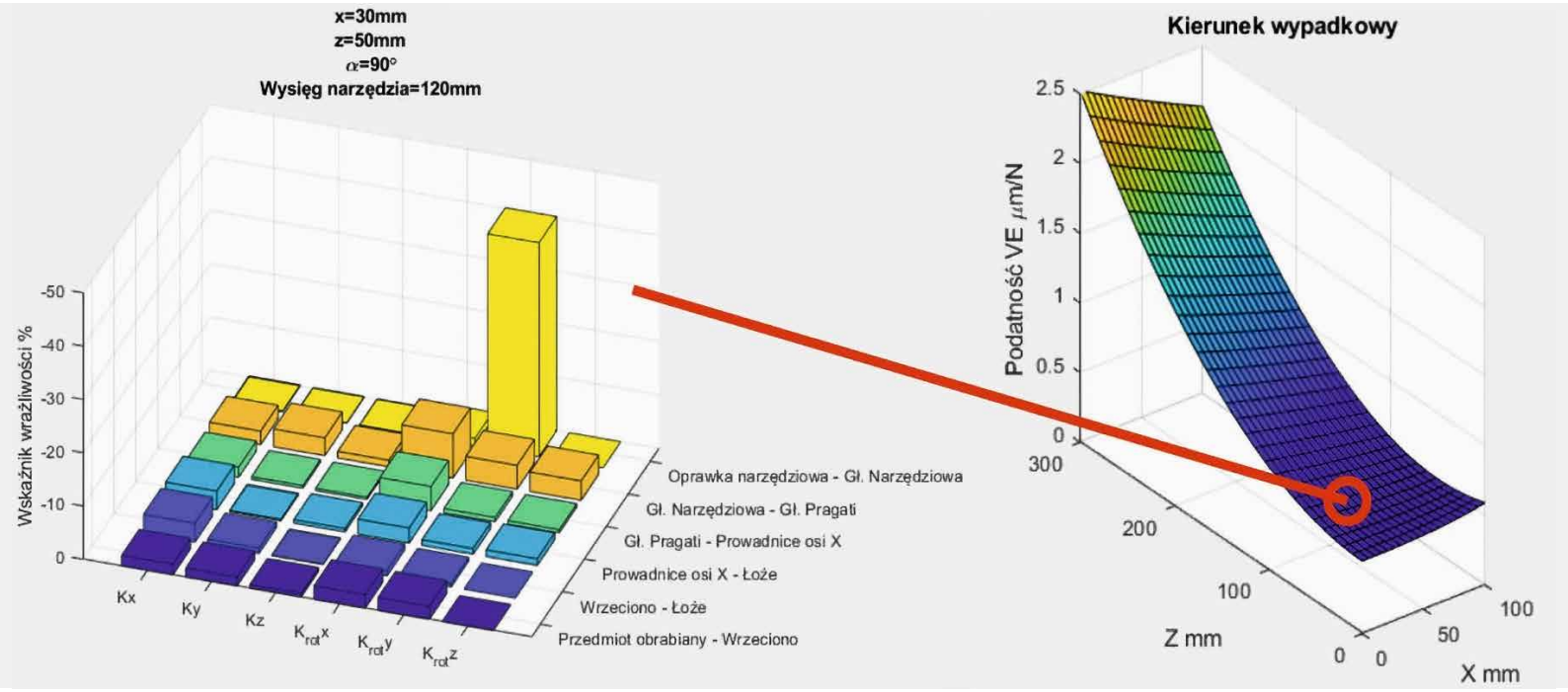
Rys. 9 Wskaźnik wrażliwości podatności na zmiany współczynników sztywności komponentów tokarki oraz rozkład podatności na kierunku wypadkowym (w punkcie x=50 i z=200 mm); wysięg narzędzia 60 mm na kierunku osi X – model toczenia wzdłużnego

osiowym, tj. wzdłuż osi Z (model wytaczania). Jednak zwiększając wysięg narzędzia obserwuje się trzykrotny wzrost podatności w pobliżu czoła wrzeciona oraz z mniejszą intensywnością przyrostu w pozostałej części przestrzeni obróbczej.

W przedmiotowej analizie zbadano wrażliwość zmian współczynników sztywności wyróżnionych połączeń tokarki (translacyjnych i skrętnych) na zmianę podatności układu w umownym punkcie styku narzędzia z przedmiotem obrabianym.



Rys. 10 Wskaźnik wrażliwości podatności na zmiany współczynników sztywności komponentów tokarki oraz rozkład podatności na kierunku wypadkowym (w punkcie x=30 i z=50 mm); wysięg narzędzia 60 mm na kierunku osi Z – model wytaczania



Rys. 11 Wskaźnik wrażliwości podatności na zmiany współczynników sztywności komponentów tokarki oraz rozkład podatności na kierunku wypadkowym (w punkcie x=30 i z=50 mm); wysięg narzędzia 120 mm na kierunku osi Z – model wytaczania

Obliczenia wykonywano dla konkretnego punku w rozpatrywanej przestrzeni obróbczej oraz dla różnych orientacji i wysięgów narzędzia. Widoczne wysokości słupków na wykresach (Rys. 8-11) odpowiadają procentowej zmianie podatności ze względu na zmianę rozpatrywanego czynnika. Przykładowa interpretacja wartości -20% jest następująca: zwiększając wartość współczynnika sztywności o 100% wartość podatności ulegnie zmniejszeniu o 20%.

Można zauważyć, że w zależności od orientacji narzędzia, jego wysięgu oraz rozpatrywanego punktu pracy w przestrzeni obróbczej, udział sztywności rozpatrywanych połączeń pętli strukturalnej obrabiarki w bilansie podatności jest zmienny. Nie wyróżniono jednoznacznie słabego ogniwa o dominującym wpływie na odkształcalność w każdym z analizowanych przypadków. W zależności od rozpatrywanego przypadku ujawniało się inne połączenie. Wydawałoby się, że połączenie głowicy narzędziowej z głowicą Pragati, niezależnie od rozpatrywanego przypadku, wnosi widoczny udział do bilansu podatności. Jednak analizując otrzymane wartości liczbowe stwierdzono, że w najlepszym przypadku zwiększenie sztywności połączenia tej głowicy na odpowiednim kierunku o 100% spowodowałoby spadek podatności (czyli wzrost sztywności) w punkcie styku narzędzia z przedmiotem obrabianym tylko o około 30% (Rys. 8). W pozostałych przypadkach spadek ten miał jeszcze mniejsze znaczenie. Można z tego wywnioskować, że zwiększenie sztywności statycznej połączenia głowicy narzędziowej z głowicą Pragati wprowadzi poprawę do bilansu podatności ale nie będzie to efektywnym sposobem polepszenia sztywności obrabiarki.

PODSUMOWANIE

Zaprezentowana metoda z użyciem wyników pomiarów fotogrametrycznych umożliwia w krótkim czasie (mniej od 2 minut – czas potrzebny na zrobienie jednej serii zdjęć) uzyskanie wyników do doświadczalnej analizy rozkładu sztywności obrabiarki w jej przestrzeni obróbczej.

Wyznaczenie sztywności obrabiarki jest problemem szacowania jej rozkładu w przestrzeni roboczej. Rozkład ten jest zmienny ze względu na zmianę warunków obciążenia, wynikającą ze

zmiennej konfiguracji elementów wykonawczych obrabiarki (w tym także wysięg i orientację narzędzia). Komplikuje to bardzo interpretację uzyskiwanych wyników pomiarów, bo stałe wartości współczynników sztywności połączeń elementów obrabiarki, wyznaczone dla znanej konfiguracji, nie świadczą o stałości rozkładu sztywności w przestrzeni obróbczej. Dodatkowo problem się komplikuje ze względu na zmienność udziału sztywności komponentów obrabiarki w bilansie jej rozkładu w przestrzeni obróbczej. Innymi słowy: słabe ogniwa obrabiarki ze względu na sztywność statyczną ujawniają się indywidualnie, w zależności od warunków i rozpatrywanego punku pracy. Istnienie słabego ogniwa w rozpatrywanej konfiguracji nie gwarantuje jego dominującego udziału przy rozpatrywaniu innej konfiguracji.

W analizie wrażliwości dla wszystkich prezentowanych przypadków wyłonił się widoczny udział sztywności głowicy narzędziowej na podatność rozpatrywaną w punkcie pracy narzędzia i przedmiotu obrabianego. Istniały nawet przypadki, że był on dominujący (patrz: Rys. 8). Wydawałoby się, że głowica narzędziowa jest słabym ogniwem badanego układu. W szczególności do takiego wniosku można by dojść po analizie wyników otrzymanych bezpośrednio z pomiarów fotogrametrycznych (patrz: Rys. 3). Jednak, co wykazano we wnioskach z analizy wrażliwości, zwiększanie sztywności mocowania głowicy narzędziowej nie będzie skutecznym sposobem zwiększania sztywności ogólnie pojętej obrabiarki. W tym sensie zaprezentowana metoda pozwoliła realnie (ilościowo) ocenić istotność wpływu rozpatrywanego ogniwa na odkształcalność układu w umownym punkcie styku narzędzia z przedmiotem obrabianym.

Metoda pozwoliła jednak jednoznacznie wyłonić silne ogniwa w pętli strukturalnej badanej maszyny. Nie uwidoczniły się ich dominujące wpływy w wynikach pomiarów i analizie rozkładu podatności w przestrzeni obróbczej. Dla badanej maszyny były to połączenia: prowadnic osi X z łożem (w tym także prowadnic osi Z) oraz wrzeciona z łożem. Oznacza to, że połączenia te są przesztywnione i można rozpatrywać ich „odchudzenie".

Paweł Majda, Aleksandra Ogórska

Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki

Bibliografia:

1. D. Olvera, L.N. Lopez de Lacalle, et al.: *Analysis of the tool tip radial stiffness of turn-milling centers*, Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2012) 60, pp. 883-891, doi 10.1007/s00170-011-3645-3.
2. ISO 230-1:2012, *Test code for machine tools. Part 1: geometric accuracy of machines operation under no-load or finishing conditions*, ISO, Geneva (2017).
3. T. Laspas, N. Theissen, A. Archenti: *Novel methodology for the measurement and identification for quasi-static stiffness of five-axis machine tools*, Precision Engineering, ISSN 0141-6359, Volume 65 (2020), doi.org/10.1016/j.precisioneng.2020.06.006.
4. P. Pawełko, D. Jastrzębski, A. Parus et al.: *A new measurement system to determine stiffness distribution in machine tool workspace*. Archiv. Civ.Mech.Eng 21, 49 (2021).
5. P. Majda, J. Jastrzębska: *Measurement uncertainty of generalized stiffness of machine tools*, Measurement, Vol 170 (2021) 108692, doi.org/10.1016/j.measurement.2020.10869

Obrabiarki skrawające do metalu
WIERTARKI

Wiertarki należą do maszyn, które towarzyszą nam od najdawniejszych czasów. W starożytności były napędzane ręcznie, tzw. smyczkiem, lub miały napęd nożny. Obecnie produkuje się mnóstwo wiertarek różnego typu i wielkości, ale zdecydowana większość ma napęd elektromechaniczny. Zdarza się napęd pneumatyczny, np. w górnictwie, w strefie zagrożenia wybuchem lub w niektórych zakładach produkcyjnych, gdzie używane są wiertarki ręczne z takim napędem, jeżeli w tym zakładzie jest sieć sprężonego powietrza. W niektórych rozwiązaniach stosuje się napęd hydrauliczny, zwłaszcza w ruchu posuwowym. Pewne ciekawe rozwiązania konstrukcyjne wiertarek omawiamy w niniejszym tekście.

Aleksander Łukomski

Wiertarki są obrabiarkami przeznaczonymi do wykonywania otworów. Narzędzie – wiertło, najczęściej kręte, wykonuje ruch obrotowy i ruch prostoliniowy – posuwowy. Przedmiot obrabiany jest nieruchomy. Typowe operacje wykonywane na wiertarkach to wiercenie otworów, powiercanie otworów, rozwiercanie, pogłębianie, fazowanie, gwintowanie. Rzadziej wykonuje się operacje wytaczania, planowania powierzchni, np. nadlewków lub ich obtaczanie, używając jako narzędzi noży tokarskich.

W zależności od przeznaczenia stosuje się następujące narzędzia wiertarskie:

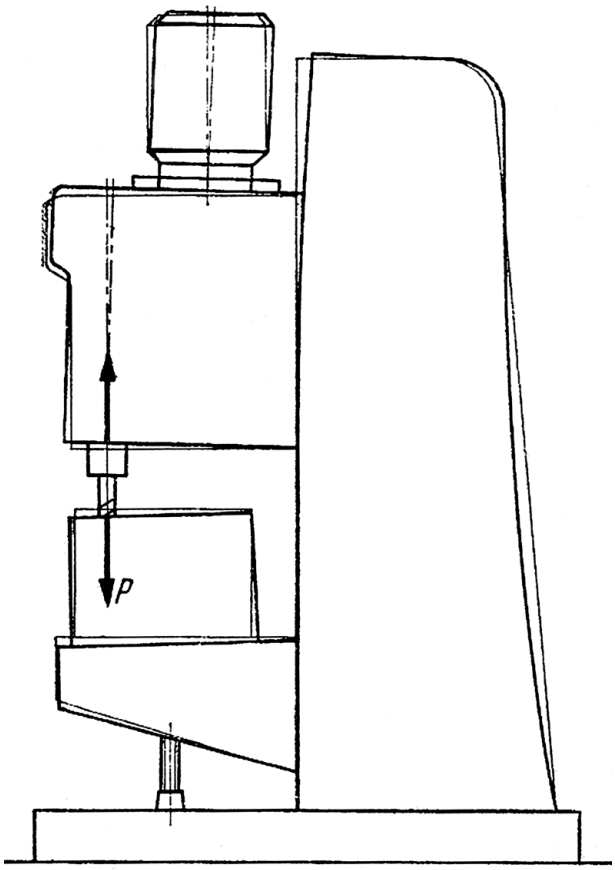
- wiertła kręte do żeliwa i stali, do metali nieżelaznych, piórkowe, do głębokich otworów, do otworów wielokątnych, specjalne;
- pogłębiacze czołowe, stożkowe i kształtowe;
- nawiertaki do nakiełków;
- wiertła i pogłębiacze składane.

Narzędzia te mogą być jednolite lub łączone – część robocza z chwytem lutowana lub zgrzewana. Jako materiał na narzędzia wiertarskie, na części

robocze, stosuje się stal szybkotnącą lub narzędziową. Węgliki spiekane stosuje się w postaci płytek przeznaczonych do lutowania. Małe średnice wierteł mogą być w całości wykonane z węglików. Zwiększenie trwałości wierteł można uzyskać poprzez kształtowanie drugiego stożka, a także poprzez wprowadzenie chłodzenia wewnętrznego. Wiertła mają część chwytową w postaci stożka Morse`a lub w postaci walcowej. Dla zwiększenia możliwości obróbki wiertarek wypracowano różne specjalne narzędzia wiertarskie.

Istnieje wiele różnych wiertarek o bardzo różnym zastosowaniu. Spośród całej gamy wiertarek wyróżnić można: wiertarki stołowe, słupowe i stojakowe, promieniowe, rewolwerowe, wielowrzecionowe, do głębokich otworów, gwinciarki, wiertarki szeregowe, z niewysuwnym wrzecionem i inne. Są też wiertarki w wykonaniu specjalnym, o specjalnej konstrukcji, do tylko jednej konkretnej operacji. Specyficzną odmianą wiertarek są przeważnie większych wymiarów wiertarko-frezarki i wiertarki współrzędnościowe, tzw. koordynatki, o dużej dokładności, zwłaszcza położenia otworów w osi X,Y, z dokładnością liczoną w mikronach.

Większość wiertarek ma budowę, na którą składa się podstawa ze stołem mocującym przyrząd z detalem obrabianym, kolumna pionowa związana konstrukcyjnie z podstawą i wrzeciennik z wysuwną tuleją wrzecionową, w której zamontowane jest wrzeciono; najczęściej w korpusie wrzeciennika znajduje się przekładnia wrzecionowa, umożliwiająca dobór odpowiednich parametrów obróbki (Rys. 1).



Rys. 1 Wpływ siły posuwu podczas wiercenia na odkształcenia korpusów wiertarki

Wiertło kręte obracając się skrawa metal za pomocą dwóch ostrzy. Na podstawie odpowiednich wzorów można obliczyć siły skrawania, momenty i siłę posuwu. Dla określenia nominalnego obciążenia wiertarki przyjmuje się obliczeniowy moment obrotowy i siłę wzdłużną skrawania przy wierceniu otworu w pełnym materiale wiertłem ze stali szybkotnącej, o największej średnicy dla danej wiertarki. Na podstawie momentu

Typ	Zastosowanie	Kąt wzniosu linii śrubowej	Kąt wierzchołkowy
N	Uniwersalne zastosowanie do materiałów o wytrzymałości na rozciąganie ok. 1000 N/mm^2, np. stale konstrukcyjne, do nawęglania i obróbki cieplnej	30-40°	118°
H	wiercenie kruchych metali nieżelaznych i tworzyw sztucznych, dających krótki wiór	13-19°	118°
W	wiercenie miękkich metali nieżelaznych i tworzyw sztucznych, dających długi wiór	40-47°	130°

Tab. 1 Charakterystyka wierteł ze stali szybkotnącej HSS wg DIN 1414-1 (1998-06) i DIN 1835

Materiały obrabiane		Prędkość skrawania v_c m/min narzędziem powlekanym	Średnica wiertła w mm				
Grupa materiałów	Wytrzymałość na rozciąganie w N/mm² lub twardość HB		2-3	> 3-6	> 6-12	> 12-25	> 25-50
			Posuw w mm/obrót				
Stale niskowytrzymałe	≤ 800	40	0,05	0,10	0,15	0,25	0,35
Stale wysokowytrzymałe	> 800	20	0,04	0,08	0,10	0,15	0,20
Stale nierdzewne	≥ 800	12	0,03	0,06	0,08	0,12	0,18
Żeliwa	≤ 250 HB	20	0,10	0,10	0,30	0,40	0,60
Stopy aluminium	≤ 350	45	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60
Stopy miedzi	≤ 500	60	0,10	0,15	0,30	0,40	0,60
Tworzywa termoplastyczne	–	50	0,10	0,15	0,30	0,40	0,60
Tworzywa duroplastyczne	–	25	0,05	0,10	0,18	0,27	0,35

Tab. 2 Parametry wiercenia wiertłami ze stali szybkotnącej z użyciem cieczy chłodzącej

Materiały obrabiane		Prędkość skrawania v_c m/min narzędziem powlekanym	Średnica wiertła w mm				
Grupa materiałów	Wytrzymałość na rozciąganie w N/mm² lub twardość HB		2-3	> 3-6	> 6-12	> 12-25	> 25-50
			Posuw w mm/obrót				
Stale niskowytrzymałe	≤ 800	90	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40
Stale wysokowytrzymałe	> 800	80	0,08	0,13	0,20	0,30	0,40
Stale nierdzewne	≥ 800	40	0,08	0,13	0,20	0,30	0,40
Żeliwa	≤ 250 HB	100	0,10	0,15	0,30	0,45	0,70
Stopy aluminium	≤ 350	180	0,15	0,25	0,40	0,60	0,80
Stopy miedzi	≤ 500	200	0,12	0,16	0,30	0,45	0,60
Tworzywa termoplastyczne	–	80	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40
Tworzywa duroplastyczne	–	80	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40

Tab. 3 Parametry wiercenia wiertłami z ostrzami z węglików spiekanych z użyciem cieczy chłodzącej

Powyższe parametry można modyfikować w zależności od występowania lepszych lub gorszych warunków. Założono ponadto użycie narzędzia krótkiego, trwałość ok. 30 min i głębokość wiercenia mniejszą od pięciokrotności średnicy wiertła

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Jak działa Design for Assembly? Przypadek zaworu zmiennych faz rozrządu

Zespół trzech inżynierów z fabryki Standard Motor Products – SMP, korzystając z zasad projektowania pod montaż (*Design for Assembly* – DFA), podjął się zoptymalizowania konstrukcji zaworu zmiennych faz rozrządu L53096 używanego w 4,7 milionach samochodów. Jest to część wymienna z wieloletnią historią, w której zauważono potencjał na optymalizację, by przy niezmienionej jakości, zmniejszyć koszty produkcji.

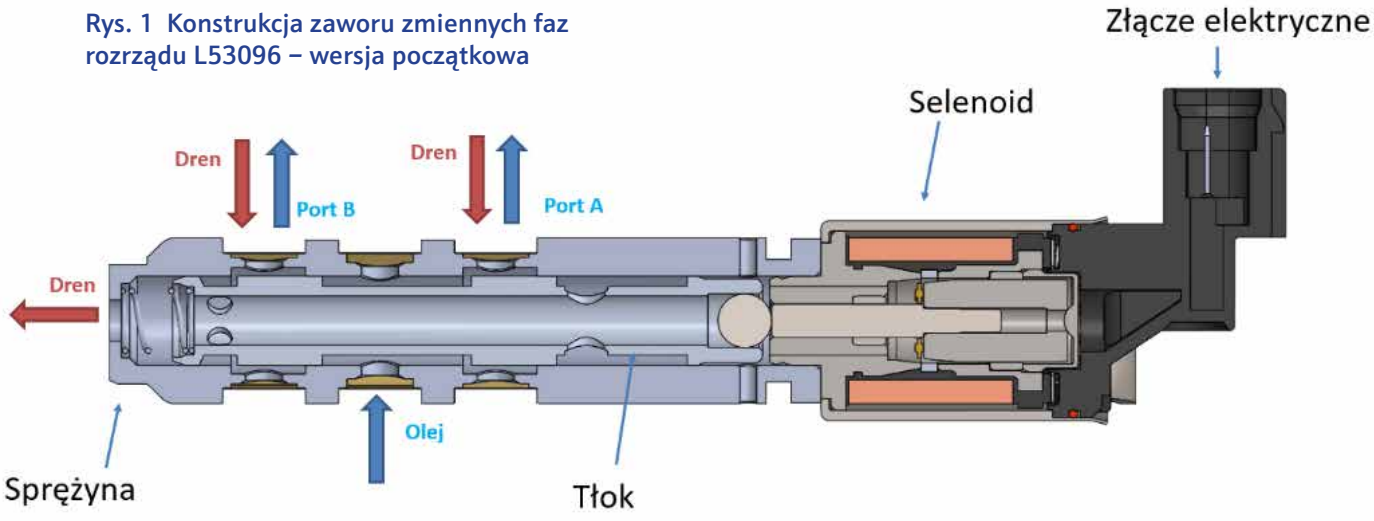
Michał Hałas

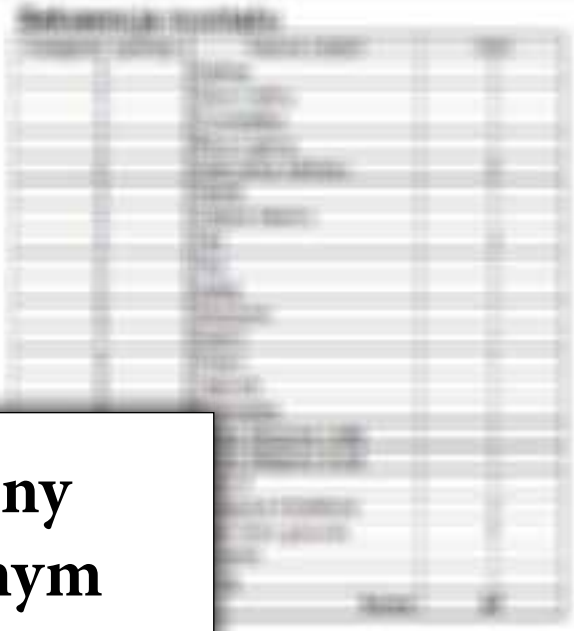
Zawór zmiennych faz rozrządu L53096 jest używany w całej gamie silników spalinowych do sterowania pracą zaworów dolotowych i wylotowych w głowicy silnika.

W tradycyjnym rozrządzie może zostać zastosowany układ pozwalający na regulację czasu otwarcia i zamknięcia (poprzez zmianę kąta obrotu wałka rozrządu) zaworów dolotowych i wylotowych – jest to układ zmiennych faz rozrządu. Zawór zmiennych faz rozrządu jest zaworem elektromagnetycznym, sterowanym przez ten sam komputer, który zarządza pracą silnika. Taki zawór doskonale się sprawdza w sterowaniu zaworami dolotowymi i wylotowymi, by obniżyć spalanie paliwa, poprawić elastyczność silnika i wypłaszczyć krzywą momentu obrotowego.

Na rysunku 1 widać produkt w pierwotnej wersji (przed optymalizacją) z zaznaczonym sposobem działania. Olej pod ciśnieniem jest podawany do portu A. W przypadku wystąpienia konkretnych

Rys. 1 Konstrukcja zaworu zmiennych faz rozrządu L53096 – wersja początkowa





Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata@iter.com.pl

Pionowzloty w konfiguracji *tail-sitter*

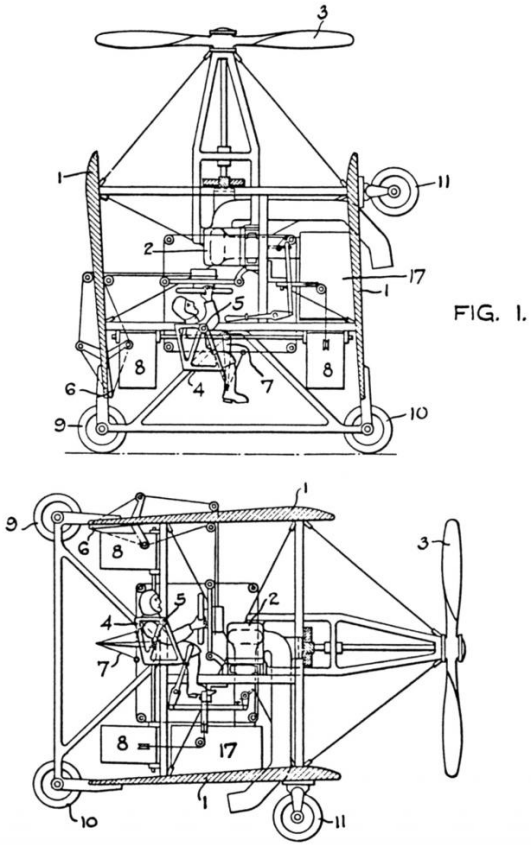
Koncepcje samolotów pionowego startu i lądowania rozpalały wyobraźnię konstruktorów lotniczych na długo zanim rozwój techniki umożliwił realizację takich ambitnych projektów. Dziś pojęcie pionowzlotu kojarzy nam się z takimi konstrukcjami jak V-22 Osprey czy Harrier, kiedyś jednak samoloty pionowego startu i lądowania (ang. VTOL) wyobrażano sobie zupełnie inaczej.

Jacek Zbierski

Niespełna sto lat temu, w 1928 roku, słynny wynalazca Nicola Tesla opatentował koncepcję statku powietrznego (U.S. Patent 1,655,114) zdolnego wznosić się pionowo jak helikopter, a następnie przechodzić do lotu poziomego z wykorzystaniem siły nośnej, generowanej przez skrzydła – jak samolot. Analogicznie, aby wylądować, aparat miałby zwalniać, przechodzić do zawisu i opuszczać się na ziemię. W odróżnieniu od znacznie późniejszych zmiennopłatów (np. Hiller X-18 czy LTV XC-142) i *tiltrotorów* (V-22 Osprey czy V-290 Valor), Tesla nie uwzględnił w swoim wynalazku obrotu płatów skrzydeł ani silników o 90° w celu realizacji przejścia z lotu pionowego do poziomego i w drugą stronę, lecz zakładał przyjęcie odpowiedniej trajektorii lotu płynnie przechodzącego z płaszczyzny wertykalnej do horyzontalnej i z powrotem. Wychyleniu miały za to podlegać fotele załogi. Aparat latający według patentu Tesli nie miał klasycznego ogona, tylko platformę, na której opierał się stojąc na ziemi. Tym samym jest to historycznie pierwszy reprezentant ciekawej, nieco zapomnianej gałęzi samolotów startujących pionowo w pozycji wertykalnej, w języku angielskim określanych wdzięczną nazwą *tail-sitters* (siedzących na ogonie).

Świadomy konieczności uzyskania stosunku ciągu do masy większego niż 1:1, a także braku dostatecznie mocnego napędu do takich potrzeb, w swoim opisie pionowzlotu Tesla odniósł się do zaproponowanego przez siebie projektu turbiny (U. S. Patent 1,061,206). Upłynęło jednak kilkanaście lat zanim powstały silniki o odpowiednio dużej mocy, by sprostać wymaganiom pionowzlotów. Opracowywane podczas II wojny światowej w niemieckich biurach konstrukcyjnych ciekawe koncepcje samolotów w konfiguracji tail-sitter również musiały ustąpić miejsca bardziej realistycznym konstrukcjom, między innymi także z powodu braku odpowiedniego napędu.

Jednak koniec wojny przyniósł przełom w dziedzinie napędów lotniczych. Pojawiły się silniki odrzutowe/turbinowe. Pierwszym samolotem,



Historycznie pierwszy przykład samolotu typu *tail-sitter* – rysunek z patentu Tesli

który mógł pochwalić się stosunkiem ciągu do masy (na sucho, a więc nie licząc paliwa) wynoszącym 1:1 był Ryan FR Fireball, napędzany tłokowym silnikiem Wright Cyclone o mocy 1350 KM i turboodrzutowym GE I-16 (J31) o ciągu 1600 lbf (7,1 kN). To właśnie wówczas w Stanach Zjednoczonych zaczęto na poważne zastanawiać się nad budową samolotów pionowego startu i lądowania.

Nie były to jednak wyłącznie teoretyczne dywagacje. Doświadczenia z walk w Europie i na Pacyfiku wskazywały na lotniska i lotniskowce jako główne cele ataków nieprzyjaciela, których bombardowanie w pierwszych momentach wojny mogło skutkować uziemieniem stacjonujących na nich samolotów, odpowiedzialnych za obronę przestrzeni powietrznej. Uniezależnienie samolotów myśliwskich od lotnisk było więc atrakcyjną perspektywą dla sił powietrznych. Z kolei marynarka wojenna była zainteresowana możliwością wyposażenia różnych statków i okrętów w samoloty pokładowe niewymagające dodatkowej aparatury startowej. Pod

koniec lat czterdziestych XX wieku Amerykanie wyasygnowali więc fundusze na rozwój samolotów pionowego startu i lądowania.

Do udziału w programie US Navy zaproszono najważniejsze amerykańskie koncerny lotnicze. Zgodnie z wymogami koncepcyjnymi opracowanymi przez US Navy Bureau of Aeronautics, zawartymi w specyfikacji OS-122, nowy myśliwiec pokładowy miał być zbudowany w konfiguracji tail-sitter. Do jego napędu przewidziano silnik turbośmigłowy Allison T-40, powstały poprzez sparowanie dwóch turbin T-38 z jedną przekładnią, przenoszącą moc na parę trójpłatowych śmigieł obracających się w przeciwnych kierunkach. Założono stosunek ciągu do masy wynoszący 1,2:1 przy pełnym obciążeniu. Na potrzeby przetargu powstały modele i demonstratory technologii. Z przedstawionych propozycji w 1951 roku wyselekcjonowano projekty Convair'a i Lockheed'a, którym zlecono budowę prototypów. Tak doszło do budowy jednych z najbardziej nietypowych samolotów w historii lotnictwa.

Lockheed XFV-1 Salmon w pozycji pionowej

Lockheed XFV-1 Salmon podczas testów w konfiguracji konwencjonalnej

Obie konkurencyjne konstrukcje różniły się dość znacznie budową. Lockheed XFV-1 Salmon miał wydłużoną sylwetkę, z klasycznym centropłatem i podwójnym ogonem typu V, razem tworzącym X, w którym zainstalowano golenie podwozia z kółkami samonastawnymi. Na potrzeby wstępnych testów samolot wyposażono także w stelaż służący do konwencjonalnego, poziomego startu i lądowania. Począwszy od 16 czerwca 1954 roku XVF wykonał trzydzieści dwa loty testowe, startując i lądując konwencjonalnie. Przejścia do lotu pionowego dokonywano na bezpiecznej wysokości. Po upływie roku zakończono próby w locie i podjęto decyzję o przerwaniu dalszych prac nad maszyną.

Nieco inaczej potoczyły się losy drugiego samolotu. Convair XFY-1 Pogo zbudowano w konfiguracji ze skrzydłami w układzie delta i pojedynczymi, masywnymi statecznikami pionowymi na górze i na dole tylnej części kadłuba. Umieszczenie dwumetrowej płetwy pod kadłubem oznaczało, że w przeciwieństwie do konkurencyjnego XFV, XFY nie będzie mógł startować i lądować konwencjonalnie. Na końcówkach skrzydeł i stateczników umieszczono więc teleskopowe drążki zakończone kółkami samonastawnymi i zbudowano specjalną pochylnię transportową, mającą za zadanie pionizować samolot. Wszelkie próby lotu silnikowego musiały więc przebiegać w pionie.

29 kwietnia 1954 roku rozpoczęły się próby w locie podwieszanym w hangarze na lotnisku Moffett Field. Niełatwego zadania pilotowania tak

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

HENNESSAY
made in USA

Motoryzacja doczekała się kolejnego przełomu, którego efekty trudno przewidzieć. W ponad 120-letniej historii obserwowano różne dziwne przypadki zmagań twórców samochodów z urzędnikami. Już od końca XIX stulecia władze różnych krajów widziały w automobilach źródło dochodów. Opracowywano szalone wzory określające głównie moc pojazdów w celach ustalenia podatków. Przeróżnymi wzorami pozwalającymi ustalić moc posługiwali się również inżynierowie próbujący przekonać klientów, że ich konstrukcja jest mocniejsza od konkurencji. Trwało to do początku lat trzydziestych XX w. Gdy w 1926 roku powstała pierwsza na świecie hamownia okazało się, że opracowywane z wielkim trudem wzory nie dają wyników nawet zbliżonych do rzeczywistości. W katalogach pojazdów pojawiać się zaczęły wiarygodne dane. Jednak nie przeszkadzało to urzędnikom, którzy długo jeszcze używali archaicznych sposobów liczenia podatków na podstawie szacowanej mocy.

Ryszard Romanowski

Na marginesie warto wspomnieć, że obecnie również urzędy kurczowo trzymają się pojemności skokowej, tak jakby downsizing zupełnie nie istniał. Nie przyjmują do wiadomości, że współczesny silnik małej pojemności generuje znacznie większą moc i moment obrotowy niż starsze, nawet dwa razy większe jednostki.

Warto znów powrócić do czasów, w których egzystowały obok siebie samochody spalinowe, elektryczne i parowe. Oczywiście trwała walka konkurencyjna pomiędzy ich producentami, ale decydujący głos miał klient. Samochody elektryczne wyposażone w ciężkie zestawy akumulatorów ołowiowych były ciche, czyste i łatwe w obsłudze. Służyły „klasom wyższym" do jazd spacerowych, były lubiane przez kobiety i niezwykle praktyczne w warunkach miejskich, stąd duża liczba elektrycznych aut strażackich i dostawczych. Samochód spalinowy był znacznie bardziej uniwersalny. Nadawał się na długie trasy i w miarę rozwoju konstrukcji oferował coraz większy komfort. Były jeszcze samochody parowe. W Ameryce Północnej do końca lat trzydziestych stanowiły one synonim luksusu. Stanley lub White to limuzyny dla najbogatszych, poruszające się komfortowo i niemal bezgłośnie. Rozwijane przez dziesięciolecia miały tylko jedną wadę. Poranny rozruch trwał około 60 sekund. Później auto trzymano „pod parą", w każdej chwili gotowe do jazdy. Niestety te ciekawe auta, najdłużej produkowane w USA, nie wytrzymały konkurencji ze spalinowymi. W latach siedemdziesiątych zapowiadano powrót napędu parowego, ale powstało zaledwie kilka prototypów różnych firm. Obawiano się inwestycji w drogie i już wtedy bardzo niekonwencjonalne rozwiązania. Podobnie później to samo stało się z napędem przy pomocy turbiny gazowej.

XXI stulecie rozpoczęło się od haseł proekologicznych. Pierwszą ich ofiarą stał się przemysł samochodowy. Gdy na początku stulecia podczas salonów samochodowych zaczęły pojawiać się przy poszczególnych autach dane o emisji dwutlenku węgla, niewielu zwiedzających wiedziało, o co chodzi. Tymczasem normy emisji z roku na rok stawały się coraz ostrzejsze. Pojawiła się w pełni zelektryfikowana Tesla. Za nią podążyli inni producenci. Obecnie mamy do wyboru wiele samochodów elektrycznych różnych marek. Niestety infrastruktura energetyczna za nimi nie nadąża. Stacje ładowania nie są ani tanie ani powszechne. Nie każdy użytkownik posiada garaż z własną instalacją fotowoltaiczną.

Tymczasem porównanie aut mających nowe silniki wewnętrznego spalania z elektrycznymi nie wykazuje większych różnic w emisjach, biorąc pod uwagę „życie" samochodu, od jego powstania, poprzez produkcję potrzebnej mu energii, po recykling.

Istnieje ponadto duża grupa użytkowników, którzy ciągle preferują samochody spalinowe. Jeżeli zrealizowanoby urzędnicze plany powszechnej elektryfikacji, to zostałyby im tylko supersamochody, na które niewielu stać, lub odrestaurowane auta klasyczne. Wobec tych niszowych grup samochodów nie ma na razie większych urzędniczych obostrzeń. Obserwując działania samochodowych marketingowców można wyciągnąć wniosek, że zwolennicy aut spalinowych to dosyć pokaźna grupa klientów. Już wiele lat temu zdarzały się modele aut napędzane małymi lecz mocnymi silnikami, które nie brzmiały tak, jak oczekiwali klienci. Montowano więc w bagażniku głośniki, które emitowały niski dźwięk dużego, sportowego silnika. Podobne zabiegi stosuje się obecnie w niektórych sportowych samochodach elektrycznych.

Miejmy nadzieję, że tak jak w minionych dekadach, z dzisiejszych zawirowań obronną ręką wyjdą konstruktorzy i klienci.

Podczas gdy europejskie koncerny mówią o całkowitym wstrzymaniu produkcji samochodów spalinowych, General Motors ogłosiło, że niebawem nastąpi premiera zupełnie nowej generacji silnika V8 Small Block. Nadciąga również V6 Hondy 3,3 l VTEC.

Zwolennikiem osiągów i charakterystycznego brzmienia amerykańskich silników V8 jest John Hennessey z Teksasu. Pasjonat i kierowca wyścigowy

Podczas badań w Tuner School

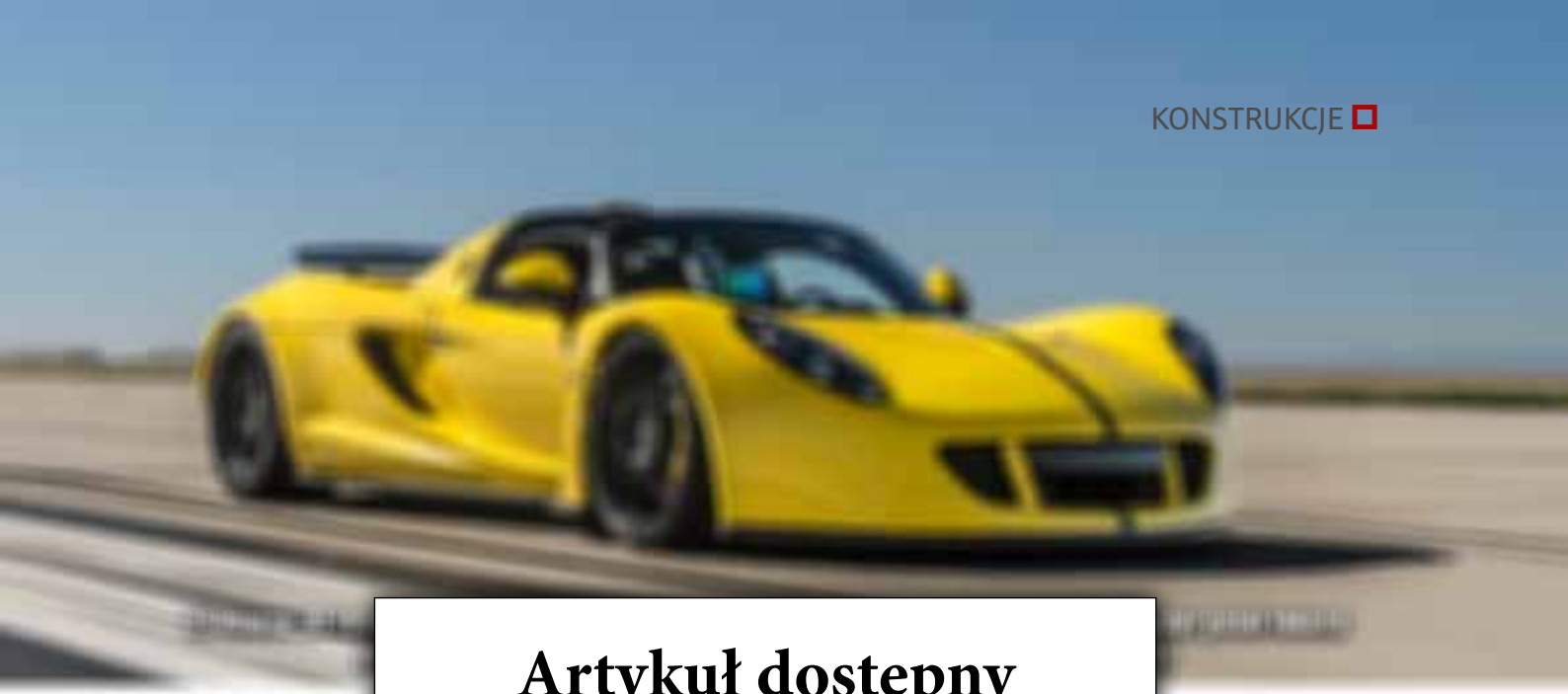
V8 twin turbo modelu Venom GT

znany z Silver State Classic, Pikes Peak i Bonneville zasłynął zmodyfikowanym samochodem Dodge Viper o mocy 1000 KM, zbudowanym w 1991 roku. Wtedy również powstawać zaczęła firma w teksaskim Sealy. Obecnie działają tam cztery firmy: Hennessey Special Vehicles, Hennessey Performance (HPE), Tuner School i Lonestar Motorsport Park ¼ Mile. Powstają w nich supersamochody, przeprowadzane są tuningi silników aut seryjnych, prowadzona jest nauka tuningu, zaopatrzenia w części itp. oraz utrzymywany jest tor udostępniany dla zawodników i służący do testów własnych konstrukcji.

Oferowany jest np. *performance kit* silnika L87 Ecotec3, używanego seryjnie m.in. w Cadillacu Escalade. Jednostka V8 o pojemności 6,2 l po zmianach osiąga 650 KM i 658 Nm momentu obrotowego. Co ciekawe, na silniki „wzmacniane" w firmie oferowana jest trzyletnia gwarancja.

Najciekawsze są jednak supersamochody. Pierwszy model Venom GT zbudowano na bazie nadwozia Lotusa Exige. Warto przypomnieć, że ta niezwykle lekka i sztywna konstrukcja Lotusa posłużyła też do budowy pierwszych modeli Tesli. Nadwozie dla Hennessey'a należało zmodyfikować m.in. dla tego, że zamiast typowej dla Lotusa jednostki czterocylindrowej, w centralnej części pojazdu zamontowano silnik V8 twin turbo, wraz z sześciobiegową skrzynią Ricardo 9, stosowaną również w Fordzie GT. Siedmiolitrowa jednostka generowała 1244 KM przy 6600 obr/min i 1566 Nm momentu obrotowego. Każdy kolejny egzemplarz różnił się od poprzednika, stąd można spotkać w literaturze nieco inne dane. Założono budowę coupé z wykorzystaniem nadwozia Lotusa Exige, tymczasem bogaty klient zafascynowany dźwiękiem V8 Hennesseya zmusił firmę do budowy spydera. Dzięki temu powstał pierwszy spyder wykorzystujący nadwozie Lotusa Elise, bardzo zbliżone konstrukcyjnie do modelu Exige.

Hennessey Venom GT – potwór w skórze Lotusa



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Kompetencje *inżyniera mechanika*

W ubiegłym wieku prawie w każdej fabryce, urzędzie czy instytucji obowiązywały tzw. księgi służb. Były tam zawarte wymagania co do kwalifikacji na każdym stanowisku pracy oraz opisane czynności wykonywane na tym stanowisku pracy w konkretnym przedsiębiorstwie lub instytucji. I mimo że w większości przypadków ostatnim zapisem tych czynności było *„...i inne polecenia zwierzchnika..."*, to było to w pewien sposób uporządkowane. Każdy pracownik przy przyjmowaniu do pracy otrzymywał do podpisu kopię tego fragmentu księgi służb, która dotyczyła jego stanowiska pracy (zakres obowiązków). Dziś może jeszcze w niektórych zakładach coś podobnego obowiązuje, ale wygląda na to, że w skali kraju, w tej dziedzinie działalności mamy chaos.

Aleksander Łukomski

Zauważyli to politycy, którzy wydali Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 7 sierpnia 2014 roku w sprawie klasyfikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy oraz zakresu jej stosowania. W rozporządzeniu tym przedstawiono około 2500 różnych zawodów wraz z wymaganymi kwalifikacjami oraz opisami czynności, które należy w danym zawodzie wykonywać. Jest tam też wiele opisów stanowisk pracy inżynierów różnych dziedzin techniki i specjalności. Rozporządzenie miało być wskazówką dla uczelni i szkół dotyczącą odpowiedniego do wymagań kształcenia przyszłych kadr. Również wskazówką dla przedsiębiorstw w tworzeniu wymagań, np. rekrutacyjnych, na poszczególne stanowiska w przedsiębiorstwie. Jednak rozporządzenie to nie do końca rozwiązuje problem odpowiednich wymagań dla stanowisk pracy.

Przykładowo w rozporządzeniu figuruje inżynier automatyki i robotyki (kod 214903); to jeden z 2455 zawodów ujętych w klasyfikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku. Napisano tam:

...Inżynier automatyki i robotyki zajmuje się twórczą pracą inżynierską oraz pracą badawczą w zakresie projektowania robotów i manipulatorów lub projektowania układów sterowania robotami, układów sensorycznych i robotów ze sztuczną inteligencją oraz napędów elektrycznych, współpracując z innymi specjalistami oraz wykorzystując odpowiednie komputerowe programy symulacyjne...

I dalej:

Zadania zawodowe:

- *projektowanie układów sterowania dla ciągłych i dyskretnych układów sterowania wykorzystując metody numeryczne identyfikacji i optymalizacji;*
- *projektowanie struktur i algorytmów sterowania w obszarze zautomatyzowanych i zrobotyzowanych systemów wytwórczych;*

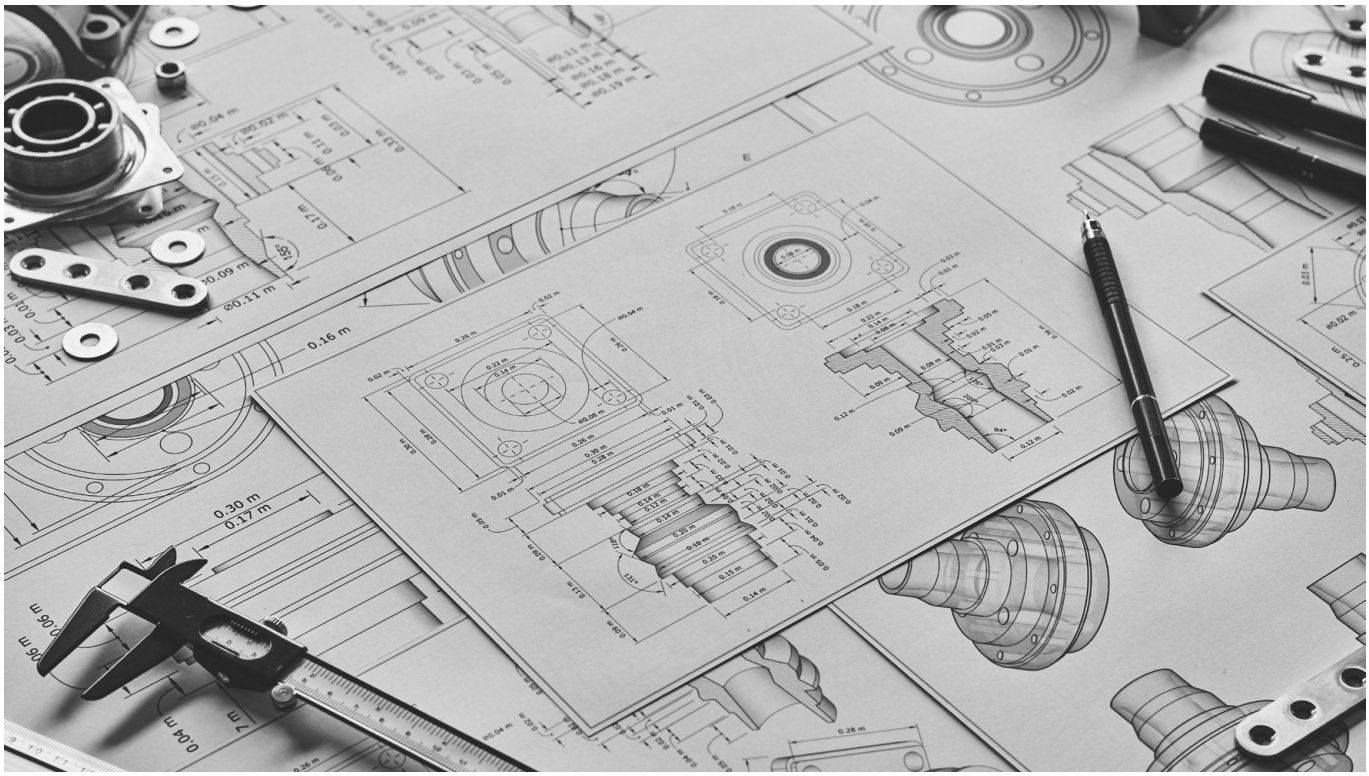
- *projektowanie układów robotów, szczególnie przemysłowych, mających za zadanie realizację różnych czynności jak: spawanie, malowanie, obsługa maszyn, montaż lub przystosowanie robotów przemysłowych do prac poza przemysłowych, np. w usługach, administracji oraz robotów do zadań specjalnych, jak np. gaszenie pożarów, rozbrajanie ładunków wybuchowych, inspekcja stref radioaktywnych;*
- *projektowanie układów przetworników i czujników sensorycznych, ich programowanie i sterowanie komputerowe przy współpracy z innymi specjalistami;*
- *konstruowanie przetworników i urządzeń pomiarowych, opracowywanie dokumentacji technicznej i nadzór nad ich wykonawstwem;*
- *organizowanie kontroli jakości i niezawodności wyrobów;*
- *opracowywanie dokumentacji technicznej, konstrukcyjnej oraz technologicznej projektowanych urządzeń;*
- *zbieranie i analizowanie informacji o najnowszych rozwiązaniach konstrukcyjnych w świecie;*
- *określanie możliwości zastosowania i wykorzystania robotów do robotyzacji procesów dotąd realizowanych manualnie;*
- *branie udziału w opracowywaniu standardów dla robotów;*
- *uczestniczenie w odbiorze i opiniowaniu projektów robotyzacji procesów;*
- *kierowanie i nadzór nad zespołami ludzi zajmujących się projektowaniem, budową i eksploatacją robotów i manipulatorów;*
- *projektowanie bezpiecznych warunków pracy dla grup pracowniczych obsługujących roboty i manipulatory. Dodatkowe zadania zawodowe: wykonywanie zadań, po uzyskaniu dodatkowych kwalifikacji związanych z projektami, budową i eksploatacją robotów i manipulatorów w ośrodkach naukowo-badawczych, przemysłowych, energetyce, przemyśle elektromaszynowym, lotniczym, spożywczym, chemicznym i innych oraz w szkolnictwie wyższym.*

Nie ma jednak nic o odpowiedniej wiedzy potrzebnej do wykonywania takich działań i odpowiednim doświadczeniu, a także o kompetencjach takiej osoby...

Jest wiele publikacji, w których omawia się i próbuje zdefiniować te zagadnienia, a które nabierają w ostatnich czasach znaczenia, bo obecnie kapitał ludzki uważany jest przez wielu naukowców za decydujący czynnik kształtowania poziomu konkurencyjności, zwłaszcza regionów. A to w bezpośredni sposób związane jest z rozwojem gospodarki opartej na wiedzy i kreowaniu procesów. Jednak w publikacjach tych pojawia się często dalsze zamieszanie, spowodowane brakiem właściwego nazewnictwa i definicji różnych elementów tej odpowiedniej wiedzy. W wielu publikacjach prasowych, w wypowiedziach, ale także w dokumentach urzędowych, oprócz kompetencji spotkać można inne terminy, stosowane wymiennie, takie jak: kwalifikacje, umiejętności, uprawnienia i obowiązki. Warto więc spróbować zdefiniować kompetencje. Według różnych naukowców kompetencja jest to konsolidacja następujących cech:

- opanowanej wiedzy teoretycznej i praktycznej z danej dziedziny techniki oraz co najmniej z dziedzin techniki pokrewnych, ale też orientacji w innych dziedzinach techniki i nauki;
- kwalifikacji, które w zasadzie utożsamia się z wykształceniem formalnym;
- umiejętności, które utożsamia się z wiedzą zdobywaną w sposób dodatkowy nieformalny oraz z zawodowym stażem pracy;
- postaw, które utożsamia się z dążeniem do rozwiązywania zadań technicznych;
- cech osobowości, jako elementu kompetencji.

OPANOWANA WIEDZA – dla inżyniera mechanika dotyczy nie tylko wiedzy formalnie zdobytej w szkołach różnych stopni, co dotyczy ścieżki kariery niektórych inżynierów, zwłaszcza tych, zdobywających wiedzę w ubiegłym wieku. Obejmuje ona także takie sprawy jak znajomość zagadnień budowlanych, elektrycznych, informatycznych, ale



też prawnych, wiedzy na temat zarządzania i ekonomiki, znajomość tzw. narzędzi do zarządzania zespołami ludzi, znajomość różnych potrzebnych na danym stanowisku programów komputerowych, także sporządzania różnych dokumentów i postępowania z nimi. Uwzględnia również znajomość zasad kontroli jakości, zasad utrzymania ruchu w produkcji, ale też schematu organizacyjnego przedsiębiorstwa i kompetencji różnych pracowników w przedsiębiorstwie i wielu innych zagadnień.

KWALIFIKACJE, jako jeden z elementów kompetencji, na ogół utożsamia się z wykształceniem. Kiedyś, w połowie ubiegłego wieku, kiedy brakowało kadry technicznej ścieżka zawodowa wielu inżynierów była realizowana poprzez szkołę zawodową, następnie technikum, często przyzakładowe, oraz studia na politechnice, a także niekiedy studia doktoranckie. Odbywało się to często w trybie wieczorowym lub zaocznym. Dla inżynierów pracujących bezpośrednio w produkcji tego rodzaju kariera zawodowa miała pewne zalety. Inżyniera trudno było wyprzedzić w produkcji, a jego autorytet był podbudowany tym, że mógł szkolić pracowników produkcji w manualnej obsłudze obrabiarek, spawania czy innych pracach. I często pokazywał pracownikom wykonywanie trudnych operacji produkcyjnych np. toczenie gwintu wielozwojowego lub nowatorskie metody spawania, czy programowania obrabiarek. Był też w stanie samodzielnie sprawdzić wiele koncepcji technicznych, a zwłaszcza technologicznych, bezpośrednio w produkcji. Dobrym rozwiązaniem było ukończenie najpierw technikum mechanicznego, gdzie przez kilka lat nauki odbywały się zajęcia warsztatowe, jeden dzień w tygodniu. Najpierw stolarnia, gdzie należało samodzielnie wykonać szufladę z połączeniami na jaskółczy ogon, potem warsztat ślusarski, gdzie trzeba było wykonać klin stolarski z przynitowaną sprężyną i kombinerki. Dalej wyfrezować klucz pazurowy wg trasy i wytoczyć sworzeń ze stożkiem, odkuć hak okienny, pospawać elektrycznie kątownik, a gazowo tuleję z blachą. Potem hartowanie i nawęglanie, a na końcu zaformowanie skrzynki odlewniczej i załadowanie wsadem żeliwiaka. Do tego miesięczne praktyki w fabrykach w dziale głównego technologa i dziale głównego konstruktora. Dawało to pojęcie o pracy warsztatowej i biurowej, i chociaż trochę pewności siebie, a także dużą część kompetencji właśnie.

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

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

Z Piastowa na Powiśle

Czy mają Państwo do czynienia w swojej pracy z trudnymi projektami, z presją czasu, czy starają się Państwo rzetelnie i terminowo wykonywać swoje obowiązki? A może nawet ukończyli Państwo jakiś projekt? Jeśli tak, to na pewno zostali Państwo sowicie wynagrodzeni przez swoich zwierzchników.

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 (od 2023 r.): 20,25 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
Pojedyncze e-wydania archiwalne z lat 2020-2022 dostępne są w cenie: 17,50 zł
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