www.obrobkametalu.tech

OBRÓBKA METALU

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

Numer 1/2024

ISSN 2081-7002

NEOLOGIQ
MACHINING INTELLIGENTLY

Najlepsze jest teraz
jeszcze LEPSZE

Narzędzia do **frezowania** NEOLOGIQ firmy ISCAR

Member IMC Group
ISCAR
www.iscar.com

STOM

Salon Technologii
Obróbki Metali

stom.targikielce.pl

/showcase/
stom-metal-processing-fair/

19-22.03.2024
Kielce

Marka sama w sobie!

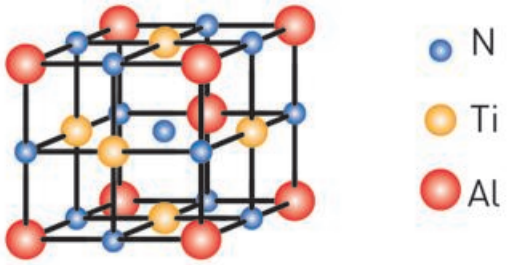
TOOL • BLECH & CUTTING • ROBOTICS
LASER • FIX • SPAWALNICTWO • TEiA
DNI DRUKU 3D • KIELCE FLUID POWER
CONTROL-STOM • EXPO SURFACE

Zarejestruj się
i odbierz darmowy bilet:

PRZYSZŁOŚCIOWE ROZWIĄZANIA - NOWE GATUNKI SERII MV PŁYTKI DO TOCZENIA I FREZOWANIA

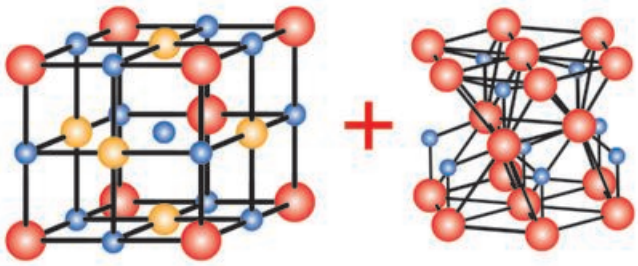
Firma Mitsubishi Materials opracowała nową serię gatunków, przeznaczonych zarówno do frezowania, jak i toczenia.

Niewątpliwą zaletą tych gatunków jest zastosowanie nowo opracowanej metody pokrywania AL-Rich. Ta zaawansowana, niezwykle twarda, żaroodporna powłoka azotku glinowo-tytanowego (Al,Ti)N nanoszona metodą CVD jest związkiem aluminium i tytanu, szeroko stosowanym w zaawansowanych narzędziach skrawających.



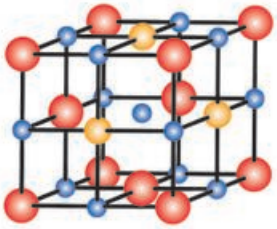
Połączenie atomów o różnej wielkości tworzy wyjątkowo twardą strukturę krystaliczną.

Twardość powłoki (Al,Ti)N rośnie w miarę wzrostu zawartości Al, jednak w przypadku technologii konwencjonalnej, gdy zawartość Al przekroczy 60%, struktura krystaliczna ulega zmianie i twardość powłoki (Al,Ti)N maleje.



Gdy stosunek Al przekracza 60 %, tworzy się bardziej miękka faza krystaliczna

Odmienny efekt powoduje wykorzystanie nowego procesu pokrywania opartego na oryginalnej technologii Mitsubishi Materials. Dzięki niemu struktura krystaliczna powłoki Al-Rich nie ulega zmianie nawet przy większej zawartości Al. Pozwala to na zwiększenie zawartości Al, co z kolei zapewnia wyższą twardość warstwy (Al,Ti)N.



Struktura kryształu gatunków serii MV1000

Płytki do frezowania

Płytki do toczenia

Seria MV1000 obejmuje 2 nowe gatunki, MV1020 i MV1030, przeznaczone do frezowania wielu różnych materiałów - od stali stopowych i nierdzewnych, po żeliwa. Gatunek MV9005 do toczenia jest dedykowany specjalnie do wysokowydajnej obróbki superstopów żaroodpornych.

FREZOWANIE

MV1020: Gatunek ten charakteryzuje się doskonałą odpornością na ścieranie i nagłe zmiany temperatury oraz zapewnia stabilną obróbkę, zwłaszcza stali i żeliw sferoidalnych, z niespotykanymi dotąd prędkościami skrawania, co znacznie skraca czas obróbki.

MV1030: Nowa powłoka Al-Rich gwarantuje doskonałą odporność na ścieranie. Zapewnia także niespotykaną dotąd odporność na nagłe złamanie i najwyższą niezawodność, zwłaszcza podczas trudnej obróbki na mokro, gdy często występują nagłe zmiany temperatury. Wysoką niezawodność można również uzyskać podczas obróbki stali nierdzewnych.

Płytki MV są niezwykle wszechstronne, ponieważ dostępne są wersje do następujących frezów: WWX, WSX, WJX, WSF, VPX, AHX oraz ASX.

TOCZENIE

MV9005: Gatunek ten, stosowany jest do obróbki superstopów żaroodpornych, przewyższa wszystkie aktualne standardy. Asortyment płytek negatywnych i pozytywnych oraz 5 różnych łamaczy wióra umożliwia znalezienie optymalnego rozwiązania dla wysokowydajnego toczenia. Istotny walor gatunku to również wysoka prędkość skrawania do 110 m/min.

Dostępne są płytki o negatywnej geometrii typu: CNMG, DNMG, SNMG, TNMG i VNMG, oraz płytki pozytywne 7° typu RCMT i RCMX.

Szanowni Państwo,

Rozpoczyna się piętnasty rok ukazywania się naszego kwartalnika. Wiele się w tym czasie wydarzyło i zmieniło, a my cały czas staramy się dostarczać Państwu ciekawych (mam nadzieję) informacji dotyczących tytułowej obróbki metalu i zagadnień związanych. Staramy się przy tym łączyć teorię z praktyką, dlatego też w każdym naszym wydaniu zamieszczamy kilka, najczęściej cztery artykuły naukowe obok informacji co dzieje się w przemyśle. To ostatnie prezentujemy na podstawie targów i wystaw, w których staramy się czynnie uczestniczyć, po to, aby na naszych łamach zdać z nich relacje. Informujemy także o imprezach, które mają odbyć się w nieodległej przyszłości, tak aby każdy, w miarę potrzeby, mógł sobie zaplanować swój udział w nich.

Tak robiliśmy dotąd i mamy zamiar to kontynuować. O ile Szanowni PT Czytelnicy mają nowe pomysły aby działania rozszerzyć – jesteśmy otwarci na sugestie (nasz e-mail w stopce redakcyjnej).

Pierwszy z artykułów naukowych, które publikujemy w tym wydaniu dotyczy zagadnień metrologicznych. Nie wystarczy wyprodukować. Należy jeszcze sprawdzić czy wytwór jest poprawny, a sprawdzić to trzeba właściwą metodą. Porównanie rezultatów uzyskanych różnymi metodami pomiarów przedstawiają Autorzy pierwszego w tym wydaniu artykułu.

Drugi z artykułów także związany jest z dokładnością wykonania, lecz w aspekcie technologicznym. Autorzy przedstawili rezultaty badań dotyczących relacji między parametrami procesu wytwarzania technikami przyrostowymi (drukowanie 3D), a dokładnością wykonania.

W trzecim artykule jego Autor przedstawił rezultaty badań dotyczących wpływu obróbki laserowej na własności powłok nanoszonych elektroiskrowo. Ocenę własności powłok po naświetlaniu laserowym przeprowadził na podstawie pomiarów mikrotwardości i naprężeń własnych oraz badań odporności na zacieranie. Powłoki tego typu nakłada się w celu poprawy cech eksploatacyjnych, zagadnienie ma więc duże praktyczne znaczenie.

Powłok dotyczy także kolejny czwarty artykuł. Przedstawiono w nim możliwości poprawy funkcjonalności form wtryskowych używanych w przetwórstwie tworzyw sztucznych, jako efektu pokrycia powierzchni mających kontakt z płynnym tworzywem. Użycie różnych materiałów powłoki daje zróżnicowane efekty. Ich porównanie zawiera wspomniany artykuł.

Zbliżająca się wiosna to czas licznych imprez targowo-wystawienniczych. W tym wydaniu naszego kwartalnika informujemy o kilku takich imprezach. Zachęcam do zapoznania się z obszerną informacją o jednej z największych krajowych imprez tego typu – Przemysłowej Wiośnie, która odbędzie się już w drugiej połowie marca w Kielcach. Informujemy także o targach INNOFORM, które w połowie kwietnia br. odbędą się w Bydgoszczy. Ponadto, w tym numerze Obróbki Metalu jest już informacja o największej i najstarszej imprezie tego typu jakimi są, używając tradycyjnej nazwy „Międzynarodowe Targi Poznańskie", jak zwykle odbywające się w początkach czerwca. Zapoznanie się z planami organizatorów tych imprez zachęci niewątpliwie do udziału w nich.

Zamieszczamy także interesujące opracowania przygotowane przez współpracujące z nami firmy. Zachęcam do zapoznania się z bardzo ciekawymi opracowaniami firm ISCAR, Rösler i ECOCLEAN. Bardzo interesująca jest także informacja firmy Sandvik Coromant dotycząca wytaczaka oferowanego przez tę firmę. Nie byłoby może nic szczególnego w tej informacji, gdyby nie wymiary tego narzędzia: 11.000 mm długości i 600 mm średnicy.

Podsumowując, mam nadzieję, że spektrum informacji zawartych w tym wydaniu OM jest na tyle obszerne, że każdy znajdzie w nim coś interesującego.

Przekazując pierwszy tegoroczny numer naszego kwartalnika w imieniu wydawnictwa i zespołu redakcyjnego składam wszystkim PT Czytelnikom najserdeczniejsze życzenia Wielkanocne, mając nadzieję, że ten czas wypoczynku urozmaici Państwu lektura Obróbki Metalu.

Michał STYP-REKOWSKI
Redaktor Naczelny

Kwartalnik Naukowo-Techniczny „Obróbka Metalu"

Adres Redakcji
ul. Szymborska 56, 88-100 Inowrocław
redakcja@obrobkametalu.tech
www.obrobkametalu.tech
tel. +48 52 52 43 580, kom. +48 608 188 255

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Przewodniczący (redaktor naczelny)
Prof.dr hab.inż. Michał STYP-REKOWSKI
(BSW Bydgoszcz)

REDAKTORZY DZIAŁOWI

Metrologia, jakość
Dr hab. inż. Monika MADEJ (PŚ Kielce)
Obróbki ubytkowe i przyrostowe
Dr inż. Wojciech ŻYŁKA (URz Rzeszów)
Obróbki bezubytkowe, obróbka cieplna
Dr inż. Paweł LONKWIC (PWSZ Chełm)
Obrabiarki, materiały eksploatacyjne
Dr hab. inż. Maciej MATUSZEWSKI
(z-ca redaktora naczelnego, PB Bydgoszcz)
Procesy technologiczne, CAx, jakość
Dr hab. inż. Marcin GOŁĄBCZAK (PŁ Łódź)
Narzędzia, oprzyrządowanie
Dr hab. inż. Norbert RADEK (PŚ)

REDAKTOR STATYSTYCZNY
Dr inż. Robert KOSTEK (PB Bydgoszcz)

MIĘDZYNARODOWA RADA PROGRAMOWA
Prof. dr hab. inż. Tomasz LIPIŃSKI (PL – UW-M)
przewodniczący
Dr hab. inż. Tomasz BABUL (PL – SIMP)
Dr.hab. inż. Olaf CISZAK, prof. PP (PL – PP)
Prof. dr hab. inż. Eugene FELDSHTEIN (PL – UZ)
Ph.D.eng. Horst HERMSDORF (D)
Prof. Ph.D.eng. Josef JURKO (SK)
Ass. Prof. Sylvia KUSMIERCZAK (CZ)
Dr hab. inż. Mieczysław MARCINIAK (PL – PW)
Prof. Ph.D.eng. Hamdi METE (TR)
Prof.Ph.D.eng. Ivan NAZRENKO (UA)
Prof.Ph.D.eng Ivan OBORSKY (UA)
Dr hab. inż. Andrzej PEREC (PL – AJP)
Ph.D.eng. Edward ROLINSKI (USA)
Dr hab.inż. Krzysztof ROŻNIATOWSKI,
prof. PW (PL – PW)
Dr hab.inż. Tadeusz SAŁACIŃSKI, prof. PW (PL – PW)
Prof.Ph.D.eng Jan SUCHANEK (CZ)
Ph.D.eng. Emil ŠPIŠAK (SK)

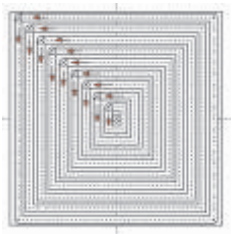
WYDAWCA AWART MEDIA

Skład i łamanie: Tymon Kokoszyński

Redakcja nie odpowiada za treść reklam, artykułów promocyjnych oraz ogłoszeń. Przedruk całości lub części materiałów bez zgody wydawcy, jest zabroniony. Redakcja zastrzega sobie prawo do skracania oraz dokonywania zmian w przesłanych materiałach.

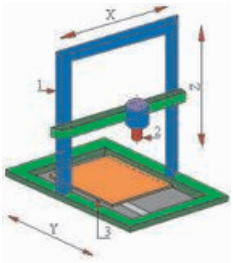
spis treści

8 **Obiecujący segment**
ISCAR



11 **Dział narzędzi i matryc**
HILCO INDUSTRIAL

12 **Redukcja stanów magazynowych dzięki narzędziom uniwersalnym**
TOOLFACTORY



14 **Analiza porównawcza dokładności pomiarów wybranych współrzędnościowych technik pomiarowych**
Mgr inż. Mariusz Murawski, mgr inż. Andrzej Wojciechowski, dr hab. Inż. Maciej Matuszewski, prof. Oleg Polishchuk

19 **Szlifowanie narzędzi obrotowych z ostrzem PCBN**
VOLLMER

20 **Takiej „Przemysłowej Wiosny" jeszcze w Targach Kielce nie było**
STOM

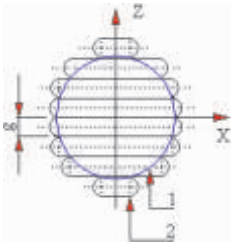
22 **Efektywność technik przyrostowych**
Inż. Bartosz Przybył, dr inż. Jarosław Robert Mikołajczyk

26 **Potrójna siła przemysłu**
ITM INDUSTRY EUROPE

28 **Największy wytaczak na świecie**
SANDVIK COROMANT

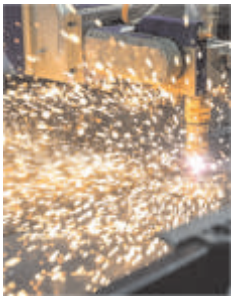
30 **Pionierska technologia mycia dla wszystkich sektorów przemysłu**
ECOCLEAN

31 **Obróbka laserowa powłok elektroiskrowych**
Dr hab. inż. Norbert Radek



38 **Niższe koszty i większa ekologiczność obróbki strumieniowo-ściernej**
RÖSLER

40 **Wpływ powłok Cr, Ti, Cr/Ti na właściwości tribologiczne stali X38CrMo16**
Mgr inż. Szymon Drabik, dr hab. inż. Monika Madej, mgr inż. Katarzyna Piotrowska, mgr inż. Krystyna Radoń-Kobus



48 **Światowe trendy na Targach INNOFORM w Bydgoszczy**

contents

Page 16
Mgr inż Szymon Drabik, dr hab.inż. Monika Madej,
mgr inż. Katarzyna Piotrowska, mgr inż. Krystyna Radoń-Kobus

Influence of Cr, Ti, Cr/Ti coatings on tribological properties of X38CRMO16 steel

Summary: In this paper the influence of Cr, Ti, Cr/Ti coatings on tribological properties of X38CrMo16 steel used, among others, for the production of injection molds were examined. The coatings were obtained by the PVD gas phase physical deposition technique. The wettability of the surface was determined by an optical strain gauge using the sedentary drop method. Tribological tests were performed with the TRB3 tribometer in reciprocating ball-disc friction combination under technically dry friction conditions. The counter-sample in the friction nodes tested was a 100Cr6 steel ball. After the friction and wear tests, the samples were subjected to microscopic observations. The values of the wetting angles with demineralized water indicated that all tested surfaces are characterized by good wettability. Based on the results of tribological tests, it was found that the coatings were characterized by lower resistance to movement and wear with respect to X38CrMo16 steel, with the lowest values obtained for the coating Cr.

Keywords: X38CRMO16 steel, coating, titanium, chrome, friction, wear, wettability, PVD, injection mold

Page 16
Mgr inż. Mariusz Murawski, mgr inż. Andrzej Wojciechowski,
dr hab. inż. Maciej Matuszewski, prof. Oleg Polishchuk

Comparative analysis of measurement accuracy of selected coordinate measuring techniques

Summary: In this paper the coordinate measurement technique were characterized. The essence of coordinate measurements is described. A comparative analysis of measurements of characteristic geometric features (segment, radius) of an example curvilinear object was made. Measurements were made on three types of coordinate measuring machines: the contact method using a contourgraph, a coordinate measuring machine and the non-contact method using an optical machine. The possibilities of these methods are indicated.

Key words: coordinate measuring technique, measurement accuracy, repeatability of measurement.

Page 16
Inż. Bartosz Przybył, dr inż. Jarosław Robert Mikołajczyk

Effectiveness of aditional manufacturing techniques

Summary: In this paper consideration regarding the effectiveness of additional manufacturing techniques were presented. The factors that determine this effectiveness are indicated. Limitations in the development of these techniques were also identified. The results of the experimental verification of the conclusions of the theoretical analysis were presented too.

Key words: additional manufacturing, additional technique efficiency, printed element's dimensional accuracy, printing speed.

Page 16
Dr hab. inż. Norbert Radek

Laser treatment of electro-spark coatings

Summary: In this paper studies on the effect of laser processing on the properties of electro-spark coatings were presented. The properties of coatings after laser irradiation were evaluated on the basis of microhardness and internal stresses measurements and abrasion resistance tests. Tests were carried out using Mo and Ti as coating materials (anodes) electro-spark applied to C45 steel samples (cathodes) and then modified with a laser beam. For the application of electro-spark coatings, a device of Bulgarian production, model ELFA-541, was used. Laser treatment of the applied electro-spark coatings was performed with Nd:YAG laser, model BSL 720.

Key words: laser processing, electro-spark coating, coating microhardness, internal stresses

index firm

ECOCLEAN	s.	27
ISCAR	s.	1, 8
INNOFORM	s.	48, 50
ITM INDUSTRU EUROPE	s.	26, 37
KIPP	s.	52
LASER-STAL	s.	35
NARZĘDZIOWNIA.ORG	s.	49
SORMA NIKKOTOOLS	s.	43, 45
STALEO	s.	49
STOM KIELCE	s.	2, 20
TEMREX	s.	51
YAMAWA	s.	15, 17

http://www.obrobkametalu.tech

Platformy Startowe
Hub of Talents 2

K-Cubed Engineering

Fundusze Europejskie Polska Wschodnia

Rzeczpospolita Polska

Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

PLATFORMY STARTOWE Hub of Talents 2

K-CUBED ENGINEERING

K-CUBED ENGINEERING to spółka, która powstała dzięki zaangażowaniu trzech doświadczonych inżynierów w celu zagwarantowania narzędzi do wprowadzenia nowego wymiaru produkcji.

Pierwszą misją zespołu jest stworzenie automatycznej znakowarki części wykrawanych oraz zintegrowanie jej z systemami zarządzania produkcją. Urządzenie pozwoli na ograniczenie strat oraz zwiększy świadomość przepływu produkowanych części maszyn. Umożliwi nadruk kodów QR, za pomocą których dokumentacja będzie mogła być wyświetlana elektronicznie. Oferowana optymalizacja istniejących procesów oraz ich integracja przygotuje zakłady produkcyjne do sprawnego wdrożenia Przemysłu 4.0.

Automatyczna znakowarka części wykrawanych: K-CUBED

- Urządzenie przeznaczone do integracji z istniejącą maszyną wykrawającą.
- Wykrawanie i oznaczanie elementów na pojedynczym stanowisku.
- Programy na znakowarkę generowane z plików wykonawczych wykroju blach (automatyczne generowanie oznaczeń).
- Nanoszenie oznaczeń na elementy umożliwia integrację produkcji z informatycznymi systemami zarządzania (oferowanie software'u jako produktu komplementarnego).
- Znakowanie bez ingerencji w materiał.

Zapraszamy do kontaktu i współpracy przy projektowaniu i wdrażaniu systemów automatyzacji produkcji

Nie zostawaj w tyle! Wprowadź z nami swoją Firmę w świat Przemysłu 4.0!

Kontakt K-CUBED:

☎ +48 606 522 744
✉ office@k-cubed.pl
Stępień 15/B, 14-500 Braniewo, Polska

Member IMC Group

Obiecujący segment

To oczywiste, że obróbka pięcioosiowa staje się coraz popularniejsza w świecie obróbki metali. Zapewnia ona bowiem znaczące korzyści, takie jak: możliwość wytwarzania części o skomplikowanych kształtach bez konieczności stosowania kilku zamocowań, wysoka dokładność wymiarowa oraz skrócenie czasu operacji.

ISCAR Poland ISCAR Poland iscarpoland ISCAR Poland

Zaawansowana technologia produkcji części rozszerza możliwości precyzyjnego kucia i odlewania; jej elementem jest rozpowszechnienie wytwarzania addytywnego (AM). Umożliwiła ona zwiększenie złożoności geometrii wytwarzanych części, zmniejszenie naddatków i objętości usuwanego materiału oraz sprawiło, że obrobione komponenty dużo precyzyjniej odzwierciedlają swój ostateczny kształt. Zapotrzebowanie na wysoko wydajne narzędzia skrawające, przeznaczone do operacji wykończeniowych i półwykończeniowych na skomplikowanych geometrycznie powierzchniach, jest teraz niezwykle ważne.

Frezy kuliste są uważane za tradycyjne narzędzia do obróbki powierzchni swobodnych 3D. Są one najczęściej spotykanym rozwiązaniem do półwykończeniowego i wykończeniowego frezowania kształtowego (profilowania). Postęp w dziedzinie pięcioosiowych centrów obróbczych i znaczący rozwój nowoczesnych systemów CAM miały wpływ na pojawienie się narzędzi o innych geometriach skrawających, nazywanych segmentowymi lub kulistymi frezami trzpieniowymi. Chociaż te narzędzia są dobrze znane technologom, zazwyczaj się je pomija. Dopiero obróbka pięcioosiowa w połączeniu z oprogramowaniem CNC i modelowaniem komputerowym złożonych konfiguracji narzędzi spopularyzowała zastosowanie frezów segmentowych.

Krawędź skrawająca tego typu frezów jest łukiem reprezentującym segment koła o promieniu większym niż nominalny promień narzędzia. Tymczasem we

1. Węglikowe frezy trzpieniowe o owalnym kształcie to efektywne narzędzia do skrawania zaokrąglonych kształtów

2. W ekonomicznej koncepcja MULTI-MASTER z powodzeniem zastosowano segmentowe głowice węglikowe do frezowania

frezach kulistych promień narzędzia jest promieniem krawędzi skrawającej. Obróbka powierzchni frezami segmentowymi z użyciem wierszowania umożliwia zastosowanie znacznie większego skoku w porównaniu z frezami kulistymi, co z kolei skraca czas obróbki. Trzyosiowe obrabiarki CNC nie mogą zagwarantować poprawnego ustawienia baryłkowego narzędzia skrawającego podczas obróbki skomplikowanych powierzchni. Obróbka pięcioosiowa pozwala na pełne wykorzystanie możliwości segmentowych frezów trzpieniowych.

Zależnie od orientacji krawędzi skrawającej względem osi narzędzia, frezy segmentowe mają różne konfiguracje, takie jak: zwykła baryłka, baryłka stożkowa, soczewkowa, owalna lub o kształcie paraboliczny. Postać krawędzi skrawającej determinuje dobór narzędzia do aplikacji. Na przykład frezy w kształcie soczewki można zastosować w obrabiarkach trzy- i pięcioosiowych, podczas gdy stożkowe frezy baryłkowe nadają się do maszyn pięcioosiowych. Konstrukcje frezów segmentowych pojawiają się w formie wielostrzowych frezów monolitycznych, które zapewniają najwyższą dokładność i maksymalizują liczbę ostrzy na narzędziu.

Linia narzędziowa ISCAR NEO-BARREL składa się z kilku rodzin narzędzi. Są to monolityczne frezy trzpieniowe (SCEM) o średnicach w zakresie 8÷12 mm (rys. 1). Owalny frez trzpieniowy o średnicy 10 mm ma krawędź skrawającą o promieniu 85 mm. Ten frez czterokrotnie zwiększa wielkość skoku w wierszowaniu w porównaniu z frezem kulistym o średnicy 10 mm i zapewnia taką samą jakość wykończenia powierzchni.

W segmencie frezów trzpieniowych o kształcie baryłki zastosowano różne koncepty konstrukcji

ISCAR Poland Sp. z o.o. / 40-432 Katowice / ul. Gospodarcza 14
tel. + 48 (32) 735 77 00 / fax + 48 (32) 735 77 01 / iscar@iscar.pl / www.iscar.pl

Member IMC Group

Więcej informacji u naszych lokalnych przedstawicieli:

Białystok 697 221 724	**Bielsko-Biała** 605 613 988 601 542 856	**Bydgoszcz** 661 961 116 693 658 747	**Elbląg** 603 784 606	**Gliwice** 663 774 603	**Jarocin** 665 912 277	**Kalisz** 693 339 246 693 658 717 723 610 041	**Kielce** 603 701 192	**Kraków** 601 571 171	**Krotoszyn** 721 550 075
Nowy Sącz 721 348 885	**Krosno** 601 547 727	**Poznań** 601 519 322	**Rzeszów** 723 610 041	**Sędziszów Małopolski** 607 469 114 697 550 780	**Stalowa Wola** 785 204 255	**Szczecin** 601 328 355	**Warszawa** 601 383 431	**Wrocław** 691 394 448 601 542 821 723 140 231	**Zawiercie** 603 780 920

3. Narzędzia z pojedynczą płytką w kształcie baryłki osiągają wysokie parametry podczas skrawania skomplikowanych powierzchni ważnych komponentów

Linia narzędziowa ISCAR MULTI-MASTER obejmuje narzędzia składane z wymiennymi głowicami węglikowymi. Oferuje ona nowe głowice w kształcie baryłki, które charakteryzują się taką samą geometrią skrawającą i zakresem średnic jak frezy monolityczne SCEM, zapewniając szeroki wachlarz możliwości dla obrabiarek pięcioosiowych (rys. 2). Koncept wymiennych głowic zawarty z linii MULTI-MASTER gwarantuje racjonalne wykorzystanie węglika spiekanego i oszczędność kosztów. Różnorodne korpusy narzędziowe, przedłużki i reduktory pozwalają na dostosowywanie narzędzia modułowego do skomplikowanych zabiegów obróbkowych.

Niedawno firma ISCAR zaprezentowała nową rodzinę segmentowych frezów trzpieniowych, w których wykorzystano zasadę konstrukcji narzędzia z jedną płytką (rys. 3). Wiadomo, że dokładność wymiarowa narzędzia z jedną płytką jest niższa niż narzędzia na głowice wymienne, nie wspominając o monolitycznych frezach węglikowych. Jeszcze większa będzie różnica w precyzji pracy, jeśli narzędzie z jedną, dwuostrzową płytką zostanie porównane z wieloostrzowym narzędziem SCEM lub głowicą węglikową.

Aby rozwiać wątpliwości co do zasadności konstrukcji narzędzia segmentowego z pojedynczą płytką, należy rozważyć kilka aspektów. Koncept narzędzia z pojedynczą płytką zwiększa opłacalność poprzez rozszerzenie zakresu średnic frezów segmentowych. Frezy te charakteryzują się średnicami od 16 do 25 mm. Trwała konstrukcja płytki i jej bardzo sztywne mocowanie pozwalają na zwiększenie posuwu na ostrze w porównaniu z wartościami posuwu zalecanymi dla frezów węglikowych oraz głowic wymiennych. Gwarantuje to właściwe poziomy posuwu oraz prędkości skrawania dla wydajnej obróbki. Gdy stabilność układu jest niska, zmniejszenie liczby ostrzy wzmacnia kontrolę nad wibracjami. Płytki używane w narzędziach z serii BALLPLUS zmieniają narzędzie we frez segmentowy. Narzędzia ISCAR BALLPLUS mają zróżnicowany wybór korpusów, adapterów i przedłużek, co znacznie ułatwia ich dostosowywanie. Wybór narzędzia segmentowego z pojedynczą płytką jest teraz bardziej logiczny i uzasadniony.

W nowoczesnej produkcji frezy o kształcie baryłki mają szerokie perspektywy zastosowania. Przemysł obróbki metali znalazł wiele zastosowań dla narzędzi w kształcie baryłki. Są to węglikowe frezy trzpieniowe, frezy z wymiennymi głowicami węglikowymi i narzędzia z pojedynczą płytką. Wszystkie razem tworzą kompletny segment do frezowania kształtowego, będącego wyzwaniem na przyszłość.

reklama

Hilco Industrial

Dział narzędzi i matryc

Licytacja on-line

Koniec licytacji
24 marca 2024 r.

300+ | 5-osiowe frezarki CNC, piły taśmowe, szlifierki CNC: płaszczyznowe, do wałków, współrzędnościowe, do gwintów, tokarki CNC, elektroerozyjne drążarki i wiele więcej

Maszyny są dostępne ze względu na restrukturyzację działalności w europejskim operatorze *HUSKY KTW*. Podjęto decyzję o zaprzestaniu działalności w zakładzie w Czechach.

HUSKY®

DMG HSC 55 Linear

HERMLE C40 HSC

MAKINO EDNC 40 EDM

HAUSER S55-400

JUNG JF 525

Zestawy narzędzi

Miejsce : Republika Czeska

Kup teraz:

- **Hauser S 55-400** - szlifierka do metalu, sterowanie Fanuc 16 MB, 2 szt. (r.prod. 2004 + 2003)
- **HERMLE C40 HSC** - 5-osiowe centrum frezarskie CNC, sterowanie Heidenhain TNC 530, (r.prod. 2008)
- **DMG 125U Duo Block** - centrum tokarsko-frezarskie CNC, sterowanie Heidenhain Mill Plus, 2 szt. (r.prod. 2007 + 2002)
- **DMG 125U Duo Block** - centrum tokarsko-frezarskie CNC, sterowanie Heidenhain Mill Plus, 2 szt. (r.prod. 2007 + 2002)
- **JUNG JE 630** - szlifierka do płaszczyzn, sterowanie LENZE, 3 szt. (r. prod. 2002)
- **DMG HSC 75, TNC 530** - 5-osiowe centrum obróbkowe, sterowanie Heidenhain TNC 530 (r. prod. 2002)
- **MAKINO EDNC 43** - drążarka EDM do matryc (r. prod. 2003)
- **DMG HSC 55 TNC 530** - 5-osiowe centrum obróbkowe CNC, sterowanie Heidenhain TNC 530, 4 szt. (r. prod. 2008)
- **DMG DMC 60T** - 5-osiowe centrum frezarskie CNC, sterowanie Heidenhain Mill Plus + TNC 530, 2 szt. (r. prod. 2003)
- **DMG DMU 50** - uniwersalna frezarka CNC ze stołem uchylno-obrotowym, sterowanie Heidenhain TNC 530 (r. prod. 2004)
- **DMG CTX 310** - centrum tokarsko-frezarskie CNC, sterowanie Siemens, 2 szt.
- **SCHNEEBERGER CORVUS 41 GDS** - szlifierka do gwintów (r. prod. 2002)
- **HEMBRUG MIKROTURN 100 CNC** - tokarka precyzyjna z korpusem granitowym, sterowanie Siemens, 2 szt. (r. prod. 2008)
- **KASTO** - piła taśmowa, 2 szt.
- Kasety z oprzyrządowaniem, 2 szt.

Więcej szczegółów na:
www.hilcoindustrial.com
+31 651199492

Data odwiedzin:
21 marca 2024
tylko po uprzednim umówieniu się

Kontakt ze sprzedawcą
Margot ter Bogt
+31 (0)20 470 0989
mterbogt@hilcoglobal.com

ToolFactory
Cutting Tool Solutions

Redukcja stanów magazynowych dzięki narzędziom uniwersalnym

Przy wyborze odpowiedniego narzędzia precyzyjnego rolę odgrywają różne czynniki: materiał, który ma być obrabiany, peryferja maszyny, a także wymagania dotyczące obróbki. Firma TOOL FACTORY posiada w swoim asortymencie narzędzia uniwersalne, które są porównywalne z narzędziami specjalnymi zarówno pod względem żywotności, jak i jakości obróbki. Od 16 do 18 kwietnia 2024 r. TOOL FACTORY zaprezentuje swoje rozwiązania w zakresie wydajnej obróbki skrawaniem na targach INNOFORM.

Seria 3540x: najwyższa precyzja frezowania

Frezy trzpieniowe z serii 35402 są znane przede wszystkim z uniwersalnego zastosowania i najwyższej jakości. Dzięki nowym narzędziom serii 3540x operatorzy frezarek mogą korzystać ze wszystkich zalet freza, który jest teraz dostępny

Wysoka niezawodność procesu i długa żywotność narzędzia podczas obróbki skrawaniem dzięki nowemu frezowi 35402

z promieniem naroża, w wersji długiej i krótkiej oraz z fazą ochronną. Narzędzia wyróżniają się również cechami jakościowymi, takimi jak skok rdzenia, nierównomierna podziałka i powłoka MnS1, zapewniającymi doskonałe rezultaty obróbki.

Dzięki połączeniu nowego substratu węglikowego o podwyższonej odporności na zużycie, nowej geometrii z wykończeniem krawędzi skrawającej i ulepszonej powłoce, narzędzia te wyznaczają nowe standardy w zakresie trwałości i niezawodności procesu.

TOOL FACTORY posiada również odpowiednie narzędzia do obróbki materiałów żarowytrzymałych i nierdzewnych: wraz z serią 35405 wprowadzono narzędzie, które sprawdza się w przypadku materiałów ISO M i S. Duże rowki w części czołowej zapewniają optymalne łamanie wiórów oraz ich szybkie i bezpieczne usuwanie dzięki czemu nie dochodzi do uszkodzeń narzędzia i przedmiotu obrabianego, a także możliwe jest osiągnięcie wysokiego poziomu niezawodności procesu. Jest to szczególnie ważne kryterium w przypadku stali nierdzewnej i materiałów żarowytrzymałych, ponieważ są one podatne na powstawanie narostów, zadziorów i samoczynne utwardzanie ze względu na niską przewodność cieplną. W połączeniu z wysoką niezawodnością procesu, można również osiągnąć znacznie wyższą wydajność usuwania materiału. Powłoka MnI1 zastosowana w serii 35405 zwiększa trwałość narzędzia podczas obróbki materiałów żarowytrzymałych o 200%, a w przypadku stali nierdzewnej nawet o 300%. Dla firm produkcyjnych oznacza to bezpośrednią korzyść, która pozwala zwiększyć produktywność.

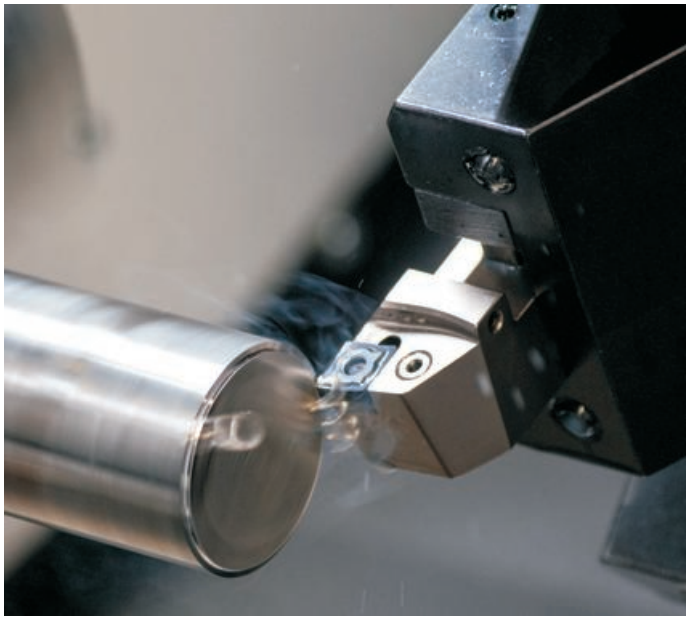
Najlepszy stosunek ceny do wydajności w zakresie frezowania wysokowydajnego

Nowy frez pełnowęglikowy z serii 35449 to wyjątkowe rozwiązanie dla firm produkujących małe partie. Uniwersalny frez o nierównomiernej podziałce i nierównomiernej linii skrętu rowka nadaje się do obróbki zgrubnej i wykańczającej. Przekonuje przede wszystkim bardzo dobrym stosunkiem ceny do wydajności. Wysokowydajny frez osiąga najlepsze rezultaty podczas obróbki różnych gatunków stali, gwarantując niezmiennie długą żywotność narzędzia. Osiąga również doskonałe wyniki podczas obróbki żeliwa i stali nierdzewnych.

Odwiedź TOOL FACTORY
na targach INNOFORM w Bydgoszczy
i dowiedz się więcej o narzędziach precyzyjnych:
16. - 18.04.2024, stoisko 81

Toczenie: koszty produkcji pod kontrolą dzięki gatunkowi węglika TF PO41 15

TF PO41 15 to gatunek, który został opracowany głównie z myślą o toczeniu materiałów żarowytrzymałych, ale nadaje się również do obróbki wielu gatunków stali. Ten materiał skrawający to pokryty TiAlN, spiekany gradientowo gatunek o wysokiej wydajności, odpowiedni do obróbki stali, stali nierdzewnej i materiałów żarowytrzymałych. Płytki wymienne w tym gatunku sprawdzają się w szczególności przy obróbce wykańczającej i średnio wykańczającej oraz charakteryzują się



Uniwersalny wśród płytek wymiennych – gatunek węglika PO41 15

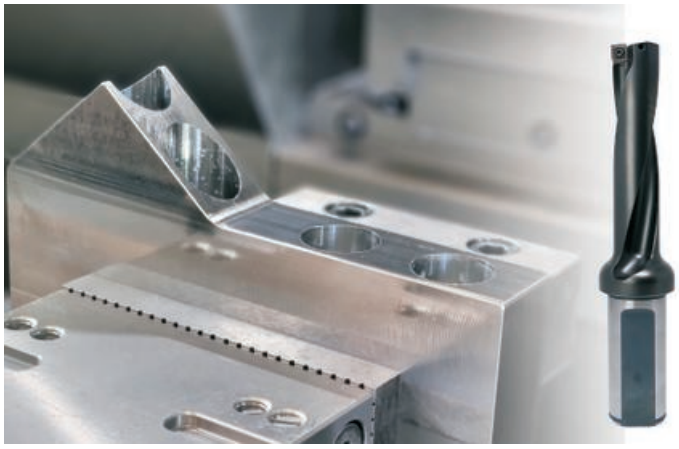
ostrą krawędzią skrawającą o stabilnej geometrii, zwiększając odporność na utlenianie i twardość w podwyższonych temperaturach.

Gatunek węglika TF PO41 15 jest odpowiedni do produkcji małych partii lub pojedynczych części. Bardzo często utrzymanie zróżnicowanego asortymentu narzędzi do każdego zadania obróbczego jest nieekonomiczne. Jak pokazują zastosowania w praktyce u klientów zarówno stal C45, jak i X5CrNi18-10 można z powodzeniem obrabiać płytkami typu CNMG 120408-DL TF PO41 15.

Firmy produkcyjne zyskują na znacznie wyższej niezawodności procesu i związanej z tym redukcji liczby zużytych płytek. Niższe zużycie płytek wymiennych oraz eliminacja konieczności wymiany narzędzi i czasów ustawiania oznacza zmniejszenie kosztów.

Wiertła z płytkami wymiennymi: wydajne procesy w produkcji seryjnej

Wiertła z płytkami wymiennymi TOOL FACTORY zapewniają doskonałą jakość obrabianej powierzchni i dokładność pozycjonowania (chropowatość powierzchni Rz o wartości od 6 do 7,2 i minimalne odchylenia wynoszące 5 µm). Dzięki temu można pominąć kolejne etapy procesu i uzyskać produkt końcowy o wyższej jakości. Pozwala to firmom produkcyjnym zaoszczędzić koszty i czas obróbki.



Chropowatość powierzchni *Rz* o wartości od 6 do 7,2 i minimalne odchylenia wynoszące 5 µm

Kolejną zaletą wierteł pełnowęglikowych z płytkami wymiennymi jest zmniejszenie kosztów zarządzania narzędziami. Bardziej ekonomiczne rozwiązanie w postaci uniwersalnych płytek wymiennych XPMG z czterema krawędziami skrawającymi umożliwia firmom produkcyjnym obniżenie kosztów związanych z zakupem narzędzi i zwiększenie wydajności produkcji.

Wiertła 2xD i 3xD są dostępne w średnicach do 48 mm, 4xD do 44 mm, a 5xD do 40 mm. Oznacza to, że nawet większe otwory mogą być wykonywane ekonomicznie i precyzyjnie, a ze względu na niecentryczne ustawienie możliwe jest także uzyskanie większych otworów przy zastosowaniu pionowym na tokarkach.

Wybór odpowiedniego pilnika obrotowego zwiększa produktywność

Przy wyborze odpowiedniego pilnika obrotowego należy wziąć pod uwagę warunki pracy i obrabiany materiał. Chociaż uniwersalność uzębienia naprzemianskośnego w większości zastosowań jest imponująca, to jednak do obróbki materiałów specjalnych nadają się inne rodzaje uzębienia. Dlatego też oferta TOOL FACTORY obejmuje również pilniki obrotowe z uzębieniem z nasypem diamentowym, z uzębieniem

Przy wyborze odpowiedniego pilnika obrotowego należy wziąć pod uwagę warunki pracy i obrabiany materiał

drobnym, standardowym i do obróbki aluminium, a także serię wysokowydajnych pilników obrotowych z uzębieniem „pro", które sprawdziły się przy obróbce aluminium, INOX, stali, żeliwa i staliwa, zapewniając najlepszą opłacalność wymagającej produkcji seryjnej. Wybierając odpowiedni pilnik obrotowy, można osiągnąć znacznie wyższą wydajność skrawania i trwałość narzędzia.

Asortyment TOOL FACTORY obejmuje również wiele standardowych kształtów. Podczas projektowania wzięto pod uwagę wymagania firm, które teraz można spełnić za pomocą jednego narzędzia. W przypadku stosowania naszych pilników obrotowych, czasochłonna wymiana narzędzi nie jest już konieczna.

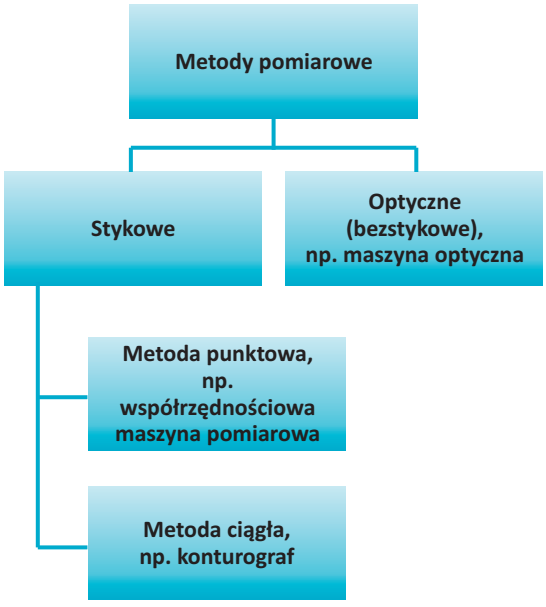
Analiza porównawcza dokładności pomiarów wybranymi współrzędnościowymi technikami pomiarowymi

MARIUSZ MURAWSKI, ANDRZEJ WOJCIECHOWSKI, MACIEJ MATUSZEWSKI, OLEG POLISHCHUK *

W artykule scharakteryzowano współrzędnościową technikę pomiarową. Opisano istotę współrzędnościowych pomiarów. Dokonano analizy porównawczej pomiarów charakterystycznych cech geometrycznych (odcinek, promień) przykładowego krzywoliniowego przedmiotu. Pomiarów dokonano na trzech rodzajach maszyn współrzędnościowych, metodą stykową za pomocą konturografu, współrzędnościowej maszyny pomiarowej oraz metodą bezstykową za pomocą maszyny optycznej. Wskazano możliwości tych metod.

Wprowadzenie

Współrzędnościowa technika pomiarowa to stosunkowo młoda dziedzina pomiarów wielkości geometrycznych. Obecnie przeżywa ona dynamiczny rozwój dzięki możliwości automatyzacji pomiarów, integracji z systemami CAD/CAM oraz zastosowania komputerowej analizy i archiwizacji wyników pomiarów. Współrzędnościowa technika pomiarowa ma zastosowanie zarówno w laboratoriach, jak i w różnych dziedzinach przemysłu. Nowoczesne współrzędnościowe metody pomiarowe dają możliwości usprawnień kontroli jakości. Skrócenie czasu kontroli, możliwość zastosowania jednej maszyny pomiarowej do różnych, skomplikowanych typów geometrii, lub możliwość pomiaru w czasie rzeczywistym, sprawiają, że współrzędnościowe metody pomiarowe stają się coraz bardziej powszechne [2, 8, 9].



Rys. 1. Podział metod pomiarowych ze względu na sposób zbierania pomiarów

Pomiary oparte na współrzędnościowej technice pomiarowej wykonuje się za pomocą maszyn pomiarowych. Maszyna pomiarowa jest to urządzenie, gdzie układ pomiarowy oparty jest na wzorcu inkrementalnym lub kreskowym. W takich maszynach pomiar odbywa się w jednym kierunku [5, 6,7].

Maszyny pomiarowe to między innymi [2, 3]:

– długościomierz pionowy i poziomy,

– wysokościomierz,

– konturograf,

– mikroskop pomiarowy, maszyna optyczna,

– projektor,

– współrzędnościowa maszyna pomiarowa.

W dwóch pierwszych maszynach występuje pomiar jedno-współrzędnościowy. Konturograf, mikroskopy, maszyny optyczne oraz projektory opierają się przede wszystkim na pomiarze dwuwspółrzędnościowym. Na współrzędnościo-

* Mgr inż. Mariusz Murawski – TZMO S.A. – Bella Sp. z o.o., Toruń, mgr inż. Andrzej Wojciechowski – ODEKA – Ośrodek Doskonalenia Kadr SIMP, Bydgoszcz, dr hab. inż. Maciej Matuszewski, prof. PBS – Politechnika Bydgoska, e-mail: matus@pbs.edu.pl, prof. Oleg Polishchuk – Narodowy Uniwersytet Techniczny, Chmielnicki, Ukraina.

wych maszynach pomiarowych można także dokonywać pomiarów przestrzennych, ponieważ opierają się na pomiarze trójwspółrzędnościowym.

Istnieją różne podziały współrzędnościowych metod pomiarowych [1]. Biorąc pod uwagę budowę maszyny, podziału można dokonać ze względu na wzajemne oddziaływanie urządzenia z mierzoną powierzchnią (rys. 1).

Metoda stykowa ciągła polega na ciągłym styku przyrządu z detalem w trakcie pomiaru przedmiotu. Metoda stykowa punktowa polega na stykowym zbieraniu określonej liczby punktów potrzebnych do określenia danej geometrii. W trakcie zbierania pomiarów metodą optyczną cały proces odbywa się bezstykowo, np. za pomocą mikroskopu.

Potrzeba dużej dokładności pomiarów, produkcja elementów o skomplikowanych kształtach geometrycznych, konieczność efektywnego procesu produkcyjnego i kontroli jakości, sprawią, że obecnie wprowadza się coraz więcej udoskonaleń w systemach pomiarowych. W artykule dokonano analizy porównawczej trzech współrzędnościowych metod pomiarowych: stykowej ciągłej, stykowej punktowej oraz bezstykowej – optycznej. Wynikiem tej analizy jest określenie powtarzalności oraz dokładności pomiarów.

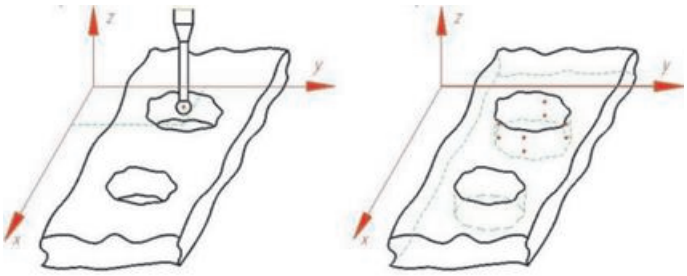
Istota współrzędnościowej techniki pomiarowej

Pomiary współrzędnościowe charakteryzują się nieco inną zasadą wyznaczania wymiarów geometrycznych od klasycznych metod pomiarowych wykorzystujących przyrządy jednozadaniowe, takie jak mikromierz czy średnicówka. Proces pomiarowy w przypadku maszyn pomiarowych polega na pomiarze wartości współrzędnych w osi lub osiach X, Y, Z (w zależności od rodzaju maszyny), pojedynczych punktów na powierzchni mierzonego przedmiotu. W większości klasycznych maszyn pomiarowych (z wyjątkiem maszyn hybrydowych i ramion przenośnych) pomiar odbywa się w układzie współrzędnych kartezjańskich, tzn. ruchome zespoły pomiarowe maszyny przemieszczają się w jednym, dwóch lub trzech kierunkach. Kierunki te w przypadku pomiarów 2D i 3D są wzajemnie prostopadłe [2, 3].

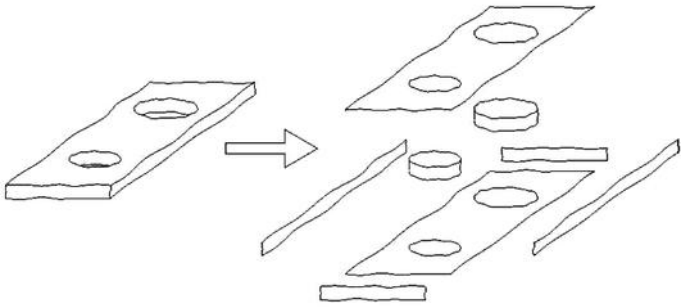
Do lokalizacji punktów mierzonego przedmiotu w przestrzeni pomiarowej współrzędnościowej maszyny pomiarowej (WMP) służy głowica pomiarowa, natomiast do pomiaru ich położenia wykorzystywane są liniały pomiarowe znajdujące się w każdej z osi maszyny. Na tym etapie wymiary mierzonego przedmiotu oraz odchyłki kształtu i położenia jego elementów nie są jeszcze znane. Niezbędny jest do tego proces obliczeniowy. Na podstawie zarejestrowanych współrzędnych poszczególnych punktów pomiarowych (rys. 2), komputer maszyny wyznacza figury geometryczne, z których składa się element mierzony (rys. 3).

Gdy potrzebne parametry zostaną zebrane, model rzeczywisty zostaje zastąpiony typowymi elementami geometrycznymi, takimi jak np.: punkty, proste, płaszczyzny, okręgi, kule, walce, stożki. Cechy tych figur geometrycznych są wymiarami, a odległości poszczególnych punktów pomiarowych od zdefiniowa-

reklama



Rys. 2. Zbieranie współrzędnych punktów mierzonego przedmiotu [4]



Rys. 3. Rozbijanie przedmiotu na proste elementy geometryczne [4]

nych elementów odniesienia to odchyłki kształtu. Wzajemne odległości figur geometrycznych wchodzących w skład mierzonego elementu oraz odchyłki położenia obliczane są również przez oprogramowanie maszyny współrzędnościowej.

Za pomocą maszyn współrzędnościowych można zmierzyć i skontrolować wymiar liniowy oraz kątowy w dowolnym miejscu w przestrzeni. Możliwe jest także sprawdzenie odchyłek kształtu i położenia. Mają one zastosowanie przy pomiarach wielu przedmiotów, takich jak: części pneumatyki, karoserie samochodowe, odlewy, koła zębate itp.

Maszyny współrzędnościowe posiadają cechy, które wyróżniają je spośród wykorzystujących inne metody pomiarowe [10]:

– możliwość stosowania ich w zautomatyzowanych liniach i centrach obróbkowych,

– duża wydajność pracy – czas kontroli skraca się nawet o 60÷90%, w szczególności przy bardzo złożonych detalach,

– możliwość automatycznego zbierania wyników pomiarów,

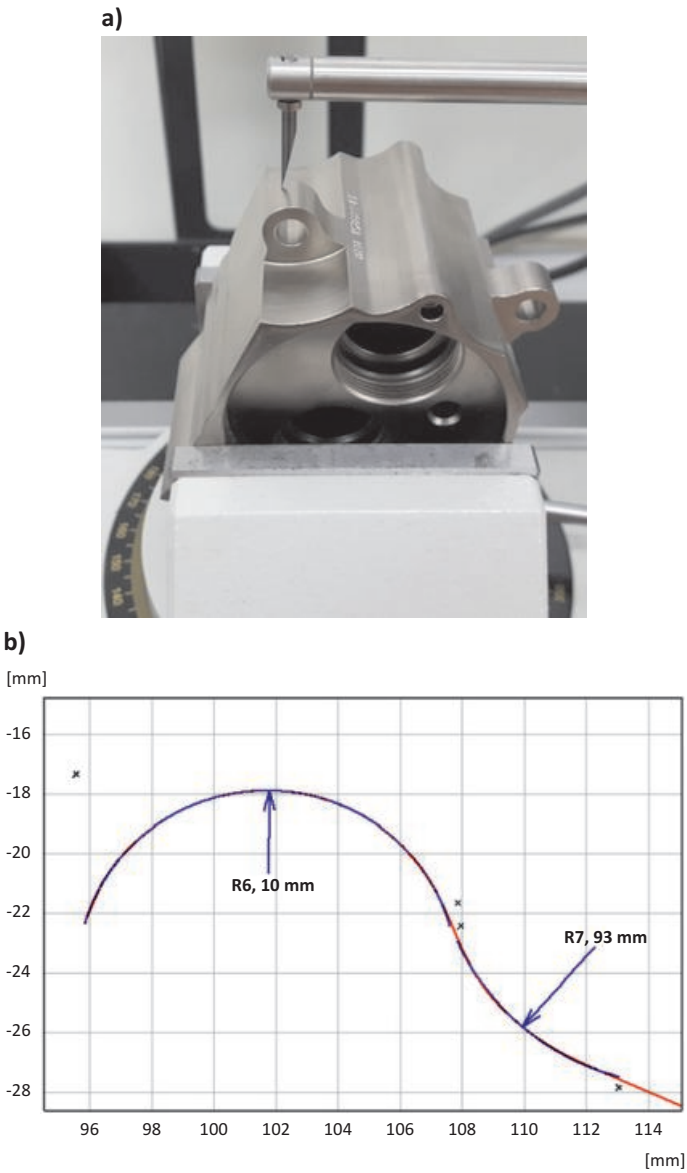
– duża uniwersalność – możliwość pomiarów detali o bardzo złożonej i skomlikowanej budowie, z którymi występowałaby trudności przy innych narzędziach pomiarowych,

– oprogramowanie umożliwiające archiwizowanie danych oraz ich analizę – w łatwy sposób można generować wykresy czy statystyki ułatwiające interpretację zebranych pomiarów,

– możliwość dokonania wielu pomiarów jedną maszyną w jednym zamocowaniu – tradycyjną metodą konieczne jest użycie kilku przyrządów pomiarowych.

Analiza porównawcza dokładności pomiarów wybranych współrzędnościowych technik pomiarowych

Przedmiotowej analizy dokonano na podstawie pomiarów charakterystycznych cech geometrycznych (odcinek, promień) przykładowego krzywoliniowego przedmiotu. Pomiarów dokonano na trzech rodzajach maszyn współrzędnościowych,



Rys. 4. Przedmiot badań: a) fizyczny pomiar geometrii dwóch promieni, b) wygenerowany wykres pomiarowy

metodą stykową za pomocą konturografu Contracer CV-3200 i współrzędnościowej maszyny pomiarowej CRYSTA-APEX S oraz metodą bezstykową za pomocą maszyny optycznej Quick Scope serii QS z systemem pomiarowym CNC. Obiekt badań podzielono na 2 strefy pomiarowe, w których były przyjęte do pomiarów charakterystyczne cechy geometryczne. Pomiary powtarzano 5 razy na każdej maszynie pomiarowej.

Pierwsza strefa pomiarowa obejmowała pomiar dwóch promieni, jeden charakteryzował się wypukłością – R_1, a drugi wklęsłością – R_2 (rys. 4).

W tabeli 1 przedstawiono wartości średnie oraz rozrzut wyników dla pierwszej strefy pomiarowej zawierającej dwa promienie.

Druga strefa pomiarowa obejmowała pomiar promienia oraz odcinka prostoliniowego (rys. 5).

W tabeli 2 przedstawiono wartości średnie oraz rozrzut wyników dla drugiej strefy pomiarowej zawierającej promień (R_3) oraz odcinek prostoliniowy.

Do pomiarów z wykorzystaniem konturografu i maszyny optycznej nie było potrzebne dodatkowe oprzyrządowanie. W celu wykonania pomiarów na współrzędnościowej maszynie pomiarowej konieczne było natomiast zastosowanie

Tabela 1. Wyniki pomiaru pierwszej strefy pomiarowej zawierającej dwa promienie

Konturograf	cecha geometryczna	promień R_1 (mm)	promień R_2 (mm)
	średnia	6,120	7,458
	rozrzut	0,050	0,660
Współrzędnościowa maszyna pomiarowa	cecha geometryczna	promień R_1 (mm)	promień R_2 (mm)
	średnia	6,113	7,527
	rozrzut	0,022	0,029
Maszyna optyczna	cecha geometryczna	promień R_1 (mm)	promień R_2 (mm)
	średnia	6,082	7,423
	rozrzut	0,042	0,084

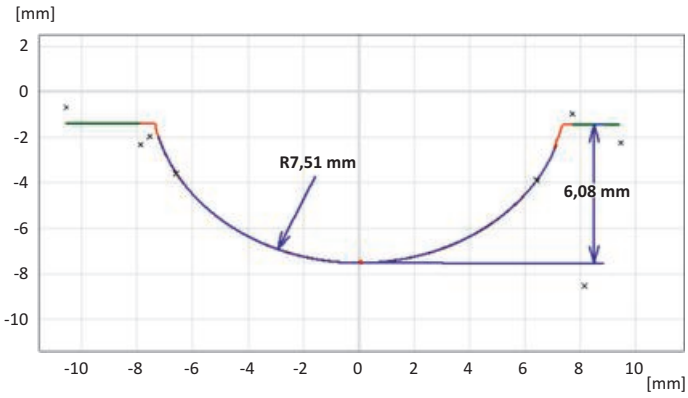
Tabela 2. Wyniki pomiaru drugiej strefy pomiarowej zawierającej promień i odcinek prostoliniowy

Konturograf	cecha geometryczna	promień R_3 (mm)	odległość (mm)
	średnia	7,510	6,068
	rozrzut	0,049	0,050
Współrzędnościowa maszyna pomiarowa	cecha geometryczna	promień R_3 (mm)	odległość (mm)
	średnia	7,507	6,069
	rozrzut	0,020	0,030
Maszyna optyczna	cecha geometryczna	promień R_3 (mm)	odległość (mm)
	średnia	7,524	5,998
	rozrzut	0,099	0,045

reklama

a)

b)



Rys. 5. Przedmiot badań: a) fizyczny pomiar geometrii promienia i odcinka prostoliniowego, b) wygenerowany wykres pomiarowy

dwóch różnych końcówek pomiarowych, co wynikało z geometrii przedmiotu. Przezbrojenie maszyny wpływa więc niekorzystnie na szybkość przeprowadzenia kontroli w warunkach rzeczywistych.

Pomiary na współrzędnościowej maszynie pomiarowej, dla wszystkich realizowanych pomiarów, charakteryzują się jednak najmniejszym i stabilnym rozrzutem wyników pomiarów. Z uwagi na powtarzalność pomiarów, a więc na większą dokładność pomiaru, jest to niewątpliwą zaletą tej metody. Stabilność rozrzutu wyników pomiarów można również zaobserwować dla pomiarów na konturografie. Natomiast najmniejszą stabilność rozrzutu zarejestrowano dla optycznej metody pomiaru, co można tłumaczyć zjawiskiem odblasku. Z uwagi na połyskliwy obiekt badań, oświetlenie przedmiotu w maszynie optycznej powoduje zakłócenia pomiaru. Planując zastosowanie maszyn optycznych do kontroli należy, więc uwzględnić strukturę powierzchni kontrolowanego przedmiotu. Przy bardzo wąskiej tolerancji wykonania danego przedmiotu, należałoby rozważyć zastosowanie innych współrzędnościowych metod pomiarowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań można również stwierdzić, że całościowo wyniki pomiarów były do siebie bardzo zbliżone, niezależnie od przyjętej metody. Różnice wartości pomiędzy średnimi z uzyskanych pomiarów wahają się w przedziale od 0,031 do 0,170 mm. Tak więc, z punktu widzenia przydatności badanych metod do pomiarów, można stwierdzić, że każda metoda jest poprawna i możliwa do zastosowania. O ostatecznej przydatności danej metody może zadecydować zakres narzuconej tolerancji wykonania przedmiotu.

Podsumowanie

Współrzędnościowa technika pomiarowa jest metodą, która z uwagi na automatyczny pomiar znacznie skraca czas kontroli w stosunku do pomiarów klasycznych. Dokładność pomiaru z uwagi na powtarzalność pomiarów oraz możliwości pomiaru cyfrowego jest zadowalająca. Kolejną wyraźną zaletą tych metod jest możliwość pomiaru elementów o złożonej rzeźbie geometrycznej. Dodatkowo, w wielu sytuacjach można dokonać pomiaru w jednym zamocowaniu, co z kolei poza szybkością wykonania kompleksowych pomiarów, umożliwia pomiar elementów wielkogabarytowych bez konieczności manewrowania nimi.

Spośród badanych metod najbardziej dokładną metodą, okazała się metoda pomiaru z zastosowaniem współrzędnościowej metody pomiarowej. Charakteryzuje się ona najmniejszym rozrzutem wyników pomiaru, wynoszącym dla przeprowadzonych pomiarów maksymalnie 0,03 mm.

Literatura

1. Adamczak S.: Metrologia geometryczna powierzchni technologicznych. PWN Warszawa 2023.

2. Durczak. K.: Pomiary wielkości geometrycznych w technice, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, Warszawa 2012.

3. Jakubiec W., Malinowski J., Metrologia wielkości geometrycznych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.

4. Jakubiec W., Zator S., Majda P.: Metrologia, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Warszawa 2014.

5. Norma PN-EN ISO 10360-1:2003, Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Badania odbiorcze i okresowe współrzędnościowych maszyn pomiarowych (CMM) – Część 1: Terminologia.

6. Norma PN-N-02050:1971, Metrologia – Nazwy i określenia.

7. Praca zbiorowa: Internationale Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, Wydanie polskie: Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii, ISO (International Organization for Standardization), GUM, Warszawa 1996.

8. Ratajczyk E.: Współrzędnościowa technika pomiarowa: maszyny i roboty pomiarowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.

9. Ratajczyk E., Woźniak A.: Współrzędnościowe systemy pomiarowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.

10. Zawada J.: Metrologia wielkości geometrycznych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2011.

VOLLMER

Szlifowanie narzędzi obrotowych z ostrzem PCBN na maszynie Vollmer VGrind 360S

Niemiecki producent maszyn, firma Vollmer dopracował nową, wymagającą funkcjonalność na swojej flagowej szlifierce VGrind 360S: ostrzenie oscylacyjne narzędzi PCBN.

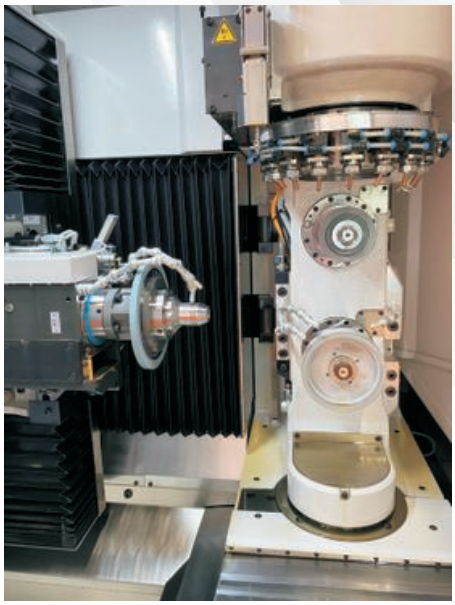
Dla uzyskania wysokiej klasy dokładności powierzchni, tam, gdzie metoda elektroerozji jest nieefektywna i niezadowalająca, narzędzie należy poddać obróbce szlifowania.

Głównymi założeniami do opracowania tej funkcji było wydajne, stabilne szlifowanie partii narzędzi PCBN z załadunkiem automatycznym wraz z pełną kontrolą procesu.

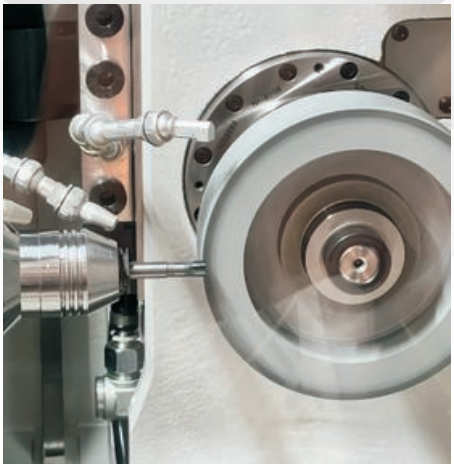
Model VGrind 360S wyposażony jest w silniki liniowe osi X, Y, Z zamontowane na korpusie z betonu polimerowego, a wydajny system chłodzenia cieczowego wszystkich osi i silników maszyny gwarantuje wysoką stabilność temperaturową i materiałową.

Kompleksowo opracowany pod tę funkcję, w pełni automatyczny system zawiera:
– profilowanie ściernic na maszynie za pomocą dodatkowej ściernicy zamocowanej na osi uchwytu narzędzia,
– automatyczne cykliczne obciąganie ściernic,
– automatyczny załadunek narzędzi wraz ze zmianą tulei pośrednich oraz pomiar ściernic w trakcie procesu.

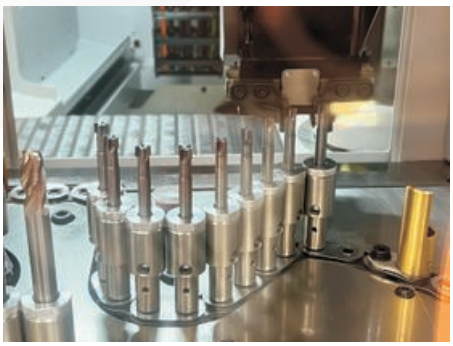
Proces kontroluje oprogramowanie NUMROTO, szlifowanie natomiast realizowane jest przez precyzyjnie dobrane ściernice diamentowe zaprojektowane ściśle pod operację wymagającego szlifowania oscylacyjnego narzędzi PCBN.



Układ ściernicy profilującej oraz automatycznej przystawki do obciągania i czyszczenia nasypu ściernic diamentowych



Szlifowanie partii narzędzi obrotowych PCBN musi odbywać się na niskich zakresach obrotów wrzecion



Pełna automatyzacja zoptymalizowanego procesu produkcji i ostrzenia narzędzi PCBN.

Takiej „Przemysłowej Wiosny” jeszcze w Targach Kielce nie było!

Ponad 700 wystawców, współwystawców i firm reprezentowanych z 21 krajów, dodatkowa hala tymczasowa, powierzchnia wystawiennicza większa o 10% od poprzedniej edycji – przemysłowy cykl Targów Kielce w 2024 roku zapowiada się rekordowo.

A w skład tego cenionego w całej Europie przemysłowego cyklu wchodzą: STOM-BLECH&CUTTING, STOM-TOOL, STOM-LASER, STOM-ROBOTICS, STOM-FIX, KIELCE FLUID-POWER, EXPO-SURFACE, SPAWALNICTWO, DNI DRUKU 3D, CONTROL-STOM, TARGI TEiA oraz WIRTOPROCESY. Rekordowa liczba wystawców zaprezentuje to, czego poszukują branżowi zwiedzający – obrabiarki, wycinarki, giętarki, całe linie zrobotyzowane, specjalistyczne maszyny dla odlewnictwa, spawarki, mikroskopy. Tak szeroki zakres branżowy pozwala zdobyć przedsiębiorcom naprawdę szeroki wachlarz nowych kontaktów. Po raz pierwszy w historii ekspozycja „Przemysłowej Wiosny” nie zmieściła się w halach.

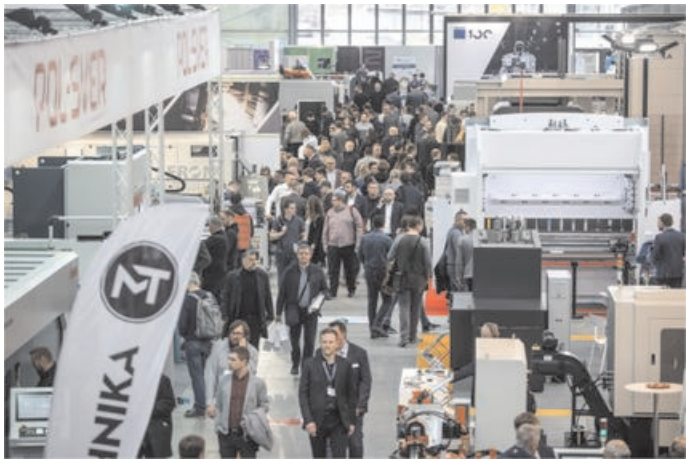
Zachwycająca ekspozycja!

Tradycją wystawy w Kielcach jest nie tylko liczba premier, nowości technologicznych czy wszelkiego rodzaju maszyn. Przez cztery dni hale Targów Kielce stają się ogromną pracującą fabryką. Wszystkie urządzenia można zobaczyć podczas działania, co zdecydowanie ułatwia podejmowanie biznesowych decyzji. Tegoroczna ekspozycja zapowiada się rewelacyjnie – wystawcy już powoli kompletują ofertę i jak zgodnie zapewniają „w Kielcach pokażą wszystko co mają najlepsze”.

Będzie merytorycznie

Na szczególną uwagę zasługują również merytoryczne spotkania zaplanowane podczas Przemysłowej Wiosny. Konferencja specjalistyczna organizowana przez znane w branżowym środowisku wydawnictwo ELAMED ma celu zaprezentowanie najnowszych rozwiązań technologicznych na rynku obróbki stali mających realny wpływ na poprawę jakości oraz sprawności pracy w zakładach produkcyjnych. Z kolei Seminarium „INNOWACJE i NOWE TECHNOLOGIE” to doskonały sposób, aby zaprezentować pakiet informacji dotyczących firmy, technologii lub produktu. Coroczne Seminarium Obróbki Laserowej będzie natomiast uzupełnieniem merytorycznym targów STOM-Laser, a swoją tematyką obejmie wszystkie rodzaje technologii laserowych powszechnie wykorzystywanych w przemyśle. Seminarium „Szybkie prototypowanie materiałów metalowych” to z kolei propozycja Sieci Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny.

Zapraszamy do Targów Kielce od 19 do 22 marca 2024 roku!



DMG MORI
TULIP

+GF+

JORNS

Efektywność technik przyrostowych

BARTOSZ PRZYBYŁ, JAROSŁAW, ROBERT MIKOŁAJCZYK *

W artykule przedstawiono rozważania dotyczące efektywności przyrostowych technik wytwarzania. Wskazano czynniki, które tę efektywność determinują. Zidentyfikowano także ograniczenia w rozwoju tych technik. Przedstawiono rezultaty eksperymentalnej weryfikacji wniosków z przeprowadzonej analizy teoretycznej.

Wprowadzenie

W technikach przyrostowych wyróżnić można dwie grupy. Do pierwszej grupy zalicza się takie, w których wytwarzany element powstaje przez dodawanie kolejnych warstw tworzywa konstrukcyjnego. W tym zbiorze technik znajdują się liczne metody nazywane początkowo ogólnie *Rapid Prototyping* (*RP*) [8]. W drugim zbiorze dominują obróbki polegające na fizycznym (*PVD*) lub chemicznym (*CVD*) osadzaniu atomów, jonów lub cząsteczek pierwiastków z fazy gazowej, na podłożu wcześniej wytworzonego elementu. W pierwszym przypadku tworzona jest od podstaw postać konstrukcyjna, opisana zbiorem wymiarów, natomiast w drugim – wymiary geometryczne wytworzonego wcześniej elementu ulegają bardzo niewielkim zmianom, gdyż grubości powłok *PVD* oraz *CVD* są rzędu mikrometrów. Zmiany te mieszczą się zazwyczaj w przyjętych tolerancjach wykonania.

Współcześnie obserwuje się dynamiczny rozwój obróbek zaliczanych do pierwszego z wyżej wymienionych zbiorów. W istotny sposób zwiększa się różnorodność tworzyw konstrukcyjnych, które stosowane są w tych obróbkach. W ten sposób rozszerza się zakres możliwych zastosowań obróbek tego typu. W problematyce tej zawsze jednak istotne będzie zagadnienie dotyczące efektywności tych obróbek. W artykule podjęto próbę wskazania czynników, które mają najistotniejszy wpływ na ten aspekt obróbek przyrostowych.

Obszar zastosowań operacji drukowania 3D

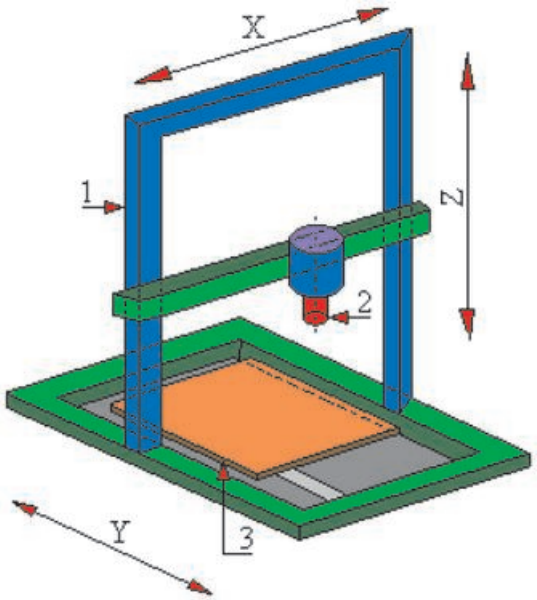
Liczne zalety obróbek przyrostowych powodują, że znajdują one zastosowanie w coraz większym zakresie. Tradycyjnym już obszarem zastosowań jest wykorzystywanie ich w różnych gałęziach przemysłu, zarówno w fazie prototypowania jak sugerowała ich początkowa nazwa (*Rapid Prototyping*), a także w fazie produkcji.

Od dłuższego czasu obserwuje się także wykorzystywanie druku 3D w medycynie, przede wszystkim w protetyce ortopedycznej i stomatologicznej [4]. Biodrukarki wykorzystywane są jednak także do warstwowania komórek, a materiałem drukowanym są w tym przypadku żywe komórki [3, 8].

Do niekonwencjonalnych jeszcze zastosowań druku 3D należy natomiast zaliczyć wykorzystanie tej techniki w gastronomii i to nie tylko w procesach produkcyjnych maszyn dla tej branży lecz także w przygotowywaniu potraw [3]. Niekonwencjonalnym jest także wykorzystanie tej techniki w budownictwie. W pracy [6] opisano zrealizowany projekt budowy budynku mieszkalnego za pomocą techniki przyrostowej. Ciekawostką jest to, że w tworzeniu tego obiektu wykorzystano obserwacje dokonane przy budowie kopców przez termity. Owady te potrafią budować swoje siedliska metodami podobnymi do *RP*, uzyskując cechy użytkowe, np. stabilność temperatury i wilgotności oraz przewietrzanie na oczekiwanym poziomie. Taką też strukturę ścian próbowano odtworzyć przy realizacji wspomnianego budynku techniką przyrostową.

Jako pewne ograniczenie w wykorzystaniu technik przyrostowych można uznać gabaryty wytwarzanych elementów. Kinematyka drukarek jest w zasadzie prosta – Rys. 1. Tor po jakim porusza się głowica wytłaczająca (2) jest składową sterowanych ruchów w osiach X i Y. Przy drukarkach do wytwarzania małych elementów ruchy te wykonuje stolik krzyżowy, na którym powstaje element. Przy gabarytach dużych, tworzony obiekt jest nieruchomy, a przemieszcza się w tych osiach rama (1) i usytuowana na niej głowica (2). Przy gabarytach średnich ruch w osi X może wykonywać głowica przemieszczając się po belce, a przedmiot wykonuje jedynie ruchy w osi Y. Ograniczeniem jest więc przestrzeń robocza, w której powstaje tworzony obiekt. Ruchy w osi Z muszą być sterowane z dużą rozdzielczością odpowiednio do grubości nakładanych warstw. W zależności od rodzaju tworzywa konstrukcyjnego platforma robocza może być podgrzewana.

* Inż. Bartosz Przybył, dr inż. Jarosław Robert Mikołajczyk, Katedra Inżynierii Mechanicznej Akademii Nauk Stosowanych im. S. Staszica w Pile; e-mail: jmikolajczyk@ans.pila.pl.



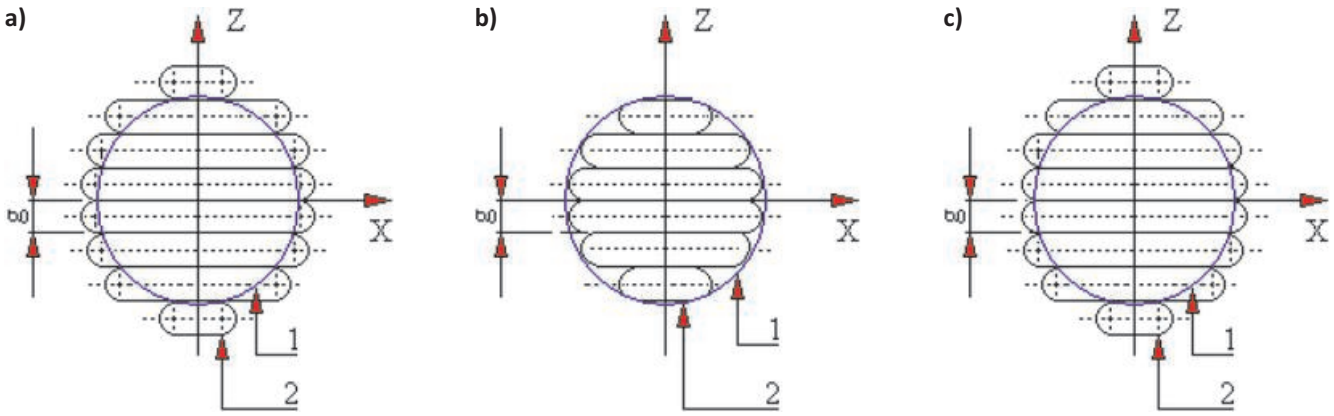
Rys. 1. Schemat kinematyki drukarki: 1 – rama, 2 – głowica wytłaczająca, 3 – platforma robocza

Drugim ograniczeniem może być tworzywo konstrukcyjne. W początkach *RP* filamentem było praktycznie jedynie tworzywo sztuczne. Z biegiem czasu zbiór tworzyw konstrukcyjnych powiększał się o metale, ceramikę, a także o tworzywa sztuczne o zróżnicowanych cechach użytkowych [9].

wykonania można zatem przyjąć za jeden z czynników determinujących efektywność tego procesu, gdyż jego celem jest wytwarzanie produktów o określonych cechach, w tym także geometrycznych cechach konstrukcyjnych (wymiarach).

Wpisywanie ścieżki druku w kontur wytwarzanego obiektu realizowane może być w różny sposób. Przypadek, gdy wymagane jest pełne pokrycie konturu przedmiotu przedstawiono na Rys. 2a. Gabaryty budowanego obiektu są wówczas większe niż modelu teoretycznego CAD. W tym przypadku zarówno czas druku jak i ilość niezbędnego filamentu jest większa niż w innych przypadkach. Tego typu rozwiązanie stosuje się, gdy operacja druku nie jest końcową operacją. Po niej mogą wystąpić, np. operacje obróbki skrawaniem [2].

Na Rys. 2b przedstawiono przypadek, gdy ekstrudat nie przekracza granic modelu CAD. W tym przypadku czas realizacji obróbki jest krótszy, mniejsze jest zużycie materiału niż w przypadku opisanym wcześniej. Dla tego przypadku również można stosować dodatkowe operacje postprocessingowe, chociaż niekoniecznie, np. szpachlowanie, klejenie, wzmacnianie struktury zewnętrznej dodatkowym pokryciem. Na Rys. 2c przedstawiono przypadek, w którym odchyłki wymiarowe budowanego obiektu od zarysu teoretycznego są najmniejsze. Producenci drukarek 3D różnie podchodzą do w/w tematu. Najczęściej jednak automatyczne programy krojenia części, obiektu na warstwy przyjmują wymiar środka ścieżki za punkt odniesienia. Im mniejsza grubość warstwy ścieżki g, tym wykonanie obiektu dokładniejsze. Takie ujęcie



Rys. 2. Dopasowanie ścieżek do wypełnianego konturu dla przypadku [7]: a) pełnego pokrycia konturu zaprojektowanego przedmiotu, b) gdy ekstrudat nie przekracza granic modelu CAD, c) gdy odchyłki wymiarowe od zarysu teoretycznego są najmniejsze; 1 – zarys teoretyczny konturu przedmiotu drukowanego; 2 – ścieżka druku; g – grubość warstwy ścieżki druku; Z – kierunek budowania

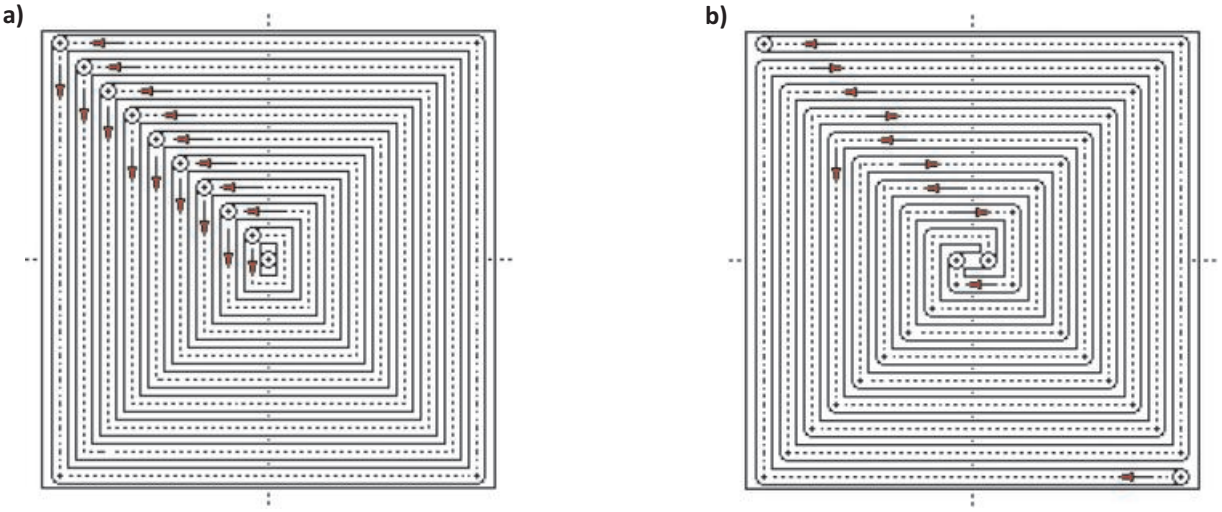
Obserwując postęp w inżynierii materiałowej spodziewać się można, że w niedługim czasie o tym ograniczeniu można będzie zapomnieć.

Czynniki determinujące efektywność

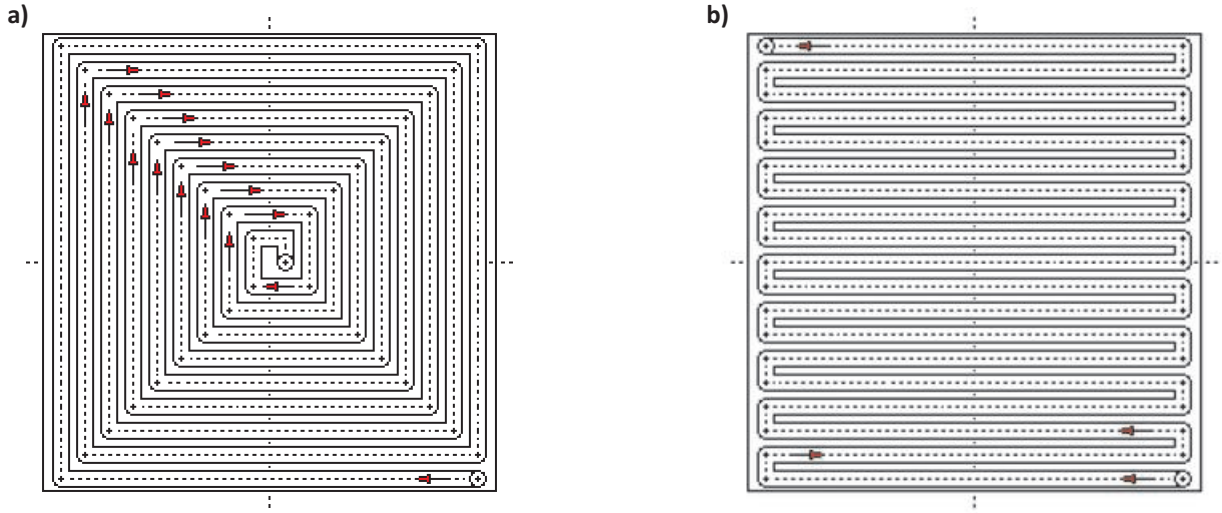
Analiza obszarów możliwych zastosowań obróbek przyrostowych ze zbioru *RP* wykazuje, że dokładność wykonania elementów tą techniką jest bardzo istotną cechą. Wynika to z faktu, że w przeważające liczbie przypadków operacje drukowania 3D elementów, a także podzespołów są ostatnimi, kończącymi ich proces wytwarzania. Dokładność tego zagadnienia eliminuje konieczność wykonywania skomplikowanych obliczeń matematycznych.

Sposób wypełniania obszarów plastra jest istotnym elementem strukturalnej optymalizacji procesu typu FFF (*Fased Filament Fabrication*). Dzięki tym działaniom optymalizuje się m.in. ilość filamentu niezbędnego do wytworzenia danego obiektu, co można przyjąć jako kolejny czynnik determinujący efektywność procesu.

Najczęściej stosowanym wzorem wypełnienia we współczesnych drukarkach 3D jest wypełnienie typu zygzak (Rys. 3a) ze względu na prostotę ich budowy i możliwość wizualizacji. Dodatkową



Rys.3. Wzory wypełnienia: a) typu zygzak, b) typu kontury równoległe [7]



Rys. 4. Wzory wypełnienia typu spirala: a) klasyczna, b) Fermata [7]

zaletą tego sposobu wypełniania jest możliwość drukowania z dużymi prędkościami, wynikająca z dużej liczby odcinków prostych występujących w tym wzorze wypełnienia. Innymi przykładami wypełnień są, m.in. wzory typu kontury równoległe (Rys. 3b), spirala klasyczna (Rys. 4a), spirala Fermata (Rys. 4b) i inne.

Wybór wariantu optymalnego w dużej mierze zależy od kształtu wytwarzanego elementu oraz jego przeznaczenia. Jeżeli wypełnienie następuje na licznych odcinkach krzywoliniowych z licznymi zmianami kierunków, wówczas czas drukowania wydłuża się, polepsza się jednak przy tym sztywność i wytrzymałość mechaniczna takiego elementu, mimo że całkowita długość ścieżki wzoru, a tym samym i masa zużytego materiału mogą być zbliżone.

Eksperymentalna weryfikacja zależności dokładności drukowania od jego prędkości

W celu ilościowego określenia stwierdzonej wyżej zależności dokładności wykonania od prędkości druku 3D przeprowadzono badania eksperymentalne. Szczegółowy ich opis zawarto w pracy [5], więc poniżej przedstawiono tylko pewne uzupełnienie.

W Tablicy 1 zawarto uśrednione wyniki pomiarów dokładności wykonania koła zębatego wykonanego techniką przyrostową. Analiza zawartych w niej wyników potwierdza istnienie badanej relacji.

Wykorzystując otrzymane wyniki pomiarów, za pomocą programu *R* opracowano model regresji liniowej pierwszego rzędu ujmującej zależność odchyłek wymiarowych drukowanego elementu od prędkości drukowania. Model ten ma formę równania:

$$D = 0.001302v + 0.04825$$

gdzie:

D – wartość odchyłki, mm,

v – prędkość drukowania, mm/sek.

W celu potwierdzenia poprawności opracowanego modelu obliczono współczynniki korelacji dwiema metodami: Pearsona i Spearmana. Uzyskane w obydwóch przypadkach duże wartości współczynników korelacji świadczą o poprawności opracowanego modelu.

Wyniki prezentowanych badań przedstawiono również w formie graficznej na Rys. 5.

Kąt pochylenia krzywej (prostej) na wykresie (Rys. 5b) świadczy o dużej istotności wpływu prędkości drukowania na dokładność druku. Zmiana prędkości drukowania w przedziale od 30 do 150 mm/sek. (5x) spowodowała zwiększenie odchyłek wymiarowych od 96 do 271 mikrometrów (3x).

Podsumowanie

Od dłuższego już czasu obserwuje się dynamiczny rozwój metod zaliczanych do przyrostowych technik wytwarzania. Przedstawione w artykule rozważania pozwalają na stwierdzenie, że w zakresie ich efektywności największe korzyści można uzyskać optymalizując proces przy kryteriach dotyczących:

– prędkości drukowania,

– kształtu ścieżki drukowania,

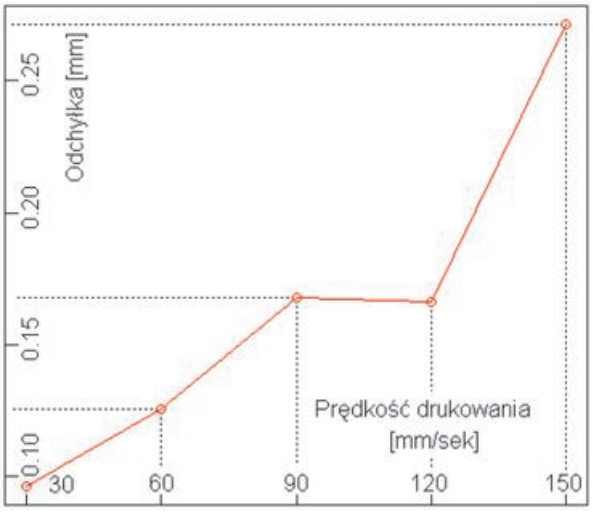
– ilości filamentu.

Działania optymalizujące w tym zakresie przyczynią się niewątpliwie do poprawy dokładności wykonania drukowanych elementów. Mogą także zmniejszyć koszty materiałowe w procesie drukowania.

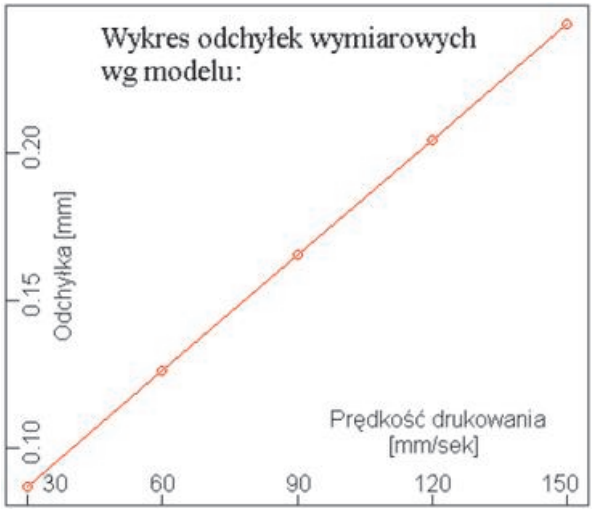
Tabela. 1. Zestawienie wyników badań eksperymentalnych i analitycznych

Prędkość drukowania mm/sek	Odchyłka, mm		Korelacja Pearson	Korelacja Spearman
	zmierzona (parametr Mean)	obliczona wg modelu		
30	0.0964	0.0873	0.93175	0.9
60	0.1254	0.1264		
90	0.1679	0.1654		
120	0.1663	0.2045		
150	0.2713	0.2436		

a)



b)



Rys. 5. Graficzny obraz zależności odchyłek wymiarowych od prędkości drukowania: a) eksperyment b) model

Literatura

1. Caban J., Szala M., Kęsik J., Czuba Ł.: Wykorzystanie druku 3D w zastosowaniach automotive. Autobusy, technika eksploatacja, systemy transportowe, nr 6/2017, s. 573-579. Instytut Wydawniczy SPATIUM sp. z o.o., Radom 2017.

2. Królikowski M., Krawczyk M.: Obróbka skrawaniem oraz techniki przyrostowe jako integralne etapy procesu wytwarzania hybrydowego z metali w Przemyśle 4.0. Mechanik nr 8-9/2018, s. 769-771.

3. Madej K., Kozioł P., Arabik R., Żyłka W., Hołota B.: Druk 3D w aspekcie zastosowań przemysłowych. Obróbka Metalu nr 2/2023, s.14-21.

4. Mikołajewska E., Macko M., Ziarnecki Ł., Stańczak S., Kawalec P., Mikołajewski D.: 3D Printing Technologies in Rehabilitation Engineering. Journal of Health Science, No. 4(12) 2014, pp. 78-83.

5. Przybył B., Kabat M., Mikołajczyk J.R.: Wpływ prędkości drukowania 3D na dokładność zarysu kół zębatych. Obróbka Metalu 4/2023, s. 26-30.

6. Rouhana C.M., Aoun M.S., Faek F.S., Eljazzar M.F., Hamzeh F.R.: The reduction of construction duration by implementing contour crafting (3D Printing). Proceedings of 22nd Annual Conference IGLC, Oslo 2014, pp.1031-1042.

7. Stryczek R., Wyrobek K.: Projektowanie operacji druku 3D metodą FFF. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku Białej, Bielsko Biała 2022.

8. Styp-Rekowski M., Matuszewski M., Oborski I.L., Polishchuk O.: Miejsce technik przyrostowych w procesach wytwórczych. Obróbka Metalu nr 3/2020, s.26-33.

9. Żyłka W., Hołota B., Madej K., Kozioł P.: Przemysłowy skok technologiczny: zastosowanie druku 3D z materiałów elastycznych. Obróbka Metalu nr 4/2023, s. 19-23.

Potrójna siła przemysłu

Arena nowości, pracujących maszyn i robotów, rozwiązania dla intralogistyki a także moc kooperacyjnych spotkań – tak obiecująco zapowiada się kolejna edycja czerwcowego święta dla branży przemysłowej. Wiodącym dla tego sektora targom ITM INDUSTRY EUROPE towarzyszą targi MODERNLOG i SUBCONTRACTING. Wystawcy od kilku miesięcy rezerwują najbardziej dogodne dla siebie lokalizacje planując spektakularne premiery a liczba pawilonów rozrasta się w przyśpieszonym tempie. To wszystko sprawia, że datę 4–7 czerwca 2024 r. powinien zaznaczyć w kalendarzu każdy spragniony innowacji w przemyśle.

Blok targów ITM INDUSTRY EUROPE to miejsce, gdzie kompleksowo prezentowana jest międzynarodowa oferta zgodna z ideą przemysłu i logistyki 4.0. Wydarzenie od lat jest kluczowym miejscem spotkań i wymiany technologicznych doświadczeń liderów sektora innowacji. To tutaj kreowane są trendy, to właśnie do Poznania przyjeżdża się by na żywo zobaczyć najnowsze rozwiązania dla wielu sektorów przemysłu i wziąć udział w licznych konferencjach, debatach, spotkaniach z ekspertami.

Rozmach liderów, więcej przestrzeni na ITM INDUSTRY EUROPE

Hasło: Innowacje, Technologie i Maszyny czyli w skrócie ITM w pełni oddaje ducha targów ITM INDUSTRY EUROPE. – *To jest serce naszych targów, tu nigdy nie ma ciszy, zewsząd słychać szum pracujących maszyn na co dzień wykorzystywanych w fabrykach. Tutaj inwestorzy przyjeżdżają zobaczyć zrobotyzowane stanowiska pracy i technologiczne nowinki oraz sprawdzić jak mogą wykorzystać je w swoich firmach. Dzięki naszym wystawcom targi pulsują życiem. W pawilonach zbudujemy sceny dla pokazów, konkursów i gorących debat. Przygotowujemy program „szyty na miarę". Będzie dużo praktyki i prezentacji sprawdzonych rozwiązań. W Poznaniu powstanie kolejny raz największa SCENA TECH w Polsce i wiemy już, że będzie jeszcze bardziej spektakularna niż w ostatniej edycji, zajmując dwa razy więcej miejsca.* – zapowiada Anna Lemańska-Kramer, dyrektor targów ITM INDUSTRY EUROPE.

Większa będzie także powierzchnia ekspozycyjna tegorocznych targów. Wystawcy tej edycji z dużym wyprzedzeniem rezerwowali najbardziej dogodne dla siebie lokalizacje, co pozwoliło na zaplanowanie „mapy" ITM INDUSTRY EUROPE na kilka miesięcy przed wydarzeniem.

– *Jesteśmy wdzięczni, że większość firm uwzględniła obecność na targach w swojej strategii marketingowej znacznie wcześniej. To pozwala nam już planować większą liczbę pawilonów. Cieszymy się, że kolejny raz będą z nami tworzyć to wydarzenie liderzy tacy jak m.in.: ASTOR, TRUMPF, FANUC, MAZAK, DEMATEC, AMADA, KIMLA i wiele innych czołowych firm, które wyznaczają najwyższe standardy w branży przemysłowej* – dodaje Anna Lemańska-Kramer.

SUBCONTRACTING 2024 – rozwój firmy dzięki nowym partnerstwom

Towarzyszące ekspozycji ITM INDUSTRY EUROPE Targi SUBCONTRACTING 2024 to miejsce spotkań dla środowiska podwykonawców i kooperantów z branży przemysłowej z kraju i z zagranicy. Udział w wydarzeniu jest inwestycją w rozwój przedsiębiorstwa, która stwarza szansę na nawiązanie długofalowych relacji biznesowych, pozyskanie nowych klientów oraz zdobycie konkurencyjnej przewagi. Przez cztery dni w ramach ekspozycji prezentowane będą rozwiązania i oferta firm posiadających wolne moce produkcyjne, poten-

cjał technologiczno-kadrowy, oferujących usługi z zakresu szeroko pojętej obróbki metali i rozwiązań dla przemysłu. Zaplanowano również prelekcje dedykowane zakupowcom, których celem jest przekazanie eksperckiej wiedzy w zakresie usprawniania łańcuchów dostaw. Nieodłącznym elementem targów SUBCONTRACTING są dwudniowe spotkania kontraktacyjne Subcontracting Meetings. Do ich planowania służy specjalna platforma internetowa, na której można zapoznać się z dostępnymi profilami przedsiębiorców, a następnie ustalić szczegóły stacjonarnego 30-minutowego spotkania.

– *Subcontracting 2024 to trzypoziomowa platforma komunikacji zleceniodawców i podwykonawców przemysłowych. Oprócz tradycyjnej ekspozycji targowej umożliwiamy również nawiązywanie kontaktu między kontrahentami jeszcze przed targami. Kilka tygodni wcześniej nasi wystawcy opisują swoje możliwości produkcyjne, a zainteresowani kupcy umawiają się z nimi za pośrednictwem naszego systemu. Oszczędza to czas, a targi stają się bardziej efektywne. Kolejnym elementem jest program, w ramach którego zaproszeni przez nas eksperci dzielą się swoją wiedzą w zakresie zakupów, produkcji, logistyki czy gospodarki magazynowej. Przyciąga to nie tylko specjalistów, ale również kadrę kierowniczą przedsiębiorstw. W ramach Subcontracting 2023, swoją ofertę podwykonawstwa przedstawiły 62 firmy z 6 krajów (Finlandia, Hiszpania, Litwa, Niemcy, Polska, Ukraina), z kolei aż 100 uczestników z 15 państw odkrywało supermoce networkingu podczas spotkań kooperacyjnych. Nie zwalniamy tempa i w tym roku mamy chrapkę na więcej!* – podkreśla Robert Męcina, dyrektor Targów Subcontracting.

Modernlog i Smart Warehuse – nieocenione wsparcie dla magazynów

Czerwcowe wydarzenie to także miejsce spotkań ekspertów z branży logistycznej, magazynowej i transportowej. To tutaj na targach MODERNLOG można zobaczyć nowoczesne technologie, innowacyjne rozwiązania w dziedzinie logistyki oraz wziąć udział w spotkaniach branżowych i wymianie dobrych praktyk. Od kilku lat stałym punktem programu MODERNLOG jest Konferencja SMART WAREHOUSE, przyciągająca grono profesjonalistów, wśród których znajdują się przedstawiciele firm, znanych i cenionych na polskim i zagranicznym rynku. W najbliższej edycji wydarzenia swój udział potwierdzili m.in.: EUROPA SYSTEMS, Sealed Air, GAWRONSKI, WDX, LOGISYSTEM oraz Bekuplast. Tegoroczna konferencja stawia na wsparcie procesów magazynowania i najnowsze technologie przyszłości kładąc nacisk na praktycznie rozwiązania dla przedstawicieli branży logistycznej wykorzystujące potencjał nowoczesnych narzędzi. Eksperci „wezmą pod lupę" m.in. takie tematy jak: *Digitalizacja i IoT – wsparcie w procesach magazynowania*, *Inteligentne magazyny – automatyzacja i transformacja*, *Roboty i technologie przyszłości*, *Fulfilment e-commerce – rosnące potrzeby, nowe wyzwania.* Konferencję otworzy panel: *Manager w obliczu wyzwań logistyki przyszłości.*

Targi ITM INDUSTRY EUROPE, Targów Logistyki, Magazynowania i Transportu Modernlog oraz Targów Kooperacji Przemysłowej Subcontracting odbędzie się 4–7 czerwca 2024 r. na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich.

reklama

Największy wytaczak na świecie

Firma Sandvik Coromant tworzy wytaczak z asortymentu Silent ToolsTM dla fińskiego producenta

Firma Sandvik Coromant, specjalizująca się w produkcji narzędzi skrawających do obrabiarek, przeszła do historii jako innowator w dziedzinie inżynierii precyzyjnej, tworząc największy wytaczak na świecie. Ten gigant, mający 11 000 mm (11 m) długości i 600 mm średnicy, został zaprojektowany po to, by spełnić wymogi obróbkowe fińskiej firmy inżynieryjnej Häkkinen Group Jyväskylä.

Powstałe w ten sposób monstrualne narzędzie tokarskie ma służyć do produkcji precyzyjnych przedmiotów metalowych w takich sektorach, jak eksploatacja podmorskich złóż ropy naftowej i gazu ziemnego, przesył energii i energia odnawialna.

Gdy firma Häkkinen Group Jyväskylä po raz pierwszy skontaktowała się z Sandvik Coromant, przedstawiła nietypowy zestaw specyfikacji. Potrzebowała narzędzia zdolnego do obróbki specyficznego typu przedmiotu o krytycznych wymiarach. Choć typ obrabianego przedmiotu nie został określony – ze względu na zobowiązania do poufności – był on bardzo duży i mierzył 800 mm średnicy i 12 000 mm (12 m) długości, oraz miał być obrabiany z obu stron.

Potrzebnym narzędziem był wytaczak, przeznaczony do powiększania średnicy i wygładzania istniejącego otworu w przedmiocie obrabianym. Otwory wykonane za pomocą wytaczaka są bardziej precyzyjne, dokładne i wygładzone niż otwory wykonane techniką wiercenia, które mogą być gorzej wykonane.

Jednak o długości i średnicy wytaczaka decydują wymiary samego przedmiotu obrabianego. Zaleca się wybór największego dostępnego wytaczaka do danego zastosowania w celu uzyskania jak największej stabilności. Krótko mówiąc: zastosowanie to wymagało stworzenia wytaczaka o niespotykanych wcześniej rozmiarach. Duże rozmiary miały mieć zasadnicze znaczenie, umożliwiając głębokie i precyzyjne toczenie wewnętrzne, które było poza zasięgiem wytaczaków o standardowych rozmiarach.

Ograniczenie drgań

Häkkinen Group Jyväskylä zwróciła się do swojego partnera ŠMT – wcześniej znanego pod nazwą Skoda Machine Tool – z siedzibą w Czechach, jednego z czołowych światowych producentów precyzyjnych obrabiarek do wytaczania poziomego, frezarek, tokarek poziomych itd. Było jasne, że ŠMT musi skorzystać z usług firmy specjalizującej się w narzędziach do obrabiarek, która będzie w stanie stworzyć wytaczak niezwykłej wielkości potrzebny, by spełnić wymogi tego wyjątkowego projektu.

W tym celu firma ŠMT zwróciła się do filii Sandvik Coromant CZ, również zlokalizowanej w Czechach, z prośbą o pomoc w stworzeniu ogromnego wytaczaka.

„Sandvik Coromant to renomowany producent wytaczaków, zwłaszcza wytaczaków z funkcją redukcji drgań" – wyjaśnie Vaclav Faber, inżynier ds. projektu w Sandvik Coromant CZ. „Ograniczenie drgań wytaczaka ma zasadnicze znaczenie, ponieważ zapewnia precyzję i jakość wykończenia powierzchni podczas obróbki".

Nadmierne drgania są przyczyną niedokładności, zużycia narzędzia i uszczerbku dla jakości przedmiotu obrabianego –

problemów istotnych ze względu na ogromną skalę obróbki planowanej przez Häkkinen Group Jyväskylä. Z kolei dzięki ograniczeniu drgań wytaczak pozostaje stabilny i pracuje w kontrolowanych warunkach, co skutkuje wzrostem produktywności, dłuższym okresem pracy narzędzia i małą chropowatością powierzchni.

Firma ŠMT miała też inne surowe wymogi względem wytaczaka: jej klient, Häkkinen Group Jyväskylä, potrzebował narzędzia, które będzie można płynnie zintegrować z istniejącym wyposażeniem, przesuwając jednocześnie granice możliwości obróbki tokarskiej. Zasadnicze znaczenie miała również kompatybilność nowego wytaczaka z ogromną tokarką ŠMT.

Zadanie to zostało powierzone filii Sandvik Teeness w norweskim mieście Trondheim. Zespół ten został wybrany ze względu na swoją reputację lidera rynku w dziedzinie projektowania i produkcji wytaczaków, sięgającą lat 60-tych XX wieku.

Wyzwania

Wytaczak jest wykonany ze stali i zawiera komponent zwany „tłumikiem", wykonany z ciężkiego metalu. Tłumik to urządzenie do redukcji lub pochłaniania drgań, rzadko używane w maszynach lub konstrukcjach i mocowane za pomocą specjalnych pierścieni gumowych.

Inną istotną cechą wytaczaka jest oprawka narzędziowa Coromant Capto®,umieszczana z przodu wytaczaka, przeznaczona do mocowania płytek skrawających potrzebnych do obróbki przedmiotu. Oprawka Coromant Capto® ma na celu skrócenie procesu ustawiania i czasu wymiany narzędzi, co ma znacznie zwiększyć stopień wykorzystania obrabiarki oraz sprzyjać stabilnej i niezawodnej obróbce.

„Oprawka narzędziowa okazała się szczególnie przydatna w obrabiarkach wielozadaniowych" – wyjaśnia Faber. „Daje możliwość złożenia narzędzi o różnych długościach i parametrach konstrukcyjnych, niezależnie od złącza mocującego samej obrabiarki. Coromant Capto spełnia również wymóg Häkkinen Group Jyväskylä polegający na tym, by nowy wytaczak nadawał się do stosowania w bardzo różnych konfiguracjach przemysłowych".

Kompleksowe testy

Specjaliści z Sandvik Teeness przeprowadzili kluczowe pomiary częstotliwości w lokalizacji, aby ocenić skuteczność zintegrowanego w wytaczaku adaptera tłumiącego drgania. Wytaczak został umieszczony w dużej tokarce CNC i wielokrotnie przetestowany w ramach trzech zastosowań – obróbki zgrubnej, obróbki wykończeniowej i profilowania, za każdym razem z odmiennymi parametrami skrawania.

Narzędzie pracowało z maksymalnym dopuszczalnym wysięgiem równym 10-krotności średnicy (10 × D), zalecanym w celu ograniczenia drgań oraz uzyskania jak największej stabilności i precyzji. Należące do stworzonej przez firmę Sandvik Coromant oferty Silent Tools™ wytaczaki, pracujące z minimalnymi drganiami, są zasadniczo używane na długich wysięgach i ważną rolę odgrywa ich sztywne mocowanie. Wytaczaki cylindryczne należy zawsze mocować w oprawce dzielonej o minimalnej długości mocowania równej 4-krotności średnicy wytaczaka.

Parametry skrawania oparte były na początkowych zaleceniach wygenerowanych przez aplikację CoroPlus® Tool Guide, które następnie optymalizowano podczas testów. Podczas obróbki zgrubnej wytaczak pracował za każdym razem z prędkością skrawania (v_c) wynoszącą 100 m/min i posuwem na obrót (f_n) wynoszącym 0.4 mm/obr. Obciążenie wytaczaka zależy głównie od głębokości skrawania (*ap*), posuwu i materiału, z którego wykonany jest przedmiot obrabiany. Zasadnicze znaczenie mają odpowiednio wysokie parametry *ap* i f_n, umożliwiające uniknięcie drgań podczas skrawania. Zbyt wysokie wartości *ap* i f_n mogą powodować drgania wskutek ugięcia narzędzia.

Dlatego parametr *ap* został skorygowany do celów testowych. Wytaczak zdradzał symptomy drgań przy wartości parametru *ap* równej 5.6 mm i ograniczoną wydajność przy wartości 4.5 mm, ale ostatecznie zalecaną głębokość skrawania ustalono na poziomie 3.5 mm.

Podczas obróbki wykończeniowej i profilowania wytaczak pracował za każdym razem z prędkością v_c wynoszącą 110 m/min i ap wynoszącym 0.5 mm. Parametr f_n został skorygowany, a optymalnym i zalecanym ustawieniem okazała się wartość 0.25, przy której średnia chropowatość powierzchni (*Ra*) wyniosła 3.4 um.

„Na podstawie wyników testów specjaliści z Sandvik Coromant mogli rekomendować ŠMT parametry skrawania i płytki" – wyjaśnia Faber. Jaroslav Šuga, menedżer do spraw klienta globalnego w Sandvik Slovakia, dodaje: „Spotykaliśmy się regularnie z zespołem produkcyjnym Sandvik Teeness w sprawie czasu dostawy wytaczaka oraz szczegółów postępowania z narzędziem, jego transportu i logistyki. Sukces był możliwy dzięki współpracy z projektantami ŠMT, technologami, zespołem produkcyjnym w Norwegii oraz wszystkimi osobami zaangażowanymi w proces sprzedaży.

Dalsze inwestycje

Firma Sandvik Coromant stworzyła wytaczak, który nie tylko robi wrażenie swoimi wymiarami, lecz także jest bezcennym zasobem dla firmy Häkkinen Group Jyväskylä, służąc obecnie w jej zakładzie produkcyjnym do precyzyjnej obróbki przedmiotów przeznaczonych dla różnych branż. Myśląc o przyszłości i będąc pod wrażeniem największego wytaczaka na świecie, firma ŠMT planuje zainwestować w kolejne – choć nieco mniejsze – wytaczaki od Sandvik Coromant przeznaczone do obróbki mniejszych przedmiotów. „Największy wytaczak na świecie pozostaje świadectwem niezmiennego zaangażowania firmy Sandvik Coromant na rzecz innowacji, precyzji i zastosowań obróbkowych" – mówi Faber.

Aby dowiedzieć się więcej o stworzonych przez firmę Sandvik Coromant wytaczakach z oferty Silent Tools™, odwiedź witrynę internetową firmy.

Ecoclean – pionierska technologia mycia dla wszystkich sektorów przemysłu

Rozwiązania przeznaczone do mycia komponentów, które zapewniają jakość, wydajność i zrównoważony rozwój przy każdym zadaniu

System mycia natryskowego EcoCcube ułatwia rozpoczęcie skutecznego mycia komponentów z optymalnymi wynikami. Dzięki kompaktowym wymiarom można go łatwo zintegrować z produkcją

Żadna firma produkcyjna nie może dziś obejść się bez istotnego dla jakości etapu produkcyjnego, jakim jest mycie komponentów. We wszystkich gałęziach przemysłu muszą być spełnione nie tylko coraz bardziej rygorystyczne wymagania w zakresie czystości komponentów, ale także w zakresie opłacalności i trwałości procesu mycia. Na targach STOM w Kielcach firma Ecoclean (stoisko A-42) wraz ze swoim polskim przedstawicielem RoTec Polska zaprezentuje asortyment produktów optymalnie dostosowany do tych wymagań. Dotyczy to na przykład wodnej maszyny myjącej EcoCcube, która będzie zaprezentowana na żywo.

Niezależnie od tego, czy chodzi o komponenty dla przemysłu motoryzacyjnego i jego dostawców, inżynierię mechaniczną, technologię energetyczną i środowiskową, hydraulikę i pneumatykę, technologię napędów i połączeń, czy też inne sektory przemysłowe, części muszą być myte, aby zapewnić jakość kolejnych procesów, a także długotrwałe, bezproblemowe funkcjonowanie. I to niezależnie od technologii produkcji i materiału, z którego wykonane są części. Z jednej strony, coraz bardziej rygorystyczne wymagania dotyczące czystości cząstek i warstw muszą być spełnione w sposób stabilny. Z drugiej, procesy mycia muszą oszczędzać energię i zasoby oraz być opłacalne. Jako dostawca kompleksowych usług w zakresie przyszłościowych, elastycznych i energooszczędnych rozwiązań do mycia komponentów przemysłowych, firma Ecoclean oferuje całe spektrum procesów mycia z użyciem mediów na bazie wody, rozpuszczalników i modyfikowanych alkoholi. Oznacza to, że procesy i systemy mycia, w tym najbardziej odpowiednie technologie procesowe i suszenia zarówno do mycia dużych partii części, jak i pojedynczych, można bardzo skutecznie dostosować do wymagań specyficznych dla produktu i firmy. Uzupełnieniem tej kompleksowej oferty są innowacyjne technologie obróbki powierzchni na bazie wody, na przykład mycia i gratowania w jednym procesie. Producent posiada własne, wewnętrzne centra testowe umożliwiające optymalne zaprojektowanie procesu i określenie parametrów mycia.

Podczas tegorocznych targów STOM, które odbędą się w Kielcach w dniach 19–22 marca, producent we współpracy z wyłącznym polskim przedstawicielem, firmą RoTec Polska, przekaże informacje dotyczące szerokiego asortymentu, z którego na żywo zostanie zaprezentowana myjka EcoCcube. Maszyna przeznaczona jest do skutecznego wodnego mycia detali o różnej geometrii w procesach dwuetapowych (mycie i płukanie). Maszyna pracuje z dużą wydajnością przepływu zarówno podczas mycia, jak i płukania. Efekt myjący zastosowanego medium wspomagany jest rotacją detali w komorze roboczej. Części suszy się gorącym powietrzem, bez ulatniania się pary. Zapewnia to optymalne rezultaty mycia przy dużej przepustowości. Jednocześnie dzięki swoim kompaktowym wymiarom myjka spełnia wymagania wydajnej technologii mycia przy niewielkich wymaganiach przestrzennych.

Kolejnym tematem, który będzie poruszany na stoisku Ecoclean/RoTec, są przyszłościowe rozwiązania serwisowe. Obejmuje to innowacyjną aplikację serwisową dla systemów IOS i Android, konserwację predykcyjną, indywidualne koncepcje usług, analizy procesów i modernizację maszyn. Ponadto doświadczeni pracownicy udzielą informacji na temat sposobów zwiększenia efektywności energetycznej i wykorzystania zasobów, a także na temat cyfryzacji mycia komponentów. Zaprezentowany zostanie także program szkoleń Akademii Ecoclean.

Obróbka laserowa powłok elektroiskrowych

NORBERT RADEK *

W pracy zajęto się określeniem wpływu obróbki laserowej na własności powłok nanoszonych elektroiskrowo. Ocenę własności powłok po naświetlaniu laserowym przeprowadzono na podstawie pomiarów mikrotwardości i naprężeń własnych oraz badań odporności na zacieranie. Badania przeprowadzono wykorzystując Mo i Ti jako materiały powłokowe (anody) nakładane elektroiskrowo na próbki ze stali C45 (katody), a następnie modyfikowane wiązką laserową. Do nanoszenia powłok elektroiskrowych użyto urządzenia produkcji bułgarskiej, model ELFA-541. Obróbkę laserową nałożonych powłok elektroiskrowych wykonano laserem Nd:YAG, model BSL 720.

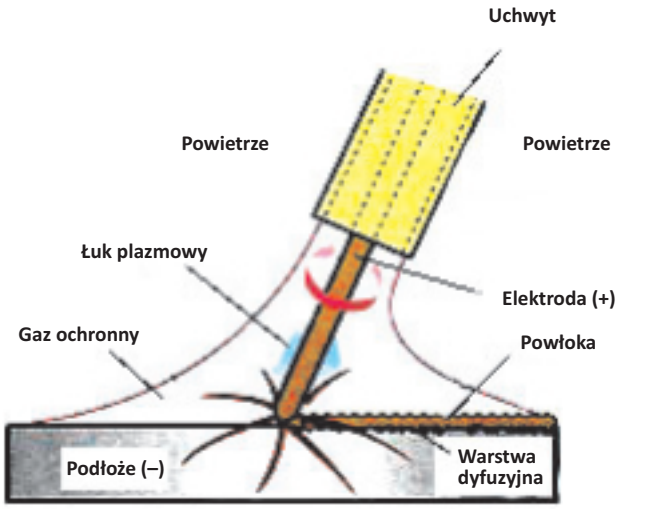
Wstęp

Obróbka elektroiskrowa wcześniej najszerzej stosowana była jako obróbka ubytkowa głównie do znakowania wyrobów metalowych oraz rzadziej do modyfikacji warstw wierzchnich. Uznane zalety tej metody kształtowania warstw powierzchniowych sprawiają, że obróbka ta zajmuje obecnie utrwaloną pozycję wśród obróbek powierzchniowych [1, 3, 7]. Najbardziej popularne są obecnie odmiany tej metody funkcjonujące pod nazwami ESD (*Electrospark Deposition*), ESA (*Electrospark Alloying*), PES (*Pulse Electrode Surfacing*) oraz EDM (*Electrodischarge Machining*). Wymienione technologie łączy wspólna podstawa działania opierająca się na wykorzystaniu zjawiska wyładowania elektrycznego wraz z towarzyszącymi mu procesami transportu masy i dyssypacji energii [4÷6].

Celem stosowania tych technologii jest ochrona przed korozją i agresywnością chemiczną otoczenia, zwiększanie odporności na zużywanie ekstremalnie obciążonych fragmentów części maszyn, przywracanie wymiarów przy regeneracji [8], a także nadawanie pewnych szczególnych cech powierzchniowych takich jak uaktywnienie fizykochemiczne powierzchni (wytworzenie założonego stanu naprężeń powierzchniowych, zintensyfikowanie wymiany ciepła) a także uaktywnienie biologiczne powierzchni stosowane, np. do implantów stomatologicznych. Dzięki możliwości subtelnego lokalnego oddziaływania jest to technologia z perspektywami wykorzystania w mikroobróbce materiałów. W samych Stanach Zjednoczonych badania nad tą technologią prowadzone są przez instytuty pracujące dla NASA, AIR FORCE, US NAVY.

Nanoszenie powłok elektroiskrowych zachodzi przy wyładowaniu krótkich impulsów prądu elektrycznego, podczas których następuje modyfikacja powierzchni poprzez przenoszenie materiału elektrody (anody) na materiał elementu pokrywanego (katody). Proces ten jest podobny do napawania elektrycznego przy bardzo małym impulsie cieplnym. Stąd też bywa nazywany mikrostopowaniem czy też mikronapawaniem. Przenoszony materiał anody stopuje katodę, jednocześnie oddziaływując chemicznie z otoczeniem, a w szczególności z atomami azotu zawartymi w powietrzu, a także z węglem i innymi składnikami modyfikowanego materiału, tworzy na nim dyfuzyjną, odporną na zużywanie warstwę. Warstwa ta posiada specyficzną budowę, która jest rezultatem procesu. Mamy w nim do czynienia z impulsowym źródłem ciepła działającym na mikroobjętość znacznej części materiału pozostającego w temperaturze otoczenia, różnica mas obszaru ogrzewanego i odbierającego ciepło powoduje, że procesy zestalania roztopionego metalu zachodzą bardzo szybko czego rezultatem są drobnoziarniste nierównowagowe struktury o dużej gęstości. Struktury takie charakteryzują się dużą twardością i odpornością na zużywanie, zarówno tribologiczne jak i nietribologiczne. Warunkiem podstawowym, limitującym gamę materiałów powlekających, jest konieczna zdolność do przewodzenia

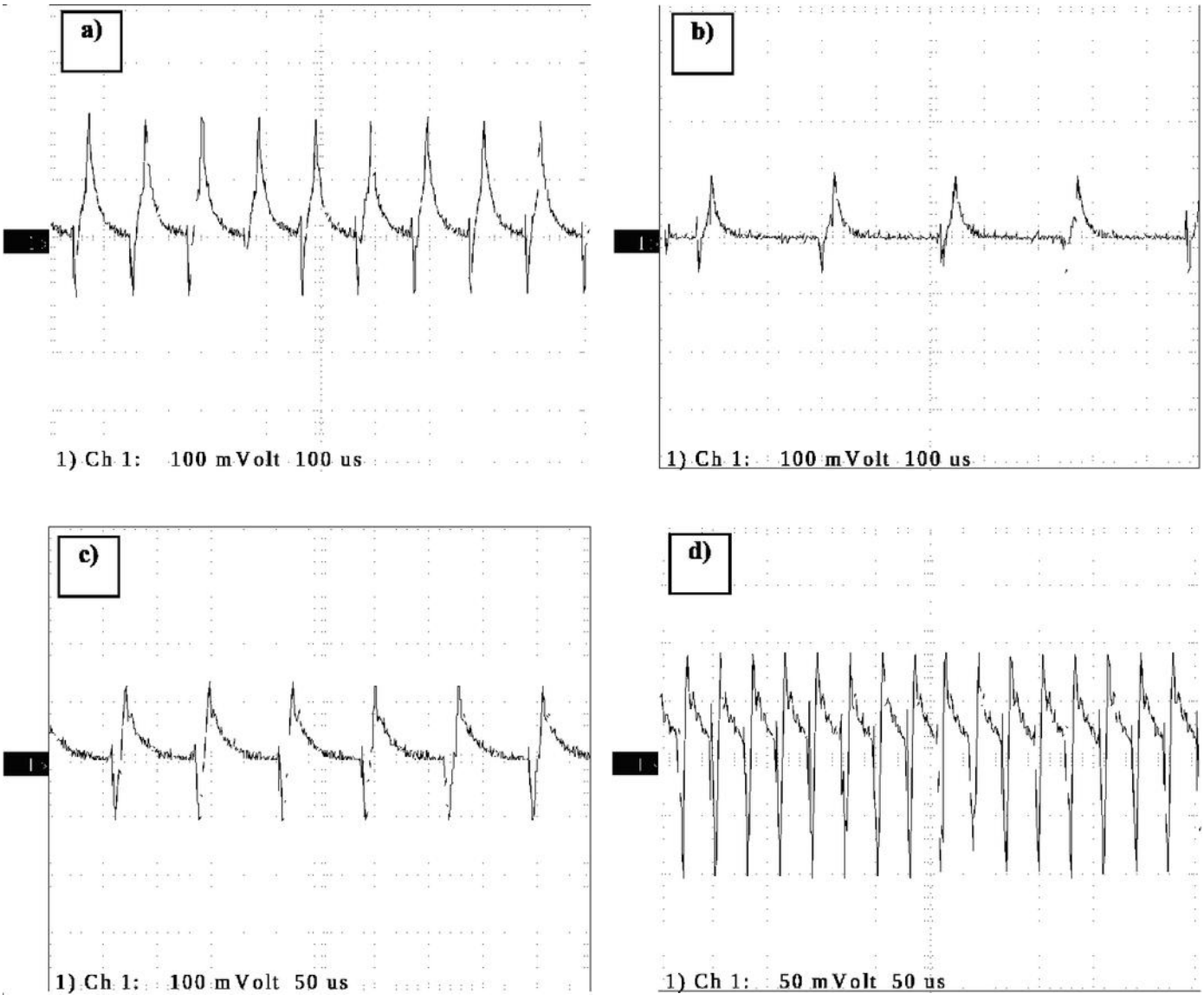
* Dr hab. inż. Norbert Radek, prof. PŚk, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Eksploatacji, Technologii Laserowych i Nanotechnologii, al. 1000-lecia PP 7, 25-314 Kielce.



Rys. 1. Schemat nanoszenia powłoki obróbką elektroiskrową

prądu elektrycznego przez materiał katody i anody zarówno w stanie stałym jak i po roztopieniu. Z energetycznego punktu widzenia energia pojedynczego impulsu jest wyrażona iloczynem natężenia i napięcia prądu oraz czasu impulsu. Osiągane gęstości mocy w tym procesie sięgają rzędu 0,1 MW/cm^2. Samo wyładowanie ma charakter chaotyczny, a dostarczanie energii odbywa się impulsowo. Przekazywanie ciepła do katody następuje pośrednio poprzez padające roztopione krople materiału anody, jak również drogą promieniowania od łuku wyładowania elektrycznego. Schemat nanoszenia powłoki obróbką elektroiskrową przedstawiono na rysunku 1.

Szczególnie interesująco przedstawia się możliwość wykorzystania obróbki laserowej do polepszenia właściwości powłok otrzymanych elektroiskrowo. Wiązka laserowa może zostać wykorzystana do wygładzania, kształtowania geometrii powierzchni, uszczelniania, ujednorodnienia składu chemicznego itd. naniesionych powłok.



Rys. 2. Przykładowe charakterystyki prądowe urządzenia ELFA-541 (podziałka 10 mV-1A): a) I=16A, T_i=20 µs, C=0,47 µF, f=10 kHz; b) I=8 A, T_i=20 µs, C=0,47 µF, f=5 kHz; c) I=16 A, T_i=8 µs, C=0,47 µF, f=12,5 kHz; d) I=16A, T_i=3 µs, C=0,47 µF, f=33,38 kHz

Przewiduje się, że zaletami obróbki laserowej powłok elektroiskrowych będzie:

– poprawa gładkości powierzchni powłoki,

– zmniejszenie porowatości powłoki,

– poprawa przyczepności powłoki do materiału podłoża,

– zwiększenie odporności na zużywanie oraz zatarcie,

– powstanie na powierzchni naprężeń ściskających, co spowoduje podwyższenie wytrzymałości zmęczeniowej.

Celem pracy było określenie wpływu obróbki laserowej na własności powłok Ti i Mo otrzymanych elektroiskrowo. Ocenę własności powłok po obróbce laserowej przeprowadzono na podstawie pomiarów mikrotwardości i naprężeń własnych oraz badań odporności na zacieranie.

Materiały i aparatura stosowana w badaniach

Przedmiotem badań były powłoki niejednorodne Ti i Mo nakładane elektrodą o średnicy Ø = 1 mm metodą elektroiskrową na próbki ze stali C45, a następnie modyfikowane wiązką laserową.

Do nanoszenia powłok elektroiskrowych użyto urządzenia produkcji bułgarskiej, model ELFA-541. Możliwości kształtowania impulsów wyładowań iskrowych na tym urządzeniu przedstawiono na rysunku 2.

Na podstawie analizy charakterystyk prądowych oraz zaleceniach producenta urządzenia, przyjęto następujące parametry nanoszenia powłok elektroiskrowych:

– natężenie prądu $I = 16$ A,

– prędkość przesuwu stołu $v = 0{,}7$ mm/s,

– prędkość głowicy wraz z elektrodą $n = 4200$ obr/min,

– liczba przejść powlekających $L = 2$,

– pojemność zespołu kondensatorów $C = 0{,}47\ \mu$F,

– czas impulsu $T_i = 8$ ms,

– czas przerwy między impulsami $T_p = 32\ \mu$s,

– częstotliwość $f = 25$ kHz.

Obróbkę laserową przeprowadzono laserem Nd:YAG (impulsowy tryb pracy), model BSL 720. W ramach badań wstępnych przyjęto następujące parametry obróbki:

– średnica plamki laserowej $d = 0{,}7$ mm;

– moc lasera $P = 20$ W;

– prędkość przemieszczania wiązki $v = 250$ mm/min;

– odległość od ogniska ?$h = 1$ mm;

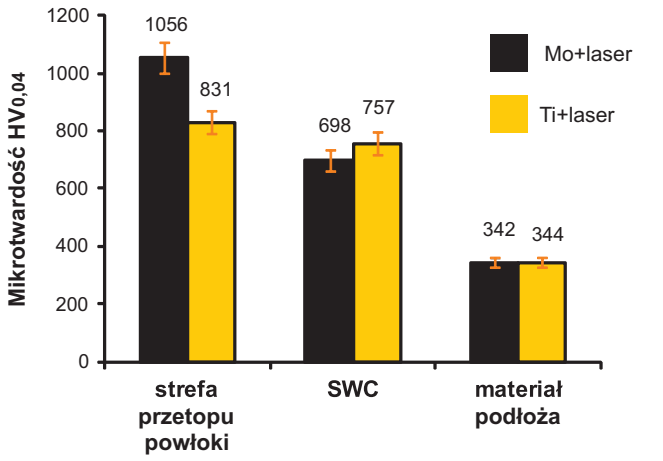
– czas trwania impulsu $t_i = 0{,}4$ ms;

– częstotliwość powtarzania $f = 50$ Hz;

– przesuw wiązki $S = 0{,}4$ mm.

Pomiary mikrotwardości i naprężeń własnych

Pomiary mikrotwardości przeprowadzono metodą Vickersa, przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemanna, stosując obciążenie 40 G. Odciski penetratorem wykonano w trzech strefach: strefie przetopu powłoki, strefie wpływu ciepła (SWC) oraz materiale rodzimym. Wyniki pomiarów mikrotwardości przedstawiono na wykresie (rys. 3).



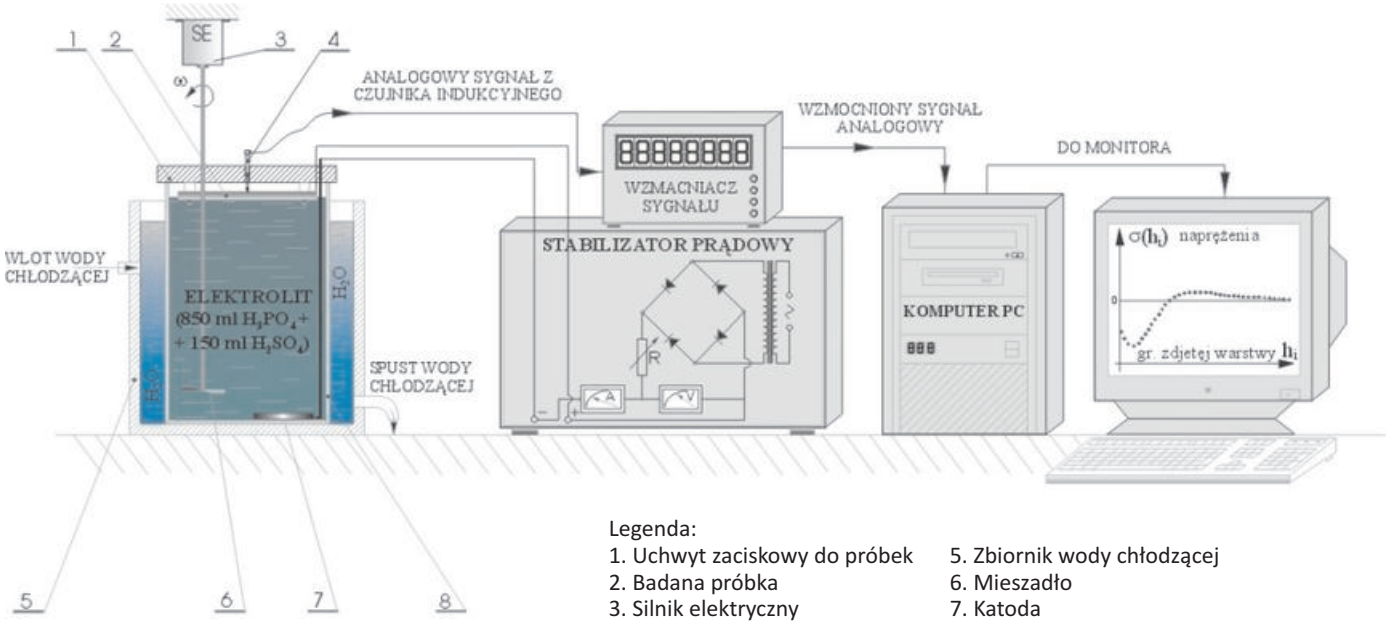
Rys. 3. Wyniki pomiarów mikrotwardości

Grubość przetopu powłok Mo i Ti wynosiła 15÷20 μm, natomiast zasięg strefy wpływu ciepła w głąb materiału podłoża wyniósł od 30 do 40 μm. Powłoki Mo i Ti nałożone elektroiskrowo posiadały grubość 8÷10 μm, a SWC miała zasięg do około 30 μm.

Modyfikacja powłok obróbką laserową spowodowała wzrost mikrotwardości w strefie przetopu i SWC w stosunku do powłok bez tej obróbki. Umocnienie obszaru w miejscach oddziaływania wiązki laserowej oraz w strefie wpływu ciepła było wynikiem przemian fazowych, które zachodzą w materiale nagrzanym podczas szybkiego nagrzewania, a następnie szybkiego chłodzenia.

Mikrotwardość materiału podłoża (stal C45) zarówno przed jak i po obróbce laserowej wynosiła średnio około 343 $HV_{0,04}$, natomiast powłoki Ti około 636 $HV_{0,04}$ oraz powłoki Mo około 784 $HV_{0,04}$. W wyniku obróbki laserowej powłoki Mo uzyskano wzrost mikrotwardości do około 1056 $HV_{0,04}$ (nastąpił wzrost mikrotwardości średnio o 35 % w stosunku do mikrotwardości powłoki Mo bez obróbki laserowej) oraz powłoki Ti do około 831 $HV_{0,04}$ (nastąpił wzrost mikrotwardości średnio o 30% w stosunku do mikrotwardości powłoki Ti bez obróbki laserowej). Zastosowanie obróbki laserowej wpłynęło więc korzystnie na zmiany mikrotwardości powłok elektroiskrowych.

W dalszym etapie badań dokonano pomiarów naprężeń własnych powłok Mo i Ti po obróbce laserowej. Pomiary naprężeń własnych w/w powłok wykonano metodą Waismana-Phillipsa, która polega na usuwaniu kolejnych warstw materiału podczas trawienia elektrochemicznego. Jako elektrolit stosowano kompozycję stężonych kwasów (w odniesieniu do jednego dcm^3), która składała się z 850 cm^3 H_3PO_4 i 150 cm^3 H_2SO_4, a gęstość prądu na trawionej próbce



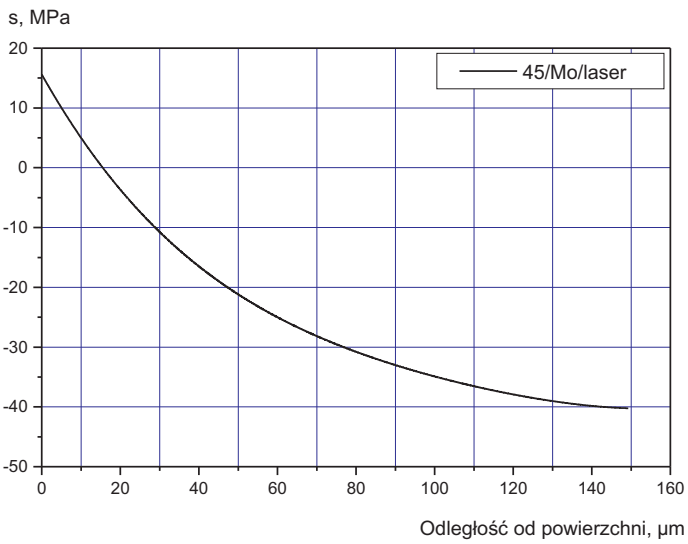
Legenda:
1. Uchwyt zaciskowy do próbek
2. Badana próbka
3. Silnik elektryczny
4. Czujnik indukcyjny małych przemieszczeń
5. Zbiornik wody chłodzącej
6. Mieszadło
7. Katoda
8. Zbiornik elektrolitu

Rys. 4. Schemat stanowiska do pomiaru naprężeń własnych metodą Waismana-Phillipsa

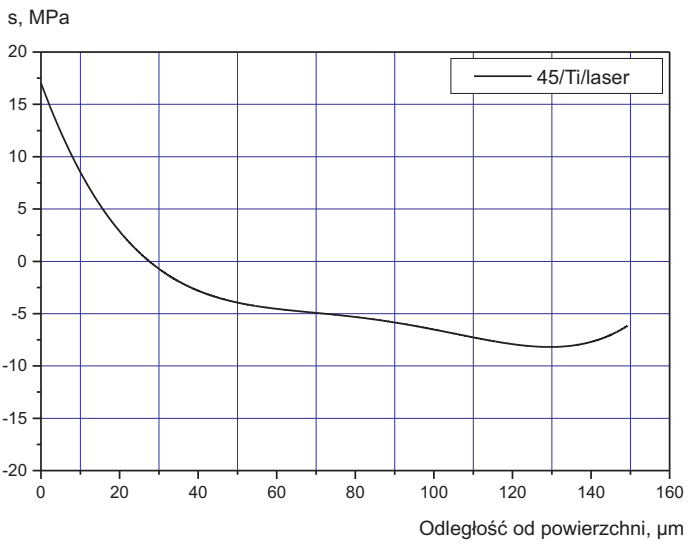
wynosiła około 1 A/cm^2. Schemat stanowiska do pomiaru naprężeń własnych przedstawiono na rysunku 4.

Obróbka laserowa powłok Mo i Ti spowodowała początkowo powstanie w warstwie wierzchniej (WW) naprężeń rozciągających, które łagodnie zmniejszają się w miarę zwiększania odległości od powierzchni i przechodzą w pewnym momencie w naprężenia ściskające. Początkowy stan naprężeń rozciągających w WW jest niekorzystny, ponieważ powoduje zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej materiału [2, 9]. Wystąpienie naprężeń rozciągających mogło być spowodowane przetopieniem powierzchni w/w powłok, natomiast naprężenia ściskające powstały na skutek zajścia przemiany martenzytycznej i mają związek z zastosowanym materiałem podłoża. Wyniki zmierzonych naprężeń własnych przedstawiono na przykładowych wykresach (rys. 5 i rys. 6).

Na otrzymanych przebiegach (rys. 5 i rys. 6) można zauważyć zmniejszenie wartości mierzonych naprężeń w głąb materiału. Na wykresie dotyczącym powłoki Mo po obróbce laserowej w odległości około 18 μm od powierzchni pojawiają się naprężenia ściskające, które osiągają maksymalną wartość – 40 MPa – na głębokości 150 μm. Inny przebieg mają naprężenia własne dotyczące powłoki Ti przetopionej laserowo, ponieważ dopiero na głębokości około 28 μm występują naprężenia ściskające i osiągają maksymalna wartość – 8 MPa w odległości od powierzchni około 130 μm.



Rys. 5. Rozkład naprężeń własnych w warstwie wierzchniej powłoki Mo po obróbce laserowej



Rys. 6. Rozkład naprężeń własnych w warstwie wierzchniej powłoki Ti po obróbce laserowej

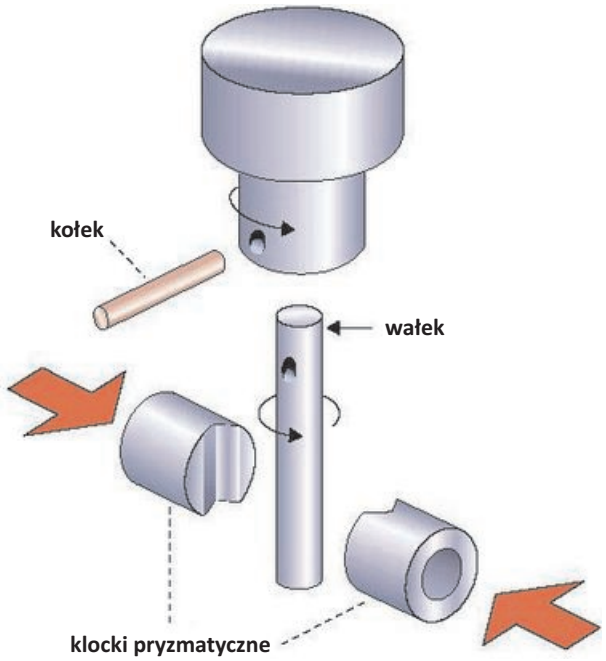
Maksymalne naprężenia rozciągające w WW przetopionych laserowo powłok Mo i Ti są porównywalne i wynoszą +16 MPa (powłoka Mo) oraz +14 MPa (powłoka Ti).

Badania odporności na zacieranie

Badania tribologiczne przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 377:2017-09/Ap1:2019-10. Zacieranie powierzchni trących w tego typu badaniach jest definiowane jako określenie maksymalnej siły nacisku działającej na obracającą się przeciwpróbkę w kształcie walca, ściskaną przez dwie próbki pryzmatyczne (rys. 7), aż do chwili zniszczenia jednego z elementów (ścięcia kołka mocującego przeciwpróbkę lub zerwania przeciwpróbki). Do badań użyto tester T-09 typu wałek-pryzmy. Jako próbki stosowano pryzmy z naniesionymi powłokami Mo i Ti (nieobrobionymi i obrobionymi laserem), natomiast przeciwpróbką był wałek o średnicy Ø = 6,3 mm wykonany z hartowanej stali węglowej. Podczas testu stosowano smarowanie zanurzeniowe w oleju parafinowym.

Na przykładowych wykresach (rys. 8 i rys. 9) przedstawiono zarejestrowaną podczas testów zależność wartości siły obciążającej oraz siły tarcia w funkcji czasu. Przebiegi te są typowe dla próby zacierania na testerze T-09. Wzrostowi siły obciążającej towarzyszy odpowiedni wzrost siły tarcia.

Zwiększanie wartości siły obciążającej parę ślizgową prowadzi w rezultacie do takiego wzrostu siły tarcia, która powoduje zerwanie kołka miedzianego i przerwanie próby.

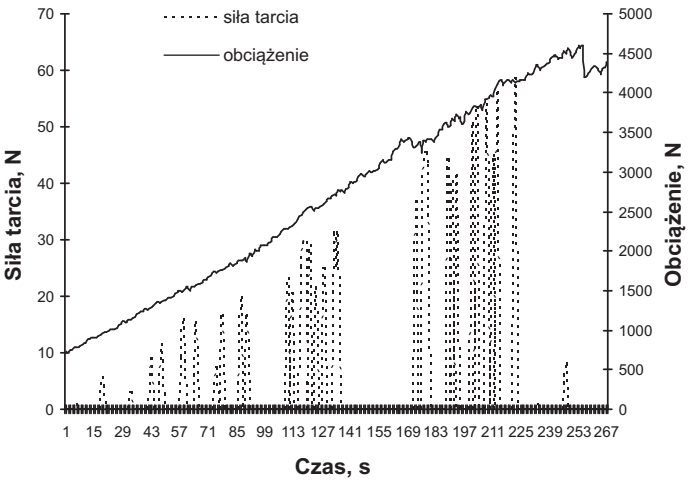


Rys. 7. Zasada działania testera T-09

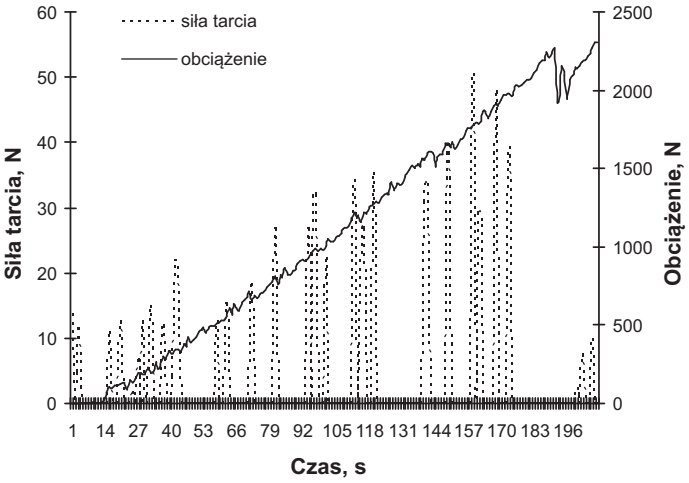
Z zarejestrowanych wykresów można odczytać maksymalną wartość siły obciążającej, przy której następuje zatarcie oraz czas od początku próby.

Na rys. 10 przedstawiono zbiorczą informację o średnich wartościach obciążenia zatarcia dla próbek przed i po

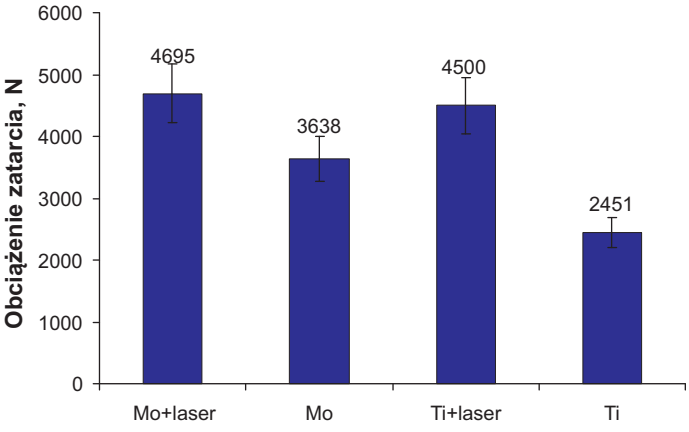
reklama



Rys. 9. Zależność siły tarcia i obciążenia w funkcji czasu powłoki Ti po obróbce laserowej



Rys. 8. Zależność siły tarcia i obciążenia w funkcji czasu powłoki Ti przed obróbka laserową



Rys. 10. Średnie wartości obciążenia zatarcia powłok Mo i Ti przed i po obróbce laserowej

naświetlaniu laserowym. Wynika z nich, że zastosowanie obróbki laserowej dla nałożonych elektroiskrowo powłok spowodowało zwiększenie siły obciążającej, powodującej zatarcie.

Wnioski

W wyniku analizy rezultatów przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

– zastosowanie obróbki laserowej spowodowało zwiększenie mikrotwardości powłok elektroiskrowych. Dla powłoki Ti obrobionej laserem stwierdzono wzrost o 30%, natomiast dla próbek z powłoką Mo stwierdzono zwiększenie mikrotwardości o 35%, w porównaniu do próbek nie naświetlanych laserowo;

– naprężenia własne w warstwie wierzchniej próbek po obróbce laserowej początkowo są rozciągające, a w miarę zwiększania odległości od powierzchni przechodzą w ściskające. Należy poszukać optymalnych parametrów obróbki laserowej zapewniających powstanie naprężeń ściskających na całej głębokości WW, co spowoduje zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej;

– obróbka laserowa spowodowała wzrost siły obciążającej powodującej zatarcie badanych materiałów. Dla powłoki Mo obrobionej laserem stwierdzono wzrost o 29%, natomiast powłok Ti – o 83%, w stosunku do próbek z powłokami bez obróbki laserowej;

– w dalszym etapie celowym byłoby wykonanie badań składu fazowego oraz porowatości powłok elektroiskrowych przed i po obróbce laserowej.

Literatura

1. Antoszewski B., Radek N.: Elektroiskrowo nanoszone powłoki tytanowe i molibdenowe. Przegląd Spawalnictwa 8-10/2002.

2. Bogdanowicz Z.: Trwałość zmęczeniowa, przebieg pękania i zużycie laserowo hartowanych elementów maszyn. Wojskowa Akademia Techniczna – Rozprawy – nr 2572, Warszawa 1999.

3. Burakowski T., Wierzchoń T.: Inżynieria powierzchni metali. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.

4. Galinov I.V., Luban R.B.: Mass transfer trends during electrospark alloying. Surface and Coatings Technology 79(1996), pp. 9-18.

5. Ozimina D., Scholl H., Styp-Rekowski M.: Model formowania przeciwzużyciowych warstw wierzchnich za pomocą obróbki elektroiskrowej. VII Konferencja Naukowo-Techniczna EM'03, Bydgoszcz-Rydzyna, 2003.

6. Petrow J. (red.): Elektroiskrowe legirowanie metalliczeskich powerchnostoj. Kiszinew, 1985.

7. Radek N., Ozimina D., Antoszewski B.: Ocena własności eksploatacyjnych powłok elektroiskrowych. Przegląd Spawalnictwa, nr 11/2003.

8. Tarelnik W.: Technologia elektroiskrowego napawania. Technika, Kijów, 1997.

9. Waligóra W.: Odporność na zmęczenie powierzchniowe stali łożyskowej poddanej obróbce laserowej. Politechnika Poznańska – Rozprawy – nr 302, Poznań 1994.

ITM
INDUSTRY EUROPE
4-7.06.2024

ZAPRASZA
mtp GRUPA

Międzynarodowe
Targi Poznańskie

TARGI PRZEMYSŁU ERY CYFROWEJ

www.ITM-Europe.pl

W tym samym czasie:

MODERNLOG

SUBCONTRACTING

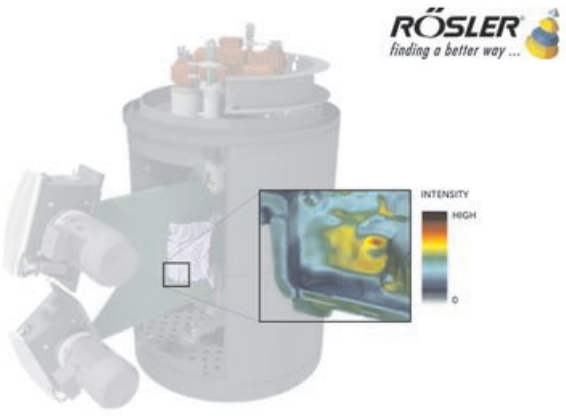
NAUKA DLA GOSPODARKI

Niższe koszty i większa ekologiczność obróbki strumieniowo-ściernej

Symulacja maszyn i procesów do obróbki strumieniowo-ściernej

W wielu branżach obróbka strumieniowo ścierna jest nieodzowną technologią obróbki powierzchni. Oprócz celu, jakim jest osiągnięcie najlepszych możliwych wyników, klienci zawsze wymagają krótkich czasów cyklu, najniższych możliwych kosztów i minimalnego wkładu materiałowego. Rösler spełnia te wymagania, między innymi dzięki wykorzystaniu ultranowoczesnego oprogramowania do symulacji. Ponadto wirtualne modele znacznie skracają czas projektowania – zwłaszcza w przypadku dużych, złożonych maszyn – i zapewniają dostępność urządzeń w krótszych terminach realizacji.

Obróbka strumieniowo ścierna jest doskonałym narzędziem do czyszczenia powierzchni, usuwania zadziorów, przygotowania powierzchni do malowania lub powlekania i śrutowania. Technologia obróbki strumieniowo-ściernej jest wykorzystywana do tworzenia optymalnych wykończeń powierzchni, czy to w celu zapewnienia bezproblemowych operacji produkcyjnych na wyjściu, czy też w celu optymalizacji cech funkcjonalnych produktu. Dzięki obróbce strumieniowo ściernej i innym procesom przemysłowym klienci stają przed wyzwaniem poprawy produktywności i efektywności kosztowej, a także minimalizacji zużycia cennych zasobów. Rösler wspiera swoich klientów najnowocześniejszym oprogramowaniem do symulacji na etapie planowania nowej obróbki strumieniowo ściernej, szczególnie w odniesieniu do opracowywania i optymalizacji procesów.

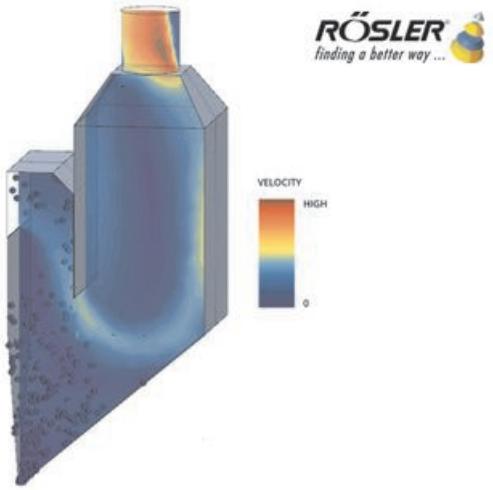


Całkowicie ilościowa symulacja procesów obróbki strumieniowo ściernej. ***Zdjęcia: Rösler Oberflächentechnik GmbH***

Osiąganie optymalnych wyników przy wysokiej efektywności kosztowej Dzięki oprogramowaniu do symulacji Rösler każdy fizyczny etap procesu obróbki strumieniowo ściernej, w tym odpowiednie obrabiane detale, można wyświetlić jako model 3D. Obejmuje to typ ścierniwa, ilość wyrzucanego ścierniwa i przepływ ścierniwa. Dane wygenerowane przez tak zwaną symulację cząstek pozwalają na precyzyjną ocenę, jaka ilość ścierniwa jest wymagana i z jaką energią uderzenia musi trafić w różne obszary powierzchni obrabianego przedmiotu, aby osiągnąć 100% pokrycie. Jednocześnie dane te pomagają określić wymaganą moc turbin, idealną pozycję turbin i zaprojektować odpowiednie urządzenia badawcze. Symulacje ułatwiają rozwój urządzeń do obróbki strumieniowo-ściernej i procesów w celu osiągnięcia optymalnych wyników obróbki strumieniowo ściernej przy najniższej możliwej liczbie turbin, niskim zużyciu energii i minimalnym zużyciu maszyny. Pomagają również zmniejszyć nakłady inwestycyjne, koszty operacyjne i zużycie cennych zasobów.

Kolejną zaletą symulacji jest to, że maszyny do obróbki strumieniowo-ściernej nowych detali mogą być planowane na podstawie danych CAD, na długo zanim rzeczywiste detale będą dostępne w formie prototypu. Oszczędza to cenny czas, ponieważ urządzenie do obróbki strumieniowo ściernej może rozpocząć pracę produkcyjną w tym samym dniu, w którym zostało uruchomione. Czasochłonne i kosztowne próby obróbki z rzeczywistymi detalami są mniej lub bardziej całkowicie wyeliminowane. Co więcej, symulacje dostarczają również cennych informacji na temat tego, czy określone wyniki obróbki strumieniowo-ściernej można osiągnąć na detalach o danej geometrii. Jeśli nie jest to możliwe, wyniki symulacji dostarczają cennych wskazówek dotyczących optymalizacji kształtu obrabianego detalu.

Krótsza faza planowania i optymalne wyniki obróbki strumieniowo ściernej w przypadku projektów złożonego wyposażenia Planowanie i uruchamianie złożonych, dużych urządzeń do obróbki strumieniowo ściernej podzespołów o dużych wymiarach, na przykład 20 x 5 x 4 metry (dł. x szer. x wys.) jest szczególnie trudne. Zazwyczaj dla tak dużych detali praktycznie nie są dostępne maszyny do przeprowadzenia prób obróbki. W takich przypadkach symulacja i wirtualne planowanie procesów obróbki strumieniowo-ściernej może być jedynym dostępnym narzędziem do osiągnięcia doskonałych wyników obróbki strumieniowo-ściernej i wysokiej wydajności wyposażenia. Dokładnie w tym celu firma Rösler opracowała kolejny moduł oprogramowania, który modeluje duże, złożone wyposażenie i odpowiednie procesy obróbki strumieniowo ściernej. Z jednej strony realistyczne i prawidłowe odwzorowanie wzorów strumieniowania i przepływu mediów znacznie zmniejsza ogólne ryzyko inwestycyjne. Z drugiej strony, wymagania czasowe dotyczące planowania i uruchomienia urządzenia do obróbki strumieniowo ściernej mogą zostać znacznie skrócone.



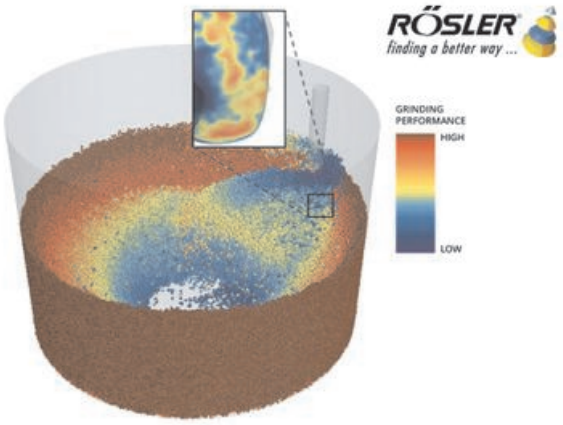
Analiza przepływu powietrza, w tym odprowadzania cząstek stałych, w komorze wyciągu powietrza

Szybsza obróbka całych partii detali

Jeśli chodzi o obróbkę strumieniowo ścierną całych partii stosunkowo małych detali, na przykład w urządzeniach do obróbki strumieniowo ściernej z wieloma bębnami (RMT), optymalne połączenie detali i ścierniwa może znacząco wpłynąć na wyniki obróbki i czas cyklu. W przypadku takich zastosowań oprogramowanie umożliwia symulację i optymalizację procesu obracania detali w bębnowej komorze śrutowniczej. Skutkuje to najkrótszymi możliwymi czasami procesu. W niektórych przypadkach można osiągnąć skrócenie czasu cyklu o około 25% na partię, co skutkuje znacznym wzrostem wydajności.

Energooszczędne i wydajne odpylacze

W urządzeniach do obróbki strumieniowo ściernej turbiny i odpylacze wymagają zdecydowanie największego nakładu energii. Dotyczy to zarówno standardowych, jak i dużych urządzeń do obróbki strumieniowo ściernej. Dlatego pakiet oprogramowania zawiera również specjalny moduł symulacji przepływu powietrza, który określa objętość powietrza wymaganą do bezpiecznego odprowadzenia pyłu powstającego podczas operacji śrutowania z komory śrutowniczej. Jeśli pył może być skuteczniej usuwany dzięki lepszemu przepływowi powietrza, możliwe jest zastosowanie mniejszego odpylacza, co skutkuje niższym zużyciem energii. W każdym przypadku zoptymalizowany system odprowadzania powietrza pomaga skrócić czas cyklu, a tym samym zwiększa produktywność. Co więcej, obrabiane elementy opuszczają urządzenie do obróbki strumieniowo ściernej czystsze, co ułatwia dalsze operacje produkcyjne.



Analiza i optymalizacja masowych procesów obróbki wykończeniowej w odniesieniu do ruchu materiałów szlifierskich lub polerskich i ich wpływu na powierzchnię detalu

Cyfrowe kopie turbin śrutowniczych zwiększają wydajność operacyjną Aby zmniejszyć zużycie energii i stopień zużycia, a jednocześnie zwiększyć wydajność operacyjną, Rösler pracuje z cyfrowymi kopiami turbin śrutowniczych. Odwzorowanie przepływu cząstek zapewnia wirtualną analizę obszarów zużycia w turbinie. To z kolei pozwala na wprowadzenie modyfikacji geometrii turbiny w celu zminimalizowania stopnia zużycia. Inne symulacje mogą być przeprowadzane w celu zwiększenia wydajności turbiny, co z kolei spowoduje dodatkowe oszczędności energii.

Dzięki szerokiemu zastosowaniu oprogramowania do symulacji do projektowania urządzeń do obróbki strumieniowo ściernej i odpowiednich procesów, a także do optymalizacji przepływu powietrza i technologii turbin, czas realizacji zamówień na urządzenia do obróbki strumieniowo ściernej firmy Rösler ulega znacznemu skróceniu. Co więcej, zapewniają one znaczne oszczędności energii i niższy wskaźnik zużycia. Wszystko to przekłada się na znaczące korzyści dla klientów.

Systemy symulacji dla procesów masowej obróbki wykańczającej złożonych detali Do tej pory rozwój procesów masowej obróbki wykańczającej dla obróbki pojedynczych detali o złożonej geometrii i trudnych do obróbki, takich jak implanty kolanowe, wymagał licznych prób obróbki. W przypadku tak skomplikowanych zastosowań, zwykle obsługiwanych w tak zwanych maszynach do szlifowania zanurzeniowo-wleczącego, Rösler wykorzystuje również technologie symulacyjne.

Wpływ powłok Cr, Ti, Cr/Ti na właściwości tribologiczne stali X38CrMo16

SZYMON DRABIK, MONIKA MADEJ, KATARZYNA PIOTROWSKA, KRYSTYNA RADOŃ-KOBUS *

W artykule przedstawiono badania dotyczące wpływu powłok Cr, Ti, Cr/Ti na właściwości tribologiczne stali X38CrMo16 stosowanej, m.in. do wytwarzania form wtryskowych. Powłoki uzyskano techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD. Zwilżalność powierzchni określono za pomocą tensjometru optycznego przy użyciu metody kropli siedzącej. Testy tribologiczne przeprowadzono za pomocą tribometru TRB3 w skojarzeniu trącym kula-tarcza w ruchu posuwisto-zwrotnym w warunkach tarcia technicznie suchego. Przeciwpróbkę w badanych węzłach tarcia stanowiła kulka ze stali 100Cr6. Po testach tarciowo-zużyciowych próbki poddano obserwacjom mikroskopowym. Wartości kątów zwilżania wodą demineralizowaną wskazały, że wszystkie badane powierzchnie charakteryzują się dobrą zwilżalnością. Na podstawie uzyskanych wyników badań tribologicznych stwierdzono, że powłoki charakteryzowały się mniejszymi oporami ruchu oraz zużyciem w porównaniu do stali X38CrMo16, przy czym najmniejsze wartości uzyskano dla powłoki Cr.

Wprowadzenie

Branża przetwórstwa tworzyw sztucznych jest silnie rozwijającą się dziedziną przemysłu. Technologię wtrysku wykorzystuje się do wytwarzania przedmiotów o powtarzalnym kształcie i wymiarach, produkowanych na masową skalę. W trakcie procesu, uplastyczniony polimer wtryskiwany jest pod ciśnieniem do formy, która jest głównym elementem wtryskarki. Wraz z postępem techniki, formy stają się coraz częściej osobnymi zautomatyzowanymi systemami. Wymiana zużytego elementu wiąże się z przestojem produkcji i kosztami jej regeneracji lub ponownego wytworzenia. Podczas projektowania oraz wytwarzania form pojawia się wiele problemów związanych z doborem materiałów oraz metod ich obróbki [3, 6, 9]. Zastosowanie stali o dużej twardości przyczynia się do zwiększenia trwałości eksploatacyjnej narzędzi formujących, ale utrudnia lub uniemożliwia uzyskanie ich założonych kształtów, wymiarów i jakości powierzchni [1, 4].

Jednym z rozwiązań wyżej wymienionych problemów jest zastosowanie cienkich twardych powłok, które mogą przyczynić się do zwiększenia twardości warstwy wierzchniej form i rdzeni, zmniejszenia czasu polerowania form poprzez poprawę struktury geometrycznej powierzchni. Ponadto powłoki wpływają na zwiększenie odporności na korozję, erozję oraz ścieranie [2, 4, 7]. Modyfikacja warstwy wierzchniej często przyczynia się również do poprawy efektywności procesu formowania poprzez zmniejszenie sił rozformowywania, czasu chłodzenia, adhezji wyprasek do form oraz zwiększenie prędkości przepływu uplastycznionego tworzywa [5, 12].

Wyżej wymienione czynniki różnią się od siebie w zależności od zastosowanych materiałów, techniki nakładania oraz grubości poszczególnych warstw. Powłoki zazwyczaj składają się z dwóch lub kilku warstw z różnych materiałów [10]. Pożądanym efektem jest duża twardość i jakość powierzchni zewnętrznej, która ma bezpośredni kontakt z wtryskiwanymi polimerami. W procesie produkcyjnym często pojawia się problem z adhezją twardych powłok do stali [5]. Problem ten rozwiązuje się poprzez zastosowanie tzw. międzywarstwy pomiędzy materiałem podłoża, a warstwą wierzchnią. Na parametry tribologiczne i geometryczne ma wpływ wiele czynników takich, jak np. parametry osadzania, możliwość zastosowania różnych materiałów i grubości warstw. Sprawia to, że obszar możliwych rozwiązań jest bardzo duży.

W ramach niniejszej pracy nałożono powłoki Ti, Cr i Cr/Ti techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD. Wybrano tytan ze względu na jego twardość i odporność na korozję [8, 11,13] oraz chrom, który charakteryzuje się dobrą adhezją do metalicznego podłoża [7].

Materiały i metody użyte w badaniach

Do badań wykorzystano wałek ze stali X38CrMo16 o średnicy 40 mm. Materiał ten jest stosowany m.in. do wytwarzania form wtryskowych. Skład chemiczny przedstawiono w Tabeli 1, a właściwości mechaniczne w Tabeli 2.

* Mgr inż. Szymon Drabik, dr hab. inż. Monika Madej, prof. PŚk., mgr inż. Katarzyna Piotrowska, mgr inż. Krystyna Radoń-Kobus – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, al. 1000-lecia PP 7, 8, 25-314 Kielce.

Tabela 1. Skład chemiczny stali of X38CrMo16, % wag

Element	Udział wagowy [%]							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
X38CrMo16	0,33—0,45	⩽ 1,00	⩽ 1,50	max 0,03	max 0,03	15,50—17,50	0,80—1,30	⩽1,00

Tabela 2. Właściwości mechaniczne stali X38CrMo16

Materiał	R_m [MPa]	R_p 0.2 [MPa]	A [%]	Z [%]	Twardość [HBW]
X38CrMo16	⩽ 695	836 – 908	33	11	443

Tabela 3. Parametry osadzania powłok

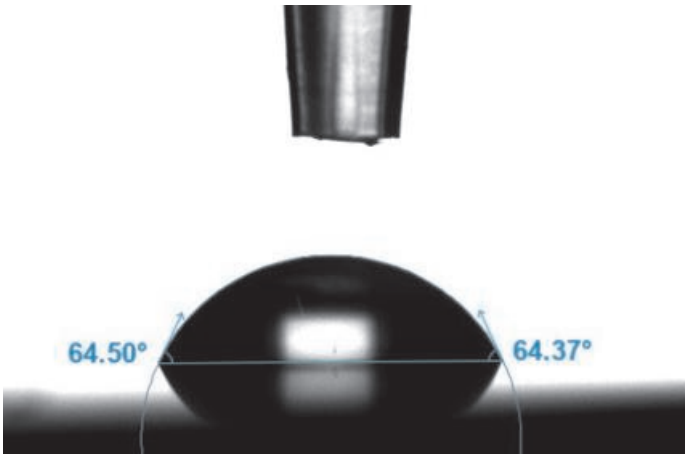
Cr		Ti	
Prędkość przepływu argonu	30 sccn	Prędkość przepływu argonu	30 sccn
Moc	150 W	Moc	200 W
Czas osadzania	0,5 h	Czas osadzania	2 h

Wałek pocięto na krążki o wysokości 5 mm. Powierzchnie próbek szlifowano przy użyciu papierów o gradacji P120, P300, P600, P1200 i P2500, a następnie polerowano. Do polerowania zastosowano sukno polerskie z pastą o gradacji ziarna do 6 μm. Następnie, techniką próżniową PVD osadzono powłoki Cr, Ti oraz dwuwarstwową powłokę Cr/Ti. Ww. warstwy uzyskano za pomocą systemu Nanomaster NPE-4000. Parametry procesu nakładania powłok przedstawiono w Tabeli 3.

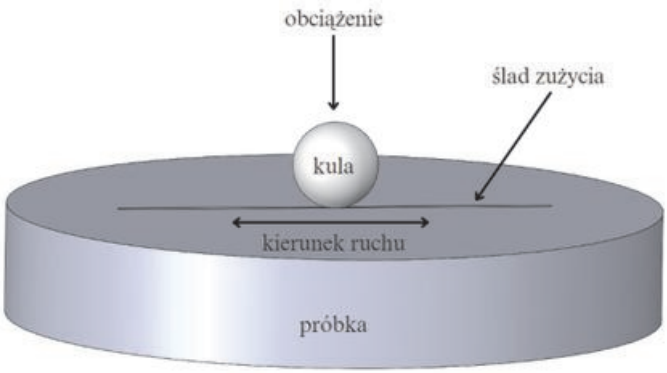
Mikroskop konfokalny z trybem interferometrycznym Leica DCM8 posłużył do określenia wpływu osadzonych powłok na strukturę geometryczną powierzchni stali X38CrMo16. Badania przeprowadzono przy 20-krotnym powiększeniu na obszarze pomiarowym równym 2,6 mm x 0,65 mm. Oceny struktury geometrycznej powierzchni dokonano na podstawie obrazów aksonometrycznych 3D oraz amplitudowych parametrów chropowatości, także 3D.

Do badań zwilżalności powierzchni użyto tensjometr optyczny Attension Theta Flex. Metoda wyznaczania kąta zwilżania polegała na umieszczeniu kropli wody demineralizowanej o objętości 4 μm na próbce, a następnie pomiarze kąta pomiędzy powierzchnią kropli i podłożem. Widok kropli wody demineralizowanej podczas pomiaru przedstawiono na rys 1.

Przy użyciu mikroskopu skaningowego Phenom XL przeprowadzono analizę składu chemicznego (Rys. 6). Powiększenie wynosiło 5000x, natomiast napięcie przyspieszające 15 kV.



Rys. 1. Fotografia kropli wody destylowanej

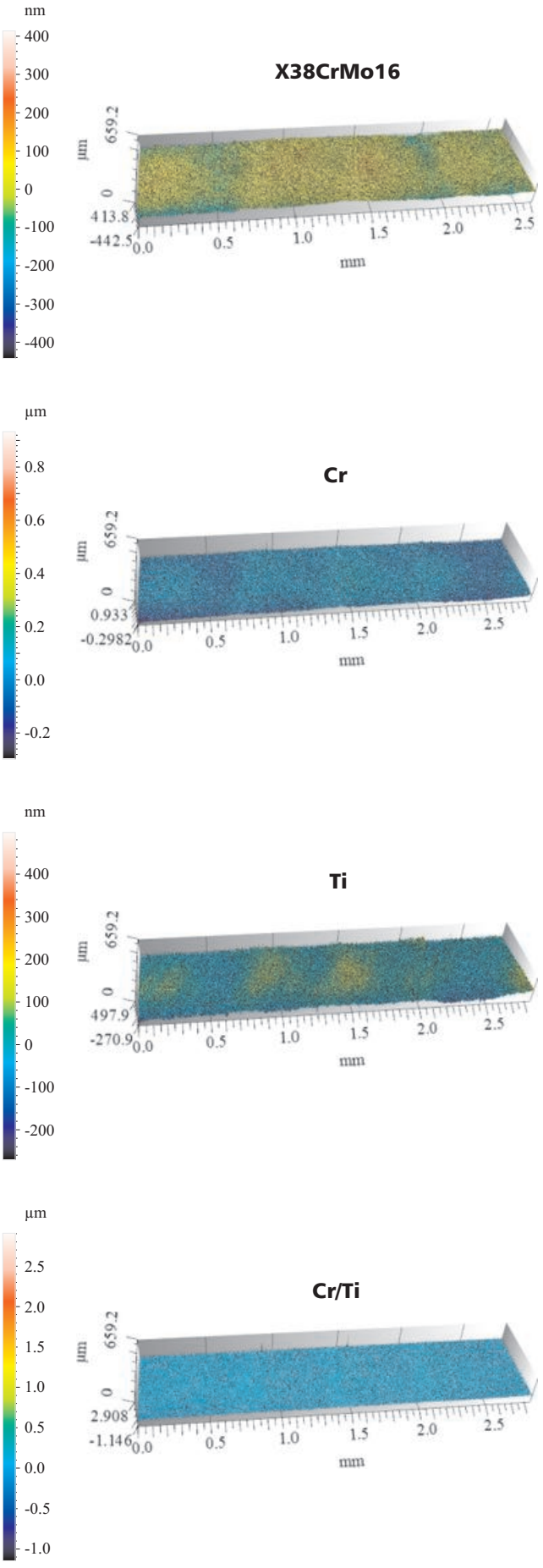


Rys. 2. Schemat węzła tarcia

Badania te miały na celu potwierdzenie składu chemicznego osadzonych powłok z założonym w procesie wytwarzania.

W kolejnym etapie wykonano badania tribologiczne przy użyciu Tribometru TRB[3]. Testy przeprowadzono w skojarzeniu trącym kula-tarcza w ruchu posuwisto zwrotnym, gdzie przeciwpróbkę stanowiła kula ze stali 100Cr6. Schemat węzła tarcia przedstawiono na rysunku 2, a w Tabeli 4 zestawiono parametry badań tribologicznych.

Charakterystyki tribologiczne osadzonych powłok analizowano na podstawie zmian wartości współczynnika tarcia i zużycia liniowego w funkcji ilości cykli. Po testach tarciowych ślady zużycia obserwowano przy użyciu mikroskopu konfokalnego Leica DCM8 przy 20-krotnym powiększeniu. Obszar pomiarowy wynosił 2,6 mm x 0,65 mm, a wskaźnikami zużycia były: objętość oraz pole powierzchni wzniesień (Rys. 9).



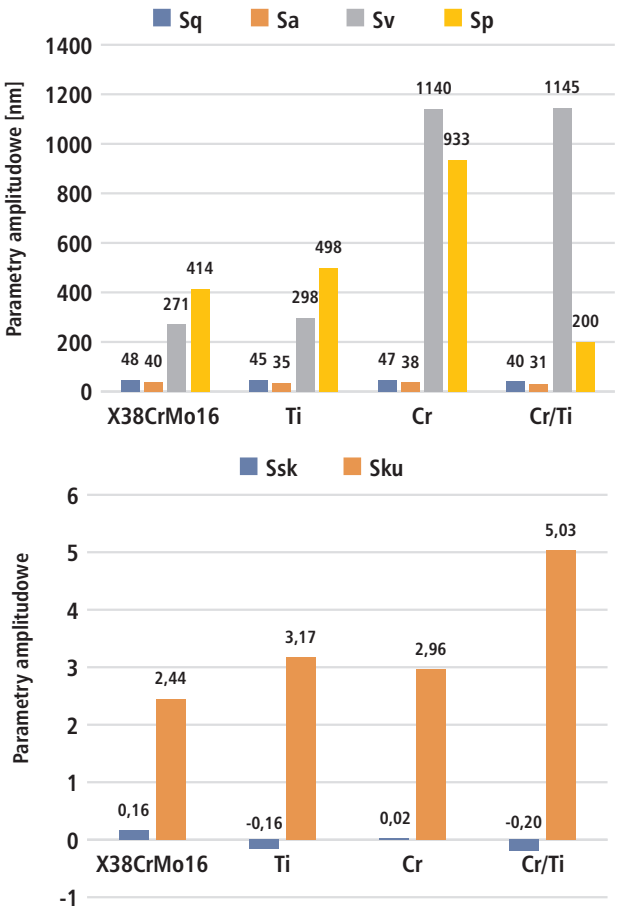
Rys. 3. Obrazy aksonometryczne 3D powierzchni badanych próbek

Tabela 4. Parametry testu tribologicznego

Elementy węzła tarcia	
Próbka 1	tarcza ze stali X38CrMo16
Próbka 2	tarcza ze stali X38CrMo16 z powłoką Cr
Próbka 3	tarcza ze stali X38CrMo16 z powłoką Ti
Próbka 4	tarcza ze stali X38CrMo16 z powłoką Cr/Ti
Przeciwpróbka	kula ze stali 100Cr6
Parametr	**Wartość**
Obciążenie	5 N
Częstotliwość	1 Hz
Amplituda	20 mm
Liczba cykli	10 000

Rezultaty badań

Za pomocą mikroskopu konfokalnego z trybem interferometrycznym analizowano strukturę geometryczną powierzchni próbek. Na rys. 3 przedstawiono obrazy aksonometryczne 3D, na podstawie których wyznaczono parametry amplitudowe (Rys. 4): Sa – średnie arytmetyczne odchylenie chropowatości, Sq – średnie kwadratowe odchylenie chropowatości po-



Rys. 4. Amplitudowe parametry chropowatości 3D badanych próbek

wierzchni, Sp – maksymalna głębokość piku powierzchni, Sv – maksymalna wysokość wgłębienia, Sku – kurtoza powierzchni, Ssk – skośność.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że osadzenie powłok Ti, Cr oraz Cr/Ti techniką próżniową PVD przyczyniło się do zmiany parametrów amplitudowych. We wszystkich badanych przypadkach doszło do wzrostu wartości analizowanych parametrów, przy czym najbardziej rozwiniętą powierzchnię miały powłoki: Cr oraz Cr/Ti. Nałożenie powłoki Ti na stal nie wpłynęło znacząco na zmianę charakteru warstwy wierzchniej. Świadczą o tym wartości parametrów Sa, Sq, Sp, Sv oraz Ssk, które były zbliżone do uzyskanych dla materiału podłoża.

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki badań kąta zwilżania wodą demineralizowaną dla stali oraz powłok: Ti, Cr oraz Cr/Ti.

Analizując uzyskane wyniki badań stwierdzono, że wszystkie próbki charakteryzowały się hydrofilowością. Świadczą o tym wartości kątów zwilżania poniżej 90°. Największy średni kąt zwilżania uzyskano dla stali X38CrMo16, a najmniejszy dla powłoki Cr/Ti, wynosiły one odpowiednio 74° i 40°.

W kolejnym etapie przeprowadzono analizę składu chemicznego dla poszczególnych próbek. Wyniki przedstawiono na rys. 6.

Wyniki analizy EDS składu chemicznego wskazały, że skład chemiczny stali X38CrMo16 jest zgodny z normą ISO 4957, a powłoki składają się z pierwiastków takich jak założono w procesie wytwarzania.

Na rys. 7 i 8 przedstawiono przebiegi zmian współczynników tarcia oraz zużycia liniowego w odniesieniu do liczby cykli dla: stali X38CrMo16 oraz powłok Ti, Cr oraz Cr/Ti, a w Tabeli 5 średnie wartości tych parametrów.

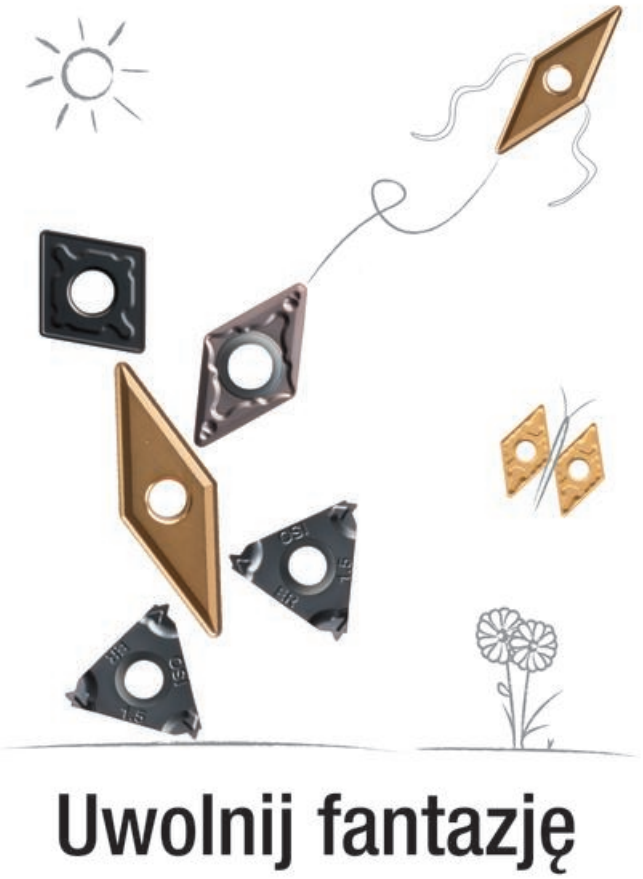
W przypadku wszystkich badanych węzłów tarcia na początku trwania testu współczynniki tarcia dynamicznie wzrastały do około 500 cyklu drogi tarcia, po czym ulegały zmniejszeniu do wartości około 0,7 i utrzymywały się na tym poziomie do końca badania. Najprawdopodobniej było to związane z chropowatością powierzchni i etapem docierania w pierwszej fazie trwania testu.

Na podstawie wyników badań przedstawionych w Tabeli 5 stwierdzono, że powłoka Cr charakteryzuje się najmniejszymi współczynnikami tarcia oraz zużyciem liniowym, a największe wartości uzyskano dla podłoża. Dla powłoki Cr wynosiły one odpowiednio 0,66 i 88 μm i były o około 10% mniejsze w porównaniu do X38CrMo16. Dodatkowo zaobserwowano, że wszystkie badane pary trące miały podobny przebieg zużycia liniowego, które wzrastało przez cały okres prowadzenia testu. W przypadku: stali X38CrMo16, powłoki Ti oraz Cr/Ti odnotowano zbliżone wartości zużycia liniowego, które zawierało się w przedziale 92 ÷ 98 μm.

Po testach tribologicznych próbki poddano obserwacjom mikroskopowym. Na rys. 10 przedstawiono obrazy śladów zużycia: aksonometryczne 3D (a) oraz profile (b), które posłużyły do określenia objętości wytarcia oraz pola powierzchni wzniesień (rys. 9).

Badania struktury geometrycznej powierzchni oraz pomiary wskaźników zużycia próbek jednoznacznie wskazują, że na skutek osadzenia powłok na bazie tytanu i chromu nastąpił wzrost odporności na zużycie stali X38CrMo16. Najmniejsze wartości zużycia objętościowego uzyskano dla powłok:

reklama



Uwolnij fantazję

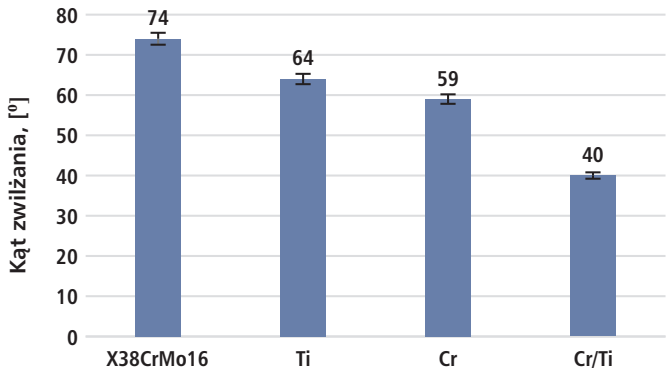
Podejmij próby: dzięki rozwiązaniom Nikko Tools masz zawsze do dyspozycji wiele rozmiarów i materiałów wysokiej jakości, które zapewnią ci wysokie osiągi. Dzięki Nikko Tools daleko zalecisz!

nikkoTOOLS

SORMA CUTTING SOLUTIONS

Marka Nikko Tools stanowi własność firmy SORMA

cuttingsolutions@sorma.net

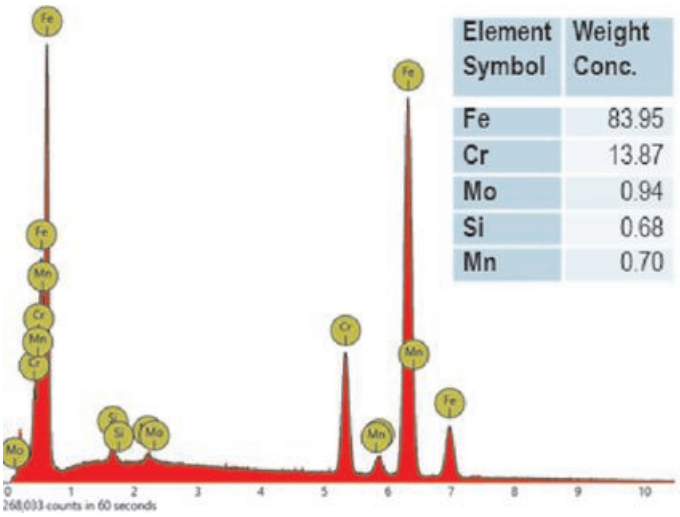


Rys. 5. Wyniki badań kąta zwilżania dla badanych próbek

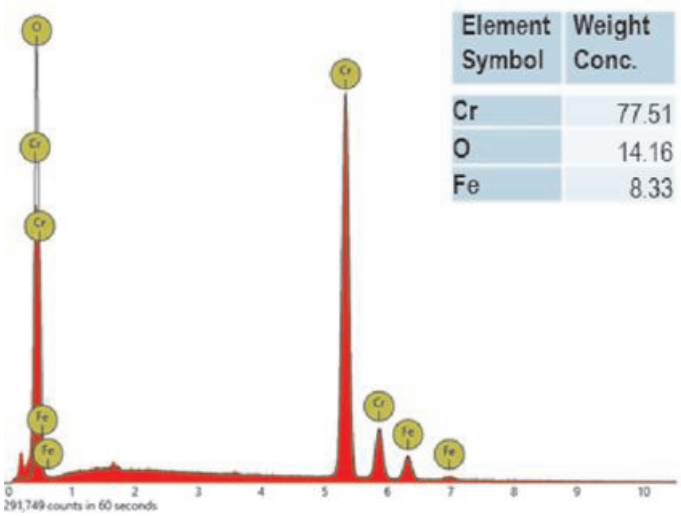
Tabela. 5. Charakterystyki tribologiczne badanych węzłów tarcia

Parametr	X38CrMo16	Ti	Cr	Cr/Ti
Współczynnik tarcia	0.71	0.70	0.66	0.69
Zużycie, µm	98	92	88	97

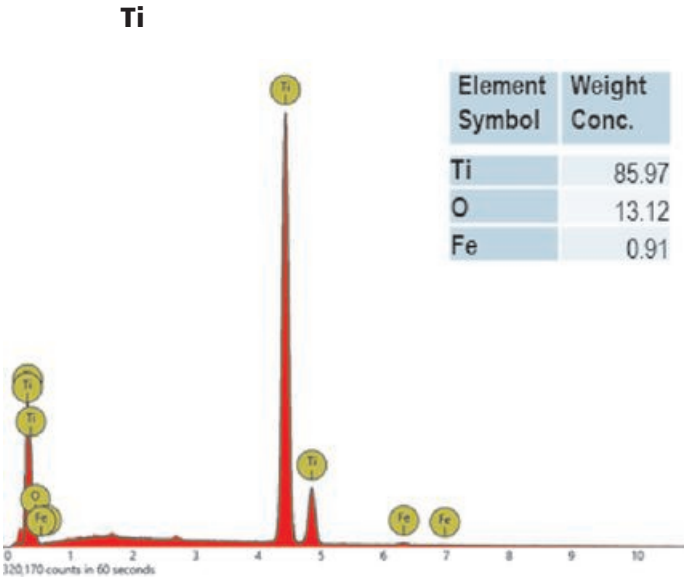
X38CrMo16



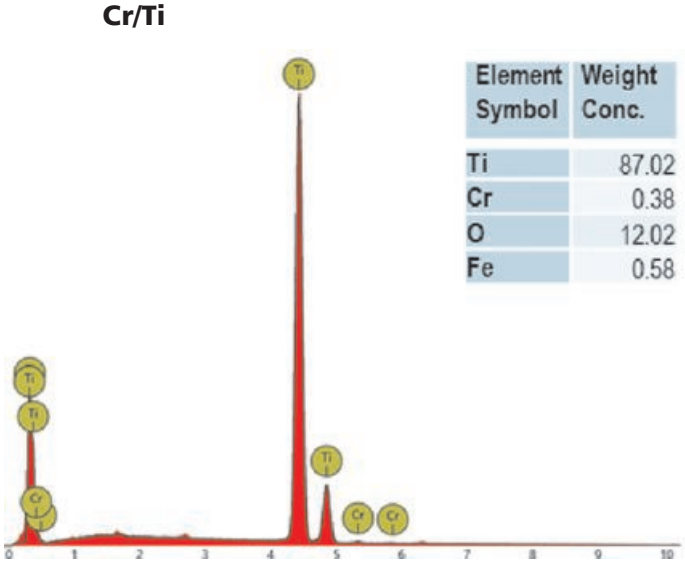
Cr



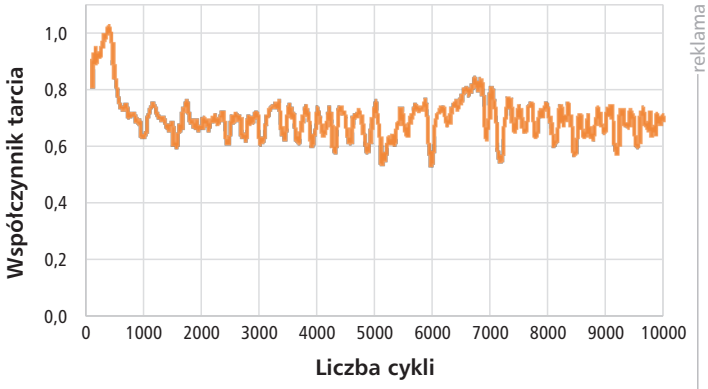
Ti



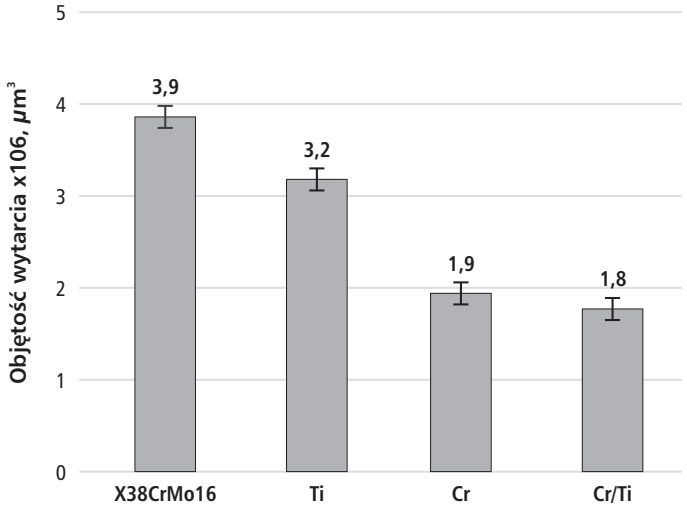
Cr/Ti



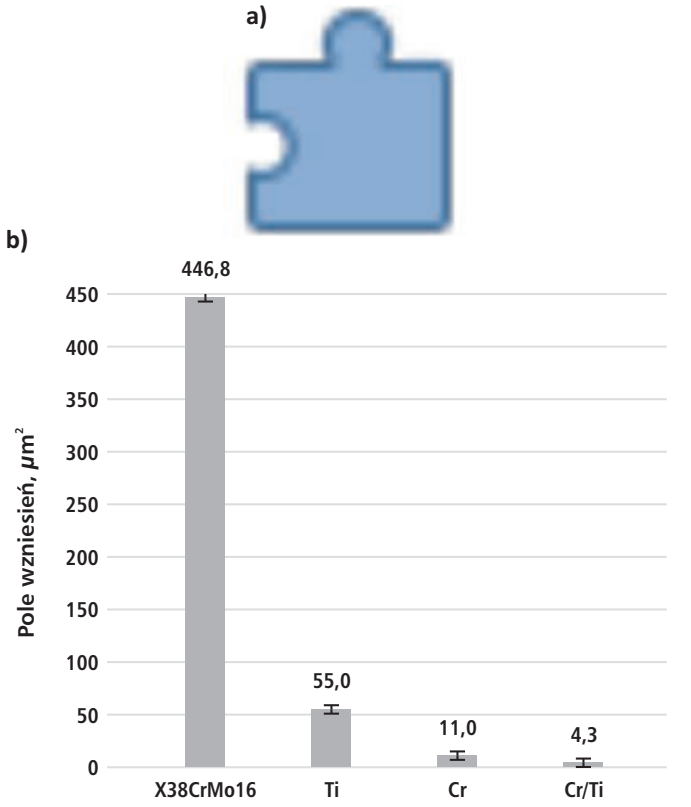
Rys. 6. Widma charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego w wybranych obszarach



Rys. 7. Zmiana wartości współczynników tarcia w funkcji liczby cykli



Rys. 8. Zmiany wartości zużycia liniowego w funkcji liczby cykli



Rys. 9. Wskaźniki zużycia a) objętość wytarcia, b) pole powierzchni wzniesień

reklama

Niestraszny Ci nawet deszcz.

Dzięki wysokim standardom jakości narzędzia Nikko Tools zapewniają zawsze najlepszą wydajność, nawet w przypadku najtrudniejszych prac. Nieważne, czy pada deszcz czy świeci słońce, z Nikko Tools masz pewność, że zawsze jesteś w dobrych rękach.

nikkoTOOLS
SORMA CUTTING SOLUTIONS

Marka Nikko Tools stanowi własność firmy SORMA
cuttingsolutions@sorma.net

Cr/Ti oraz Cr, wynosiły one odpowiednio 1,8 oraz 1,9 μm^3 i były o około 50% mniejsze w porównaniu z podłożem. Stal X38CrMo16 charakteryzowała się największym zużyciem objętościowym i polem powierzchni wzniesień.

Podsumowanie

Wyniki badań struktury geometrycznej powierzchni wskazały, że osadzenie powłok na bazie tytanu i chromu wpłynęło na zmianę amplitudowych parametrów chropowatości stali X38CrMo16, przy czym największe różnice zaobserwowano dla próbki z powłoką Cr oraz Cr/Ti.

Uzyskane wartości kątów zwilżania wskazały, że wszystkie badane powierzchnie mają charakter hydrofilowy. Największy kąt zwilżania uzyskano dla stali X38CrMo16, a najmniejszy dla powłoki Cr/Ti; wynosiły one odpowiednio 74° i 41°. Zmniejszenie wartości kąta zwilżania poprzez osadzenie powłok może przyczynić się do zwiększenia prędkości przepływu uplastycznionego tworzywa w formie.

Wyniki badań tribologicznych i obserwacje mikroskopowe próbek po tych testach pokazały, że stal X38CrMo16 charakteryzowała się największymi współczynnikami tarcia oraz zużyciem objętościowym spośród wszystkich badanych próbek. W przypadku powłok najlepsze charakterystyki zarejestrowano dla powłoki Cr. Dla próbki z tą powłoką zarejestrowane współczynniki tarcia oraz zużycie było o około 10% mniejsze w porównaniu do stali.

Na podstawie przedstawionych wyników badań stwierdzono, że zastosowanie cienkich powłok na bazie chromu i tytanu jest skuteczną metodą modyfikacji właściwości użytkowych stali X38CrMo16.

Literatura

1. Bobzin K. & others: Injection molding of products with functional surfaces by micro-structured, PVD coated injection molds. Prod. Eng., t. 5, nr 4/2011, pp. 415–422.

2. Bobzin K., Nickel R., Bagcivan N., Manz F.D.: PVD-Coatings in Injection Molding Machines for Processing Optical Polymers. Plasma Process. Polym., t. 4, nr S1/2007, s. S144–S149.

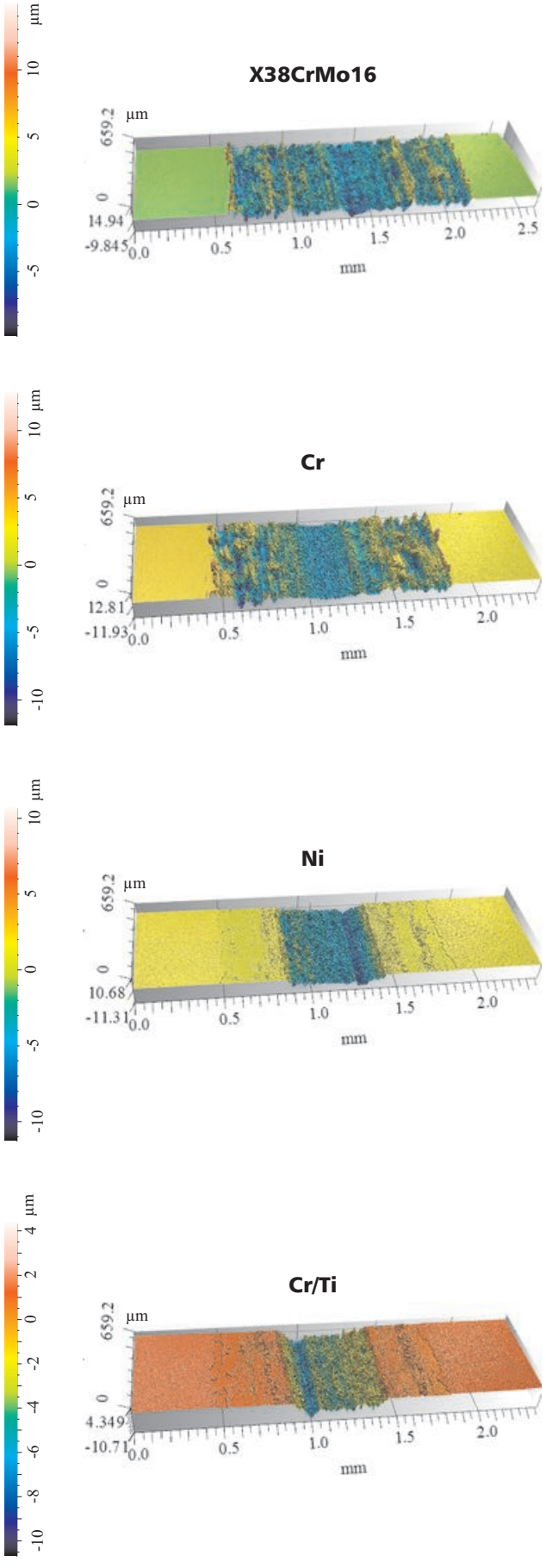
3. Chen Y.M., Liu J.J.: Cost-effective design for injection molding. Robot. Comput.-Integr. Manuf., t. 15, nr 1/1999, pp. 1–21.

4. Gim J., Turng L.S.: A review of current advancements in high surface quality injection molding: Measurement, influencing factors, prediction, and control. Polym. Test., t. 115/2022, p. 107718.

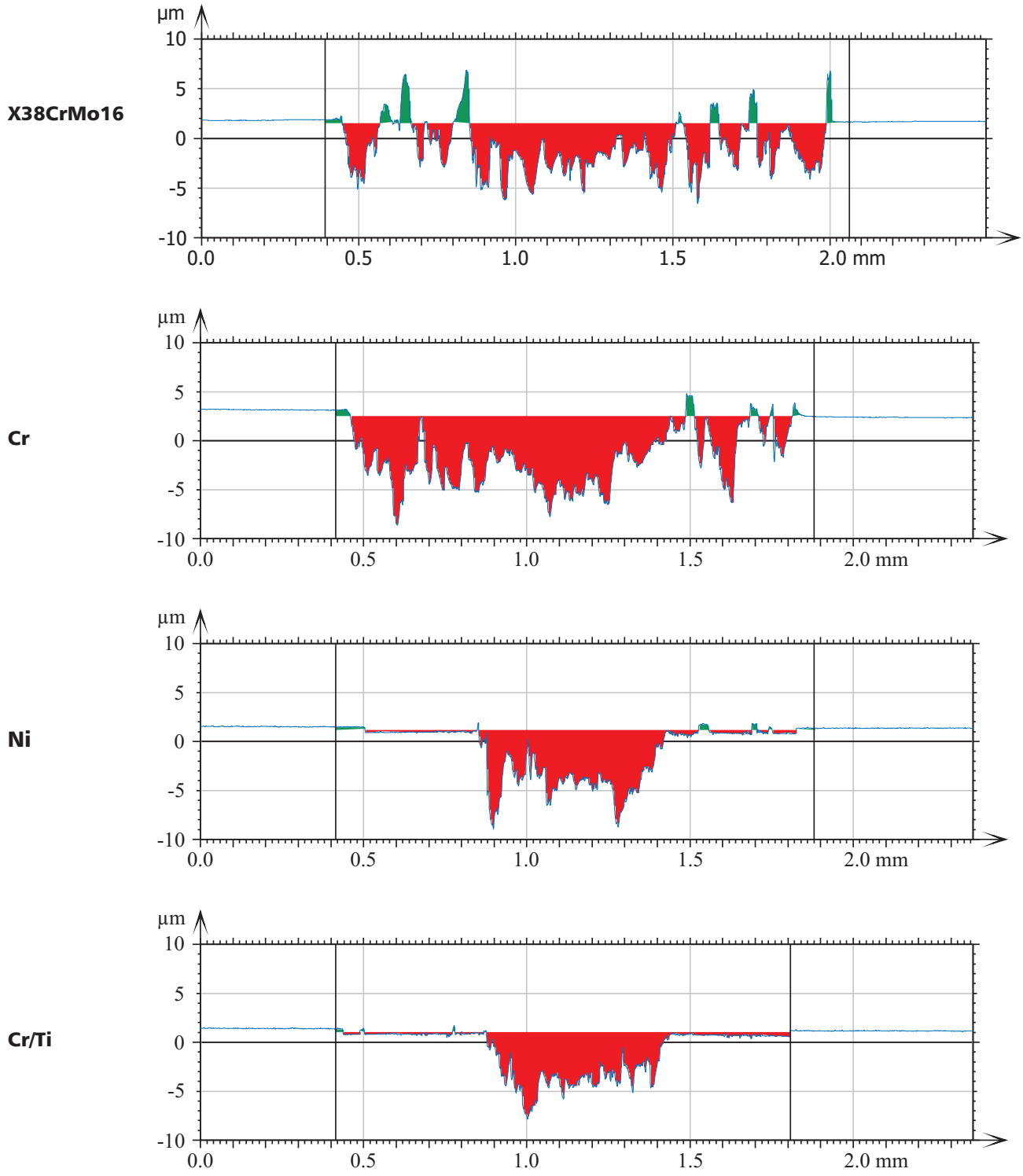
5. Griffiths C.A., Dimov S.S., Scholz S.G., Tosello G., Rees A.: Influence of Injection and Cavity Pressure on the Demoulding Force in Micro-Injection Moulding. J. Manuf. Sci. Eng., t. 136, nr 031014/2014.

6. Hwang S., Kim I: Injection mold design of reverse engineering using injection molding analysis and machine learning. J. Mech. Sci. Technol., t. 33, nr 8/2019, pp. 3803–3812.

7. Khlifi K., Larbi A.B.C.: Investigation of adhesion of PVD coatings using various approaches. Surf. Eng., t. 29, nr 7/2013, pp. 555–560.



Rys. 10a. Obrazy śladów zużycia: aksonometryczne 3D



Rys. 10b. Obrazy śladów zużycia: profile

8. Lin L., Tian Y., Yu W., Chen S., Chen Y., Chen W.: Corrosion and hardness characteristics of Ti/TiN-modified Ti6Al4V alloy in marine environment. Ceram. Int., t. 48, nr 23/2022, Part A, pp. 34848–34854.

9. Matin I., Hadzistevic M., Hodolic J., Vukelic D., Lukic D.: A CAD/CAE-integrated injection mold design system for plastic products. Int. J. Adv. Manuf. Technol., t. 63, nr 5/2012, pp 595–607.

10. Mitterer C. & others: Industrial applications of PACVD hard coatings. Surf. Coat. Technol., t. 163–164/2003, pp. 716–722.

11. Movassagh-Alanagh F., Mahdavi M.: Improving wear and corrosion resistance of AISI 304 stainless steel by a multi-layered nanocomposite Ti/TiN/TiSiN coating. Surf. Interfaces, t. 18/2020, p. 100428.

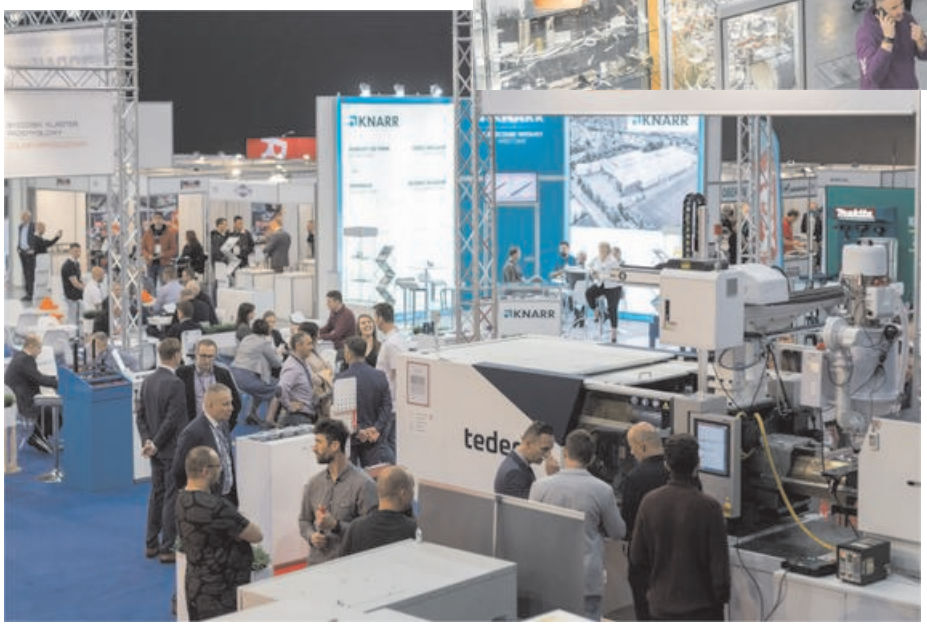
12. Sasaki T., Koga N., Shirai K., Kobayashi Y., Toyoshima A.: An experimental study on ejection forces of injection molding. Precis. Eng., t. 24, nr 3/2000, pp. 270–273.

13. Zhang Z. & others: Tribological Behaviors of Super-Hard TiAlN Coatings Deposited by Filtered Cathode Vacuum Arc Deposition. Materials, t. 15, nr 6/2022.

Światowe trendy na Targach INNOFORM® w Bydgoszczy

Branżowe nowości, fachowa wiedza, merytoryczne dyskusje. Tak w skrócie zapowiada się 6. edycja Międzynarodowych Targów Kooperacyjnych Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego INNOFORM®. O nowych trendach, wyzwaniach i planach na rozwój będą rozmawiać branżowi specjaliści i praktycy. Tematem przewodnim tegorocznych targów będzie circular economy. Organizatorzy przygotowali także nowość – strefę dedykowaną recyklingowi tworzyw sztucznych. Targi INNOFORM® odbędą się w dniach 16–18 kwietnia 2024 r. w Bydgoszczy.

Bydgoskie Centrum Targowo-Wystawiennicze ponownie będzie gościć narzędziowców i przetwórców tworzyw sztucznych. To ważne branżowe wydarzenie odbywa się w regionie, w którym działa prawie 1000 przedsiębiorstw z tej branży. Nie są to jednak targi regionalne. Na spotkania przybywają przedstawiciele przemysłu z całej Polski i z wielu zagranicznych krajów. Wszyscy zgodnie potwierdzają, że na Targach INNOFORM® nie brakuje dobrze zorientowanych i zainteresowanych ofertą klientów. Potwierdza do także Martyn Szyc, export manager,



DTM System: *„Przyjechaliśmy tutaj właśnie po to, żeby znaleźć firmy, które (…) potrzebują form, potrzebują fachowego doradztwa, ale przede wszystkim długoterminowej współpracy, to jest to do czego dążymy. Zgłosiło się do nas kilku konkretnych klientów, ciekawe firmy”.* Targi INNOFORM® to także arena promocji branżowych nowości. W tym roku zwiedzający będą mogli zobaczyć m.in. magnetyczny system mocowania form wtryskowych QMC 123, czy FASTCOOL®-10 – nowy gatunek stali

narzędziowej o wysokiej przewodności cieplnej. Nowością wpisującą się w zagadnienia Gospodarki Obiegu Zamkniętego będą środki smarne z segmentu metalworking prezentowane przez firmę SYNTACO – autoryzowanego partnera Lubrinova w Polsce. Produkty te oferują wymierny wkład w ograniczenie emisji CO2 do atmosfery, dzięki zastosowaniu odpowiedniej technologii ich wytwarzania oraz ponownego przetwarzania. Stosując je, użytkownik, nie ograniczając wydajności swoich procesów oraz nie obniżając jakości produktów, realnie redukuje emisję zanieczyszczeń do środowiska. Dowodem tego są przyznawane certyfikaty, tzw. tokeny, potwierdzające aktywny udział firmy w dążeniu do osiągnięcia neutralności wobec klimatu.

Targi INNOFORM® słyną z bogatego programu merytorycznego. Pierwszego dnia targów odbędzie się konferencja branżowa pt. „Recykling tworzyw w gąszczu regulacji. Jeszcze szczytna idea czy już utopia". W ramach konferencji przewidziano dwa panele. Pierwszy z nich dotyczyć będzie tematyki wymagań zrównoważonego rozwoju w obszarze polimerów oraz nowych regulacji krajowych i międzynarodowych, a także tego jak wpływają one na kondycję biznesu i jaka czego go przyszłość. Drugi panel poświęcony będzie ESG i wprowadzanym regulacjom w tym obszarze. Uczestnicy panelu przedstawią jak należy przygotować przedsiębiorstwa do wdrażania tych wymagań, tak aby firmy mogły dalej się rozwijać. Drugiego dnia Toruńska Agencja Rozwoju Regionalnego i ośrodek Enterprise Europe Network zapraszają na Giełdę Kooperacyjną. Formuła kilkunastominutowych spotkań B2B pomiędzy przedsiębiorcami to doskonała okazja do zapoczątkowania owocnej relacji biznesowej.

Wychodząc naprzeciw zmieniającej się rzeczywistości gospodarczej oraz potrzebom przedsiębiorców kwietniowe wydarzenie wzbogaci premierowa odsłona Salonu Recyklingu Tworzyw Sztucznych. Rozwój branży formierskiej jest bowiem bezpośrednio związany z przetwórstwem tworzyw i ich recyklingiem. Mając na uwadze rozwijający się rynek recyklingu tworzyw Targi INNOFORM® zostaną uzupełnione o ten właśnie obszar, w którym dzieje się bardzo dużo niezwykle interesujących rzeczy – zarówno w obszarze szeroko rozumianych maszyn i urządzeń do recyklingu, technologii recyklingu jak i zagospodarowania. Generalnie cały łańcuch obejmujący recykling tworzyw podlega dynamicznemu rozwojowi, opracowywanych i wdrażanych jest wiele innowacji. Tworzywa sztuczne nie są zagrożeniem – jeśli będą umiejętnie segregowane i poddawane recyklingowi będą na służyć wielokrotnie i przez wiele lat.

Dla wszystkich zainteresowanych przedsiębiorców organizatorzy przygotowali pulę bezpłatnych biletów, które uprawniają do udu w targach i wydarzeniach zawartych w programie. Aby otrzymać bezpłatny bilet wystarczy uzupełnić krótki formularz rejestracyjny. Szczegóły dostępne na stronie www.innoform.pl.

reklama

INNO FORM

6. Międzynarodowe Targi Kooperacyjne Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego

16-18 kwietnia 2024, Bydgoszcz

W PROGRAMIE:

- 16.04.2024 r. Konferencja „Recykling tworzyw w gąszczu regulacji. Jeszcze szczytna idea czy już utopia"
- 17.04.2024 r. Giełda kooperacyjna

Salon Recyklingu Tworzyw Sztucznych

BYDGOSKI KLASTER PRZEMYSŁOWY
DOLINA NARZĘDZIOWA

Targi w Krakowie

innoform.pl

Zarejestruj się i odbierz bezpłatny bilet:

temrex

KIELCE 19-22.03.24 STOM

POZNAŃ 4-7.06.24 ITM INDUSTRY EUROPE

PRODUCENT DYSTRYBUTORÓW PRZEMYSŁOWYCH
ORAZ SYSTEMÓW PIONOWEGO SKŁADOWANIA

będziemy tam dla WAS

DYSTRYBUTORY PRZEMYSŁOWE

DynaBox
DYSTRYBUTOR BĘBNOWY

- DO 1080 NIEZALEŻNYCH LOKALIZACJI
- ZARZĄDZANIE MAŁYMI I ŚREDNIMI ARTYKUŁAMI
- TRWAŁA I SOLIDNIE ZABEZPIECZONA KONSTRUKCJA
- AUTOMATYCZNA OBSŁUGA WYDAŃ I ZWROTÓW

LockerBox
DYSTRYBUTOR SZAFKOWY

- DO 60 NIEZALEŻNYCH SZAFEK
- ZARZĄDZANIE DUŻYMI ARTYKUŁAMI
- OPCJE: WAGI, GNIAZDA ELEKTRYCZNE, SIECIOWE
- ZAUTOMATYZOWANE ZARZĄDZANIE ARTYKUŁAMI

SupplyPoint
DYSTRYBUTOR SZUFLADOWY

- DO 2160 ZABEZPIECZONYCH ARTYKUŁÓW
- SEKWENCYJNIE OTWIERANE SZUFLADY
- DUŻE MOŻLIWOŚCI KONFIGURACJI SZUFLAD
- ZAUTOMATYZOWANE ZARZĄDZANIE ARTYKUŁAMI

SYSTEMY PIONOWEGO SKŁADOWANIA

TITAN
REGAŁ KARUZELOWY

- OBCIĄŻENIE PÓŁKI DO 500 kg
- SKŁADOWANIE UŻYTKOWE DO 240 m^2 / 20 m^3
- WYSOKOŚĆ DO 9 m

SILO
UKŁADNICA REGAŁOWA

- OBCIĄŻENIE SZUFLADY DO 315 kg
- DŁUGOŚĆ DO 40 m
- WYSOKOŚĆ DO 11 m

JUMPER
REGAŁ WINDOWY

- OBCIĄŻENIE SZUFLADY DO 500 kg
- SKŁADOWANIE UŻYTKOWE DO 470 m^2 / 65 m^3
- WYSOKOŚĆ DO 11,4 m

KONTAKT: + 48 22 755 59 49 info@temrex.pl
TEMREX-DYNATECH Sp. z o.o., Aleja Katowicka 261, 05-830 URZUT
www.temrex.pl

HEINRICH KIPP WERK

STANDARDOWE ELEMENTY MASZYN

KIPP POLSKA Sp. z o.o.
ul. Jeździecka 19/302 53-238 Wrocław Tel. +48 71 339 21 44 Faks +48 71 336 22 63 polska@kipp.pl www.kipp.pl

Technologia Mocująca | Standardowe Elementy Maszyn | Elementy Manipulacyjne