

**NEOLOGIQ**  
MACHINING INTELLIGENTLY

# Najlepsze jest teraz jeszcze **LEPSZE**

Narzędzia do frezowania NEOLOGIQ firmy ISCAR



# S36

WYDAJNA SZLIFIERKA PRODUKCYJNA DO SZLIFOWANIA ZEWNĘTRZNEGO



Szlifierka S 36 została zaprojektowana w odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie, przede wszystkim rynku e-mobilności, w obszarze rozwiązań produkcyjnych. Maszyna jest wyposażona w ściernicę o średnicy 610 mm i szerokości 125 mm, do ekonomicznego i wydajnego szlifowania szybko rosnącej gamy detali w tym sektorze. Moc wrzeciona 15 kW i duża ściernica umożliwiają złożoną obróbkę komponentów z branży motoryzacyjnej oraz hydraulicznej w jednym zamocowaniu, z maksymalną precyzją i wydajnością.

Zapraszamy  
na Targi  
MACH-TOOL hala 3  
stoisko 10

Galika Sp. z o.o. | ul. Spacerowa 12/4 | 00-592 Warszawa |  
T: (22) 848 24 46 | galika-wars@galika.pl | www.galika.pl

 **STUDER**





HEINRICH KIPP WERK

## SYSTEMY MOCUJĄCE



KIPP POLSKA Sp. z o.o.

ul. Ostrowskiego 7 · 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



Szanowni Państwo,

Wiosna już w pełni, w pełni także sezon targowo-wystawienniczy. Od wielu lat obserwuje się, że wiosna, to okres zwiększonej aktywności w tym zakresie. Podobnie jest i w tym roku, chociaż jest ona nieco mniejsza niż w latach przed epidemią, np. imprezę INNOFORM w Bydgoszczy przesunięto na przyszły rok.

Pełną parą pracuje natomiast zaplecze naukowo-badawcze, którego efekty działań tradycyjnie już publikujemy. W tym wydaniu są to cztery artykuły opracowane przez zespoły Autorów krajowych z wielkim tylko wsparciem zagranicy. Zagadnień dotyczących wykorzystania lasera dotyczy artykuł opracowany w Politechnice Świętokrzyskiej. Ze

względu na swoje pozytywne cechy jest to narzędzie coraz częściej wykorzystywane w różny sposób w procesach wytwórczych w licznych branżach.

Podobnie pozytywny trend obserwuje się odnośnie obróbki plastycznej. Cechy, które uzasadniają ten trend opisano w kolejnym artykule opracowanym przez grono międzynarodowe. W opracowanej syntezie czynników uzasadniających to zjawisko uwzględniono kompleksowo postęp w zakresie maszyn, narzędzi a także procesów technologicznych.

Odwrotne tendencje obserwuje się w zastosowaniach płynów roboczych. Jest to czynnik obciążający środowisko naturalne człowieka dlatego też dąży się do ograniczenia ich ilości używanych w procesach obróbkowych. Jednym ze sposobów w jaki można to uzyskać jest zwiększenie efektywności ich oddziaływania, m.in. przez modyfikowanie ich składu różnymi dodatkami. Rezultaty badań z tego zakresu przedstawiono w kolejnym artykule.

Czwarty z publikowanych w tym wydaniu naszego kwartalnika artykuł dotyczy dynamicznie rozwijającej się techniki wytwarzania jaką jest obróbka przyrostowa, nie bardzo wiadomo dlaczego nazywana drukowaniem (pojęcie od dawna używane w poligrafii). Autorzy ukazują liczne, niektóre bardzo niekonwencjonalne jej zastosowania.

Różne ciekawe pomysły i koncepcje najpierw są opisywane w profesjonalnych periodykach, a następnie niektóre z nich są wdrażane w praktyce. Informacje dotyczące tej drugiej fazy także zamieszczamy w naszym kwartalniku. W tym wydaniu dotyczą, np. narzędzi do obróbki komponentów medycznych. Liczne uwarunkowania występujące w procesach ich wytwarzania powodują, że narzędzia standardowe mają jedynie ograniczone zastosowania. Ciekawe informacje i propozycje z tego zakresu przedstawia firma ISCAR – nasz długoletni partner. Schwanog – inna firma z którą mamy wieloletnie kontakty prezentuje stosowane w swoich narzędziach nowe rozwiązanie doprowadzanie cieczy chłodząco smarującej bezpośrednio do strefy skrawania dzięki czemu obróbka staje się efektywniejsza.

Przemysł bez narzędzi informatycznych trudno sobie dzisiaj wyobrazić, dlatego też zachęcamy do zapoznania się z informacją o ciekawym systemie informatycznym Metal Top.pl, który ułatwia znaleźć optymalną odpowiedź na pytanie: inwestować czy kooperować?

Firma BOSCH to znany producent bardzo różnorodnych wytworów o bardzo dobrej jakości. W tym numerze prezentuje wyposażenie bardzo przydatne, a praktycznie niezbędne, do automatyzacji procesów produkcyjnych.

Te a także inne informacje zawarte w tym wydaniu Obróbki Metalu świadczą o szybko postępującej komercjalizacji badań naukowych – tendencji niezbędnej do życia, zarówno dla nauki jak i przemysłu.

Jak w każdym wydaniu prezentujemy ponadto informacje o imprezach, które już się odbyły. Informacja na przykład o targach STOM w Kielcach pozwala zorientować się co – nie biorąc w nich udziału, straciliśmy. Są też zapowiedzi imprez w przyszłości, np. o rozpoczynających się już za kilkanaście dni imprezy, którą starsza generacja pamięta jako Międzynarodowe Targi Poznańskie, a także imprezy które odbędą się trochę później, np. FASTENER Poland w Krakowie lub TOOLEX w Katowicach. Informacje o nich pozwolą Państwu zaplanować działania w przyszłości.

W imieniu całego zespołu redakcyjnego i Autorów publikacji wyrażam przekonanie, że lektura tego wydania kwartalnika Obróbka Metalu dostarczy Państwu licznych ciekawych i użytecznych informacji.

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 GOŁĄBZAK (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 FELDSTEIN (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** Nowe rozwiązania w obróbce komponentów ortopedycznych w branży medycznej  
ISCAR

**12** System MSIK. Schwanog opracował innowacyjne rozwiązanie w postaci systemu narzędzi MSIK  
SCHWANOG

**14** Druk 3D w aspekcie zastosowań przemysłowych  
mgr inż. Krzysztof Madej, mgr inż. Przemysław Kozioł, inż. Regina Arabik, dr inż. Wojciech Żyłka, dr inż. Bogumił Hołota

**22** Potęga ekspozycji i bogactwo programu

**26** Czułość ludzkiej ręki w robotach

**29** Laserowe spawanie stali niskowęglowej  
dr hab. inż. Norbert RADEK

**38** MetalTop.pl – Inwestowanie czy kooperacja?  
METALTOP

**40** Przemysłowa Wiosna – marka sama w sobie

**43** Wpływ dodatku modyfikującego cechy płynu obróbkowego na zmianę temperatury w strefie kontaktu współpracujących powierzchni  
dr inż. Jarosław Robert Mikołajczyk

**48** Katowice ponownie stolicą polskiego przemysłu

**50** Targi FASTENER POLAND® – 6. edycja nadchodzi

**52** Wykorzystanie obróbki plastycznej we współczesnych procesach wytwórczych  
prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski, dr hab. inż. Maciej Matuszewski, prof. dr hab. inż. Oleg Polishchuk

**58** Polska kadra na zawody EuroSkills Gdańsk 2023



## contents

### Page 52

Prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski, dr hab.inż. Maciej Matuszewski, prof. dr hab. inż. Oleg Polishchuk

#### The application of plastic forming in modern manufacturing processes

**Summary:** In this paper the features of plastic forming that make this processing technique widely used in modern production processes were described. The possibilities of supporting this type of processing with other techniques, e. g. laser, were also shown. The reason for this is that the implemented processes becoming a hybrid character. Machines, tools and technological processes that cause such great interest in this technology from the industry were presented.

**Key words:** plastic forming, manufacturing process, machine tool, tool, hybrid technological process.

### Page 29

dr hab. inż. Norbert RADEK

#### Laser welding of low carbon steel

**Summary:** In the paper studies of the influence of selected laser welding parameters on the mechanical properties of welds is presented. The study examined the effect of two parameters: feed speed and beam power. The tests of the properties of the weld and the adjacent zones consisted of the following measurements: static tensile test, hardness and microscopic observations. A TRUMPF CO2 laser, LaserCell 1005 (wavelength  $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ ) was used for welding. The samples were made of 0,8 mm thick DC04 low carbon steel. The static tensile test was carried out on the LabTest 5. 20SP1 tensile and compressive test bench. The hardness tester NEXUS 4304 was used to the hardness tests. Microscopic observations were performed using a Joel scanning microscope type JSM-5400. Conducted tests show that welds obtained with different welding parameters are characterized by similar mechanical properties.

**Key words:** laser welding, weld, mechanical properties, transport

### Page 14

Mgr inż. Krzysztof Madej, mgr inż. Przemysław Koziół, inż. Regina Arabik, dr inż. Wojciech Żyłka, dr inż. Bogumił Hołota

#### 3d printing for industrial applications

**Summary:** Potential applications of 3D printing in different areas of the economy were presented, especially in industry, especially in the mechanical, aerospace and automotive sectors. The advantages of 3D printing over traditional manufacturing methods are presented, i. e. faster prototyping, reduced production time and costs, and greater design liberty. It also describes the disadvantages of 3D printing, such as lower efficiency and accuracy compared to traditional methods, as well as investment costs. The most important requirements that should be met by the parameters of industrial 3D printers are given. 3D printing has been shown as a popular and innovative manufacturing technique that could become key in the future, particularly in areas requiring design flexibility, as well as in the production of components with complex shapes.

**Key words:** additive processing, filament, 3D printing accuracy.

### Page 43

Dr inż. Jarosław Robert Mikołajczyk

#### Effect of treatment fluid modifier additive on temperature change in the contact zone of cooperating surfaces

**Summary:** In this paper the results of studies showing the effect of the operating additive to the working fluid on the contact temperature of the cooperating surfaces in the friction pair were presented. Differentiated effects, depending on the concentration of the additive, were observed.

**Keywords:** machining, cutting tool, edge wear process, machining fluid.

## index firm

ECOCLEAN	s. 39	RICHO POLSKA	s. 57
FASTENER POLAND	s. 49,50	SANDVIK	s. 60
GALIKA STUDER	s. 2	SCHWANOG Siegfried	
ISCAR	s. 1, 8	Güntert GmbH	s. 12,13
ITM INDUSTRY		SORMA NIKKOTOOLS	s. 19
EUROPE	s. 21,22	STALEO	s. 28
KIPP	s. 3	STOM KIELCE	s. 40
LASER-STAL	s. 51	TEMREX	s. 59
LiCON	s. 37	TOTAL ENERGIES	s. 24,25
METALTOP	s. 38	TOOLEX	s. 47,48
NARZEDZIOWNIA.ORG	s. 28	TUNGALOY	s. 11
OSAWA	s. 17	YAMAWA	s. 7

[www.obrobkametalu.tech](http://www.obrobkametalu.tech)

Czasopismo branżowe  
dostępne w prenumeracie





# Japońska doskonałość.

1 400 000 narzędzi produkowanych każdego miesiąca:  
każdy poddany trzem kontrolom jakości,  
każdy doskonały.  
Przywódstwo zbudowane z pasją,  
Gwintownik za Gwintownikiem, od 1923 roku.



## Nowe rozwiązania w obróbce komponentów ortopedycznych w branży medycznej

Obróbka skrawaniem to nadal podstawowy proces w produkcji komponentów medycznych. Branża medyczna jest dużym konsumentem narzędzi skrawających. Jakie są zatem specyficzne cechy tej branży z punktu widzenia producenta narzędzi? Obróbka jakich komponentów medycznych jest największym wyzwaniem? Jakie narzędzia skrawające są w niej najczęściej stosowane? Dlaczego narzędzia do obróbki komponentów ortopedycznych są najbardziej zaawansowane technicznie? I wreszcie – jaki kierunek rozwoju przybiorą narzędzia skrawające dla tej branży?

Branża medyczna specjalizuje się w produkcji sprzętu związanego z ochroną zdrowia. Sprzęt ten zawiera liczne części różniące się wymiarami, materiałem, z którego zostały wyprodukowane, oraz złożonością kształtu. Do wyprodukowania tych części stosuje się różne techniki, spośród których kluczową rolę nadal pełni obróbka skrawaniem.

Ogólne zasady obróbki części dla branży medycznej nie różnią się od zasad przyjętych w obróbce podobnych części wytwarzanych dla innych branż, niemniej niektóre komponenty wymagają bardziej złożonych procesów. Procesy te są wyzwaniem, wiążą się bowiem z odpowiednim zaplanowaniem obróbki i doбором specjalistycznych maszyn i narzędzi. Producenci nieustannie konkurują między sobą, projektując unikalne narzędzia zapewniające wydajność oraz zyskowe rozwiązania do produkcji części medycznych.

Komponenty z dziedziny chirurgii ortopedycznej oraz stomatologicznej są klasycznym przykładem części, których obróbka jest wyjątkowo skomplikowana. Typowe materiały, z których wykonywane są implanty – tj. stopy tytanu, stopy kobaltu z chromem (CoCr), stале nierdzewne – są trudno- obrabialne. Wiele implantów ma kształty wymagające obróbki w kilku osiach. Ponadto implanty i ich części składowe są zazwyczaj małych rozmiarów i charakteryzują się bardzo niewielkimi tolerancjami wykonania oraz wyśrubowaną jakością powierzchni. Najlepszym wyborem do produkcji implantów są nowoczesne małe i średnie maszyny wielozadaniowe, automaty tokarskie typu szwajcarskiego i tokarki z napędzanymi oprawkami.

Do zmaksymalizowania wydajności potrzebne są również odpowiednie narzędzia skrawające. Aby zagwarantować odpowiednie rozwiązania, w trakcie procesu projektowania narzędzi do obróbki implantów producenci muszą uwzględnić właściwości tych komponentów.

Cechy charakterystyczne dla tej grupy narzędzi to przede wszystkim możliwość obróbki małych i miniaturowych części w niewielkiej przestrzeni roboczej. Jest to zazwyczaj obróbka materiałów z grup ISO S oraz ISO M. Przy czym wymagana jest bardzo wysoka dokładność wykonania oraz jakość powierzchni. W przypadku obróbki narzędziami o małych średnicach konieczne jest stosowanie znacznych prędkości obrotowych wrzeciona. Narzędzia te muszą być odpowiednio balansowane oraz mieć określony margines wytrzymałości, aby efektywnie działać z dużymi prędkościami obrotowymi. Najnowsze produkty ISCAR przyczyniają się do poznania wpływu tych czynników.

Odpowiednie doprowadzenie chłodziwa na kluczowe znaczenie dla osiągnięcia efektywności w obróbce materiałów z grup ISO S oraz ISO M. Linia miniaturowych narzędzi PICCOCUT została zaprojektowana specjalnie do obróbki części miniaturowych (rys. 1). Ta zaawansowana linia produktowa z czasem została udoskonalona przez dodanie kanałów chłodzących poprowadzonych przez narzędzie, z wyprowadzeniem bezpośrednio do strefy skrawania, oraz oprawkę z prostym w użyciu mechanizmem mocowania. Zapewnia on wysoką sztywność i siłę mocowania z myślą o zwiększonych parametrach skrawania.





Firma ISCAR oferuje również narzędzia tokarskie z płytkami w standardzie ISO oraz nowymi oprawkami. Są one przeznaczone do obróbki małych części w automatach typu szwajcarskiego oraz tokarkach CNC (rys. 2). Oprawki są wyposażone w mechanizm SAFE-T-LOCK, który zapewnia precyzję i ekstremalną sztywność mocowania płytki oraz chłodzenie pod wysokim ciśnieniem (JHP). Pozwala to na pracę w ciężkich warunkach, zapewniając lepszą produktywność i większą trwałość.

Specjaliści z firmy ISCAR doskonale wiedzą, że podczas operacji przecinania mała szerokość cięcia silnie wpływa na obniżenie kosztów obróbki. Nowa linia kompaktowych narzędzi z płytkami typu SELF-GRIP, w zakresie szerokości  $0,6 \div 1,2$  mm, umożliwia przecinanie wałków o średnicy do



Rys. 1. Ulepszone doprowadzenie chłodziwa zwiększa efektywność toczenia za pomocą miniaturowych narzędzi PICCOCUT

16 mm z małą szerokością cięcia, co przekłada się na mniejszą ilość odpadu materiału. Narzędzia nadają się do wąskich, zewnętrznych rowków. Są one przeznaczone do pracy w automatach typu szwajcarskiego.

Natomiast do wiercenia komponentów ortopedycznych często stosuje się wiertła węglikowe o małych średnicach. Wiertła składane z wymienną węglikową główką przynoszą wiele oszczędności, niemniej miniaturyzacja wierconych średnic czyni koncepcję narzędzia składanego trudną do zastosowania. Także zaprojektowanie narzędzi z wymiennymi główkami dla tak małych średnic nie jest łatwe. W poprzednich latach dolny limit średnic dla linii narzędzi z wymiennymi główkami ISCAR SUMOCHAM wynosił  $\varnothing 6$  mm. W ostatnim czasie inżynierom ISCAR udało się zredukować tę średnicę do  $\varnothing 4,5$  mm (rys. 3). Jest to duży krok naprzód w dziedzinie oszczędnych narzędzi z wymiennymi główkami dla branży medycznej.



Rys. 2. Wytrzymała konstrukcja oraz doprowadzenie chłodziwa pod wysokim ciśnieniem charakteryzują tokarskie oprawki SAFE-T-LOCK

W ujęciu teoretycznym frezy kulowe zapewniają punktowy kontakt narzędzia z zakrzywionymi powierzchniami. Są to podstawowe narzędzia do obróbki wykończeniowej z wysoką jakością powierzchni komponentów o skomplikowanych kształtach. Uzyskanie wysokiej jakości powierzchni poprzez obróbkę frezami kulowymi wymaga wierszowania z bardzo małym krokiem (Ae), co niestety przekłada się na długie czasy cyklu. Zastosowanie frezów barytkowych jest skutecznym rozwiązaniem eliminującym wspomnianą nie-



Rys. 3. Składane wiertło SUMOCHAM z wymienną, węglikową główką – teraz dostępne od średnicy  $\varnothing 4,5$  mm



Rys. 4. Zastosowanie małego frezu barytkowego znacząco redukuje czas cyklu obróbki protezy kolana

dogodność, zwłaszcza podczas 5-osiowej obróbki wymagających komponentów ortopedycznych.

Najnowsza ewolucja wieloosiowych obrabiarek poszerzyła możliwości zastosowania frezów barytkowych. Firma ISCAR dodała wysoko precyzyjne narzędzia barytkowe do linii narzędzi węglkowych (SCEM), składanych frezów profilowych oraz narzędzi Multi-Master, uniwersalnej rodziny składanych narzędzi z montowaną główką węglkową. Narzędzia te zaprojektowano przede wszystkim do półwykończeniowej oraz wykończeniowej obróbki tytanu, egzotycznych superstopów oraz austenitycznych stali nierdzewnych, które są spotykane w branży medycznej (rys. 4).

Frezowanie, wiercenie, grawerowanie, fazowanie i inne operacje wykonywane za pomocą bardzo małych narzędzi wymagają dużych prędkości obrotowych. Prędkości te wzrastają znacznie podczas wykorzystania strategii HSM (high speed machining). Wiele maszyn nie jest w stanie zapewnić wymaganych prędkości obrotowych. Nowe

oprawki ISCAR MI-CRO 90, napędzane chłodziwem podanym pod wysokim ciśnieniem (rys. 5), to zwycięskie rozwiązanie. Oprawki MICRO 90 umożliwiają bowiem uzyskanie prędkości obrotowych narzędzia w zakresie 35 000 ÷ 53 000 obr/min, w czasie gdy główne wrzeciono obrabiarki pozostaje niewłężone.

Branża medyczna jest jedną z najdynamiczniej rozwijających się gałęzi nowoczesnej produkcji. Wykorzystuje nowoczesne materiały, takie jak kompozyty, a także nowe technologie w postaci druku 3D. Współczesne rozwiązania mają zastosowanie nie tylko do produkcji komponentów ortopedycznych czy dentystycznych, ale również oprzyrządowania medycznego, urządzeń, podzespołów itp. Zmieniające się trendy wymagają od branży medycznej poszukiwania nowych rozwiązań. Z pomocą przychodzą im producenci narzędzi, którzy śledzą nowe wymagania rynku. Jako wynik podążania za ciągłymi zmianami, producenci narzędzi będą w stanie dostarczyć najlepsze rozwiązania do kompleksowej obróbki komponentów medycznych.



Rys. 5. Kompaktowa oprawka MICRO90 napędzana chłodziwem to efektywne narzędzie do zwiększenia prędkości obrotowej miniaturowych narzędzi skrawających

**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](mailto:iscar@iscar.pl) / [www.iscar.pl](http://www.iscar.pl)



Więcej informacji u naszych lokalnych przedstawicieli:


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





TUNGALOY  
**ADDFORCE**  
ACCELERATED LINES

ulepszamy  
rozwijamy  
**STOSUJEMY**



**Wysokowydajne narzędzia skrawające**

Member IMC Group  
**Tungaloy**  
INDUSTRY 4.0

tungaloy.pl

## Schwanog opracował innowacyjne rozwiązanie w postaci systemu narzędzi MSIK

# System MSIK

Chłodziwo jest doprowadzane poprzez korpus główny i kasetę bezpośrednio do krawędzi tnącej. Dzięki takiemu rozwiązaniu zbędne stają się węże/rury IK, względnie adaptacje chłodziwa

### Struktura systemu narzędzi MSIK

Na korpusie podstawowym, który jest zaprojektowany z interfejsem maszyny, można stosować różne standardowe kasety do rowkowania i formowania rowków. Interfejs kaset przykręconych do boku korpusu podstawy zapewnia stabilne i bezpieczne połączenie. Wkłady te są dostępne dla systemów wkładów WEP i PWP.

Wystarczy do nas zadzwonić lub wysłać nam rysunek przedmiotu obrabianego!

### NAJWAŻNIEJSZE CECHY SYSTEMU

#### Korpus podstawowy interfejsu:

- wał wielokątny ISO 26623 PSK32, 40, 50, 63. Konstrukcja z rowkiem chwytaka i bez (krótsza długość całkowita bez rowka chwytaka),
- HSK-T63 (standard toczenia) ISO 12164. Konstrukcja z rowkiem chwytaka

i bez (krótsza długość całkowita bez rowka chwytaka),

- system TS ISO 26622 TS40, 50, 63.

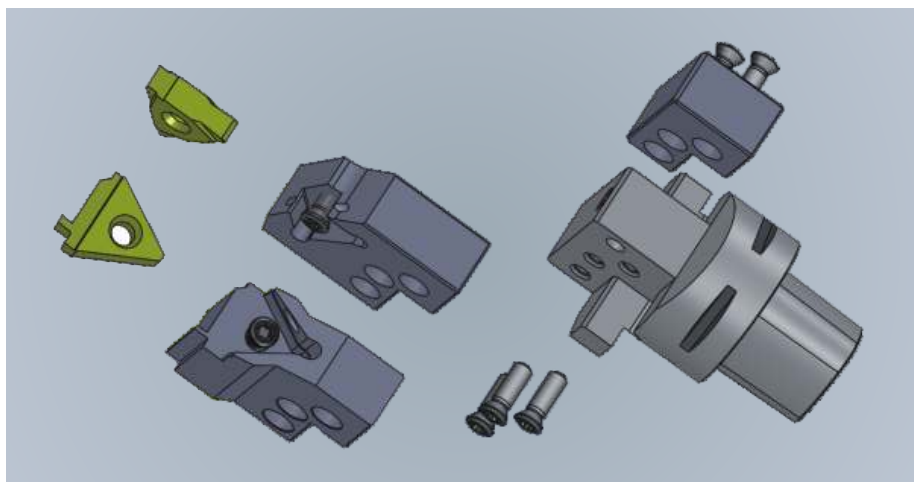
**Korpus podstawowy jest dostępny w wersji prawostronnej i lewostronnej. Dodatkowo możliwe:**

- uchwyt kombinowany z dwoma gniazdamii kaset,

•• kasety prawe i lewe (oprawka wymienna) do systemów płytek WEP i PWP,

••• wewnętrzne doprowadzenie płynu chłodzenia przez korpus podstawy i kasetę bezpośrednio do krawędzi tnącej,

•••• projekty specjalne: Projekty dostosowane do potrzeb Klienta. ■



**Schwanog**

**Schwanog Siegfried  
Güntert GmbH**

**Łukasz Kuciński**

**Niedereschacher Str. 36**

**78052 VS-Obereschach**

**Tel: +48 606 177 025**

**lukasz.kucinski@schwanog.com**

**www.schwanog.com**



75 years schwanog

# WHO ELSE?

Najbardziej elegancki sposób na zaoszczędzenie do **40%** kosztów produkcji.



[schwanog.com](http://schwanog.com)



# Druk 3D w aspekcie zastosowań przemysłowych

KRZYSZTOF MADEJ, PRZEMYSŁAW KOZIOŁ, REGINA ARABIK,  
WOJCIECH ŻYŁKA, BOGUMIŁ HOŁOTA \*

Przedstawiono potencjalne wykorzystanie druku 3D w różnych dziedzinach gospodarki, zwłaszcza w przemyśle, a w szczególności w sektorach: maszynowym, lotniczym i samochodowym. Przedstawiono zalety druku 3D, które zapewniają przewagę tej technologii nad tradycyjnymi metodami wytwarzania, tj. szybsze prototypowanie, zmniejszenie czasu produkcji i kosztów oraz większą swobodę projektową. Opisano również wady druku 3D, np. mniejsza wydajność i dokładność w porównaniu z tradycyjnymi metodami, a także koszty inwestycyjne. Podano najważniejsze wymagania, jakie powinny spełniać parametry przemysłowych drukarek 3D. Druk 3D pokazany został jako popularna i innowacyjna technika wytwarzania, która może stać się w przyszłości kluczową, szczególnie w dziedzinach wymagających elastyczności projektowej, a także w produkcji elementów o złożonych kształtach.

## Wstęp

Druk 3D jest technologią addytywną, która pozwala odwzorować wirtualny model części w obiekt fizyczny bez konieczności obróbki detalu, redukując tym samym liczbę niezbędnych urządzeń do jego wykonania oraz ilość powstałych odpadów produkcyjnych. Technologia druku przestrzennego umożliwia również tworzenie elementów o bardzo złożonym kształcie bez konieczności wykorzystywania skomplikowanych form wtryskarek do polimerów. Te cechy powodowały, że technologia druku przestrzennego znalazła szczególne zastosowanie w prototypowaniu i modelowaniu [1].

Chociaż termin drukowanie 3D może wydawać się nowoczesną i dość futurystyczną technologią, historia drukowania 3D znanego również jako produkcja przyrostowa, jest dłuższa niż mogłoby się wydawać. Za pioniera druku przestrzennego uznaje się Charles'a Hull'a, który w 1984 r. opisał proces Stereolitografii (SLA) oraz go opatentował w 1986 r. Model drukowany jest za pomocą wiązki promieniowania UV o długości fali od 10 do 400 nm, która skierowana na ciekły materiał foto-polimero-

wy tworzy jego kolejne warstwy. Metoda ta jest stale rozwijana. Obecne drukarki pozwalają na jednoczesny druk całej warstwy za pomocą specjalistycznego projektora. Jakość i dokładność wydruku jest bardzo dobra, jednak ten sposób wytwarzania detali wymaga tworzenia dużej liczby podpór. SLA nie była w tym czasie jedynym procesem produkcji addytywnej wykorzystującym promieniowanie światła. Carl Deckard z University of Texas złożył patent na technologię selektywnego spiekania laserowego proszków polimerów (SLS) w 1988 roku. Generowanie przestrzennego detalu odbywało się za pomocą lasera, który stapia natryskiwany sproszkowany materiał, tworząc w ten sposób kolejne warstwy. Metoda SLS umożliwia drukowanie przedmiotów zawieszając je w proszku, dzięki czemu niepotrzebne jest tworzenie podpór. Nadmiar sproszkowanego materiału często jednak wypełniał puste przestrzenie w modelu, co

powodowało marnowanie materiału [1]. W 1992 roku Scott Crump opatentował technologię *Fused Deposition Modeling* – FDM (*Fused Filament Fabrication* – FFF) polegającą na warstwowym nakładaniu stopionego materiału termoplastycznego na stół roboczy. Tworzywo nanoszone było w trzech osiach, za pomocą dyszy nagrzonej do temperatury topnienia używanego materiału. FDM jest najtańszą i najpopularniejszą metodą drukowania przestrzennego pozwalającą na otrzymanie produktu bez konieczności dodatkowej obróbki [6].

Technologia DLP (ang. *Digital Light Processing*) została opracowana przez firmę Texas Instruments. Bazuje ona na technologii MEMS (*Microelectromechanical System*), która określa zintegrowane struktury elektromechaniczne, przy czym przynajmniej jeden wymiar znajduje się w skali mikro. Chociaż technologia ta powstała w 1987 roku, jednak projektor

\* Mgr inż. Krzysztof Madej, mgr inż. Przemysław Kozioł – Rzeszowskie Centrum Technologii 3D, ul. Obrońców Poczty Gdańskiej 14, 35-509 Rzeszów; inż. Regina Arabik – Katedra Elektroniki, Telekomunikacji i Mechatroniki. Akademia Nauk Stosowanych w Tarnowie, ul. A. Mickiewicza 8, 33-100 Tarnów; dr inż. Wojciech Żyłka, dr inż. Bogumił Hołota – Instytut Inżynierii Materiałowej. Uniwersytet Rzeszowski, ul. S. Pigoń 1, 35-310 Rzeszów.



← Rys. 1. Drukarka RepRap – tania alternatywa dla komercyjnych, drogich drukarek 3D [6]



↑ Rys. 2. Dokowanie stacji CST-100 Starliner do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej [6]

zaprezentowano dopiero w 1996 roku. Projektory multimedialne DLP wykorzystują chip DMD (ang. *Digital Micromirror Device*), składający się z milionów mikrokłuster, które mogą odchylić się pod określonymi kątami na specjalnych zawiasach w kierunku źródła światła lub w kierunku przeciwnym, tworząc jasny albo ciemny piksel na powierzchni projekcyjnej. Dzięki temu zapis cyfrowy jest bezpośrednio prezentowany w formie obrazu świetlnego [5].

Duży potencjał nowych technologii spowodował, że na początku lat 90-tych wiele firm zaczęło eksperymentować z różnymi technologiami wytwarzania addytywnego. Pojawienie się pierwszych komercyjnych drukarek było zatem nieuniknione i niezmiernie pożądane. W 2006 roku pojawiła się pierwsza, dostępna na rynku przemysłowa drukarka SLS. W tym samym czasie postępował również rozwój techniki cyfrowej. Narzędzia CAD stały się bardziej dostępne, ułatwiając tym samym jeden z najważniejszych etapów tworzenia wydruków 3D jakim jest opracowanie trójwymiarowych modeli. Początki upowszechniania druku były trudne. W latach 2000 maszyny były bardzo drogie, skomplikowane w użyciu, ponadto detale często wymagały dodatkowej obróbki końcowej. Prawdziwą rewolucję przyniosło stworzenie w 2005 roku przez dr Adriana Bowyer koncepcji RepRap Project, która miała na celu „upowszechnienie” Open Source – stworzenie drukarki 3D, która była w stanie zbudować kolejną drukarkę 3D oraz inne obiekty [6].

Projekt RepRap typu „otwarte oprogramowanie” oznacza, że specyfikacje są upublicznione bezpłatnie. Stworzyło to warunki do szybkiego rozwijania koncepcji, gdyż zachęciło to inżynierów oraz techników do działań w tym zakresie, ponieważ każdy mógł dodać coś nowego lub poprawić istniejące pomysły, upraszczając jednocześnie konstrukcję oraz obsługę drukarek. W 2009 roku, patenty FDM (zgłoszone w latach 80-tych) mocno się upowszechniły zmieniając historię druku 3D i otwierając drzwi dla innowacji. Ponieważ technologia była bardziej dostępna dla nowych firm i konkurencji, ceny drukarek 3D zaczęły obniżać się, co spowodowało, że druk stał się technologią „dla każdego” [6].

### Opis materiałów

Tendencja spadkowa cen drukarek 3D spowodował również ewolucję materiałów wykorzystywanych w procesach drukowania. Podstawowe drukarki 3D często wykorzystują tworzywa sztuczne, najpowszechniejszym z nich jest ABS – akrylonitryl-butadien-styren, który występuje w różnych kolorach i może być łatwo dostępny w formie włókien. Równie często używanym materiałem jest poliaktyd (PLA) – biodegradowalne tworzywo sztuczne nadające się do drukarek pracujących w technologiach DLP i SLA. Jest również dostępny w formie filamentu, do użytku w technologii FDM. Nie jest tak elastyczny ani trwały jak ABS ale występuje w różnych wersjach kolorów, w tym także jako tworzywo przezroczyste. Pomimo tego, że obecnie istnieje

wiele rodzajów tworzyw sztucznych i włókien, które są szeroko dostępne, ciągle powstają nowe materiały w których występują np. włókno węglowe lub włókno szklane [1, 10].

### Czy wyobraźnia ma granicę? Druk 3D, a kosmos

Firma Oxford Performance Materials opracowała tworzywo sztuczne, które jako pierwsze z materiałów addytywnych było wykorzystane na statku kosmicznym CST-100 Starliner. Części wydrukowane z tego materiału poza wytrzymałością mechaniczną, lepszą niż ma aluminium w zakresie temperatur od  $-184$  do  $149$  stopni Celsjusza mają mniejszą masę o ok. 60% w stosunku do masy części wyprodukowanych tradycyjną technologią produkcji [6].

To nie koniec zastosowań druku 3D w kosmosie. NASA wraz z firmą *Made in Space* w ramach wspólnego projektu stworzyło drukarkę 3D przeznaczoną do pracy w kosmosie. Obecnie niestandardowa drukarka jest na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) [6].

### Drukowane budynki

Contour crafting, to metoda druku 3D pozwalająca na budowanie konstrukcji w skali architektonicznej. Ta technika drukowania została zbadana przez dr Behrokh Khoshnevis z Instytutu Nauk Informacyjnych Uniwersytetu Południowej Kalifornii. Aby drukować warstwa po warstwie dowolny rodzaj infrastruktury

wymagana jest duża konstrukcyjna drukarka 3D. W większości przypadków te konstrukcyjne drukarki 3D drukują wielkoskalowe projekty za pomocą dźwigu lub ramienia robota. Jeśli chodzi o materiały do drukowania 3D używane do tworzenia konturów są materiały szybko wiążące, takie jak beton lub piasek. W 2019 roku ukończono budowę największego na świecie funkcjonalnego budynku wydrukowanego w 3D [9].

### Zastosowanie w medycynie – drukowanie części zamiennych dla człowieka

Szybki rozwój oraz miniaturyzacja sprawiają, że technologia druku 3D znalazła również bardzo szerokie zastosowanie w medycynie i biologii, zwłaszcza w protezycie oraz jako wyroby medyczne wszczepiane do organizmu – w tym przeszczepy narządów i tkanek.

Technologia druku 3D od samego początku była wykorzystywana do produkcji implantów medycznych, w tym do wykonywania implantów kolanowych, biodrowych i barkowych. Najważniejszą cechą udanego implantu jest uzyskanie powierzchni, która sprzyja adhezji i wzrostowi otaczających powierzchnię implantu komórek. W druku 3D metalowych implantów do budowania kolejnych warstw wykorzystuje się biokompatybilny tytan lub stop tytanu. W celu uzyskania dużej czystości materiału wytwarzanych części implanty są drukowane w ściśle kontrolowanej atmosferze, a do jej utrzymania stosuje się niereaktywne gazy i ograniczenie obecności tlenu [6].

Początkiem lat 2000 naukowcy z Wake Forest Institute for Regenerative Medicine w Winston-Salem w Karolinie Północnej po raz pierwszy dokonali przeszczepów narządów wyhodowanych z własnych komórek pacjentów. Pomyślny wzrost narządów z komórek pacjentów rodzi możliwość opracowania innych sposobów inżynierii organów, w tym wykorzystanie druku 3D do warstwowania komórek. Ogólne działanie biodrukarek jest podobne do standardowych drukarek 3D. Obiekt jest modelowany lub zeskanowany do pliku komputerowego, który jest zbiorem instrukcji dla drukarki. Jedynym, co odróżnia tę technologię jest materiał drukarski – zamiast tworzywa sztucznego lub metalu biodrukarki wykorzystują żywe komórki [6].

### Druk 3D w kuchni

Trudno uwierzyć, a jednak obecnie dość pręźnie rozwijającą się gałęzią druku 3D jest tworzenie żywności wykorzystujące trójwymiarową precyzję maszyn. Na świecie jest wiele restauracji, które proponują menu z dań wykonanych w drukarce. Można spotkać takie dania jak francuska zupa z grzankami w kalifornijskiej Melisse w Santa Monica, a nawet całe menu wykonane za pomocą drukarki Foodini w prestiżowej restauracji Enoteca w Barcelonie [14].

### Druk 3D w przemyśle

Druk 3D to jedna z najnowocześniejszych technologii produkcji, która coraz częściej stosowana jest w przemyśle. Technologia ta znacznie ułatwia i przyspiesza produkcję wielu produktów, co przekłada się na mniejsze koszty i zwię-

W przemyśle maszynowym istotna jest możliwość szybkiego dostosowania się do zmieniających się wymagań rynkowych. Przemysłowy druk 3D umożliwia szybkie prototypowanie, testowanie i modyfikowanie części bez konieczności produkcji drogich narzędzi i form wtryskowych. Znacząco skraca to czas wdrożenia danego wytworu do produkcji. Dzięki temu obserwuje się zwiększenie wydajności i obniżenie kosztów produkcji. Druk 3D w tym sektorze znajduje zastosowanie w produkcji narzędzi i urządzeń pomocniczych, takich jak uchwyty, przesłony, kieszenie i inne elementy, które ułatwiają pracę operatorom maszyn. Na Rys. 3 przedstawiono uchwyt łączący ramię robota ze skanerem 3D wydrukowany za pomocą drukarki 3D.

Wadą przemysłowego druku 3D w sektorze maszynowym może być ograniczona wytrzymałość wydrukowanych części



Rys 3. Uchwyt łączący ramię robota ze skanerem 3D wydrukowany za pomocą drukarki 3D [8]

szą efektywność. W porównaniu z tradycyjnymi metodami produkcji, druk 3D oferuje wiele zalet i przewag w sektorze przemysłowym, szczególnie w sektorach maszynowym, lotniczym i samochodowym [13].

### Sektor maszynowy

Jedną z zalet przemysłowego druku 3D w sektorze maszynowym jest możliwość wydruku części z różnych materiałów, w tym z tworzyw sztucznych, metalu, ceramiki czy biologicznych. Dzięki temu możliwe jest wydrukowanie części, które są trudne lub niemożliwe do wyprodukowania tradycyjnymi metodami.

w porównaniu z tradycyjnie produkowanymi elementami. Jednak ta wada jest coraz mniej istotna dzięki postępom w technologii i możliwości druku z wykorzystaniem metalowych materiałów, które charakteryzują się dużą wytrzymałością.

### Sektor lotniczy

Dzięki przemysłowemu drukowi 3D możliwe jest szybsze i bardziej precyzyjne prototypowanie i produkcja części lotniczych. Przekłada się to na zwiększenie bezpieczeństwa lotów, zmniejszenie kosztów produkcji i czasu dostawy części, a także na poprawę ogólnej wydajności branży lotniczej.



Jedną z największych zalet druku 3D w sektorze lotniczym jest możliwość produkcji części o skomplikowanych kształtach, które są trudne lub niemożliwe do wykonania przy użyciu tradycyjnych metod produkcyjnych. Ponadto części te są bardziej wydajne i wytrzymałe, a jednocześnie lżejsze, co ma wpływ na zwiększenie wydajności produkcji, a w przyszłości na oszczędność paliwa samolotów.

Wspomniana możliwość szybkiego prototypowania i testowania, pozwala branży lotniczej dostosowanie się do szybko zmieniających się wymagań rynkowych. Można w łatwy i szybki sposób przetestować różne warianty projektów, zarówno nowych wyrobów, jak i modyfikowanych, już istniejących, w celu polepszenia ich funkcjonalności.

Druk 3D w sektorze lotniczym pozwala na produkcję małych serii części w opłacalny sposób. W przypadku produkcji części z tradycyjnych materiałów, takich jak np. stopy aluminium, produkcja małych serii części jest bardzo kosztowna ze względu na potrzebę tworzenia form i narzędzi wtryskowych [4].

Wadą druku 3D w sektorze lotniczym może być brak możliwości drukowania dużych części, które są niezbędne w produkcji samolotów. Ponadto, wydrukowane części często wymagają dalszej obróbki, aby osiągnąć wymagane parametry i specyfikacje, co wpływa na koszt i czas produkcji.

### Sektor samochodowy

Druk 3D znalazł również swoje zastosowanie w przemyśle samochodowym. Jest to branża, która musi sprostać wymaganiom dotyczącym wydajności, trwałości i lekkości części samochodowych. Dzięki drukowaniu 3D producenci samochodów mogą zaprojektować i wyprodukować prototypy i wyroby końcowe w bardziej wydajny i kosztowo efektywny sposób. Na Rys. 4 przedstawia odwzorowanie dokładki nadkola samochodowego przy użyciu skanowania 3D oraz druku 3D.

Jednym z najważniejszych zastosowań druku 3D w przemyśle samochodowym jest produkcja prototypów. Dzięki temu można szybko i dokładnie wyprodukować modele i części prototypowe, co pozwala producentom samochodów na testowanie i wprowadzanie zmian w projektach w bardziej efektywny sposób niż w przypadku tradycyjnych metod



Rys 4. Dokładki nadkola samochodowego odwzorowane przy użyciu skanowania 3D i wykonane technologią drukowania 3D [8]



**FREZOWANIE I  
WIERCENIE  
W CAŁKIM  
NOWYM ŚWIETLE.**

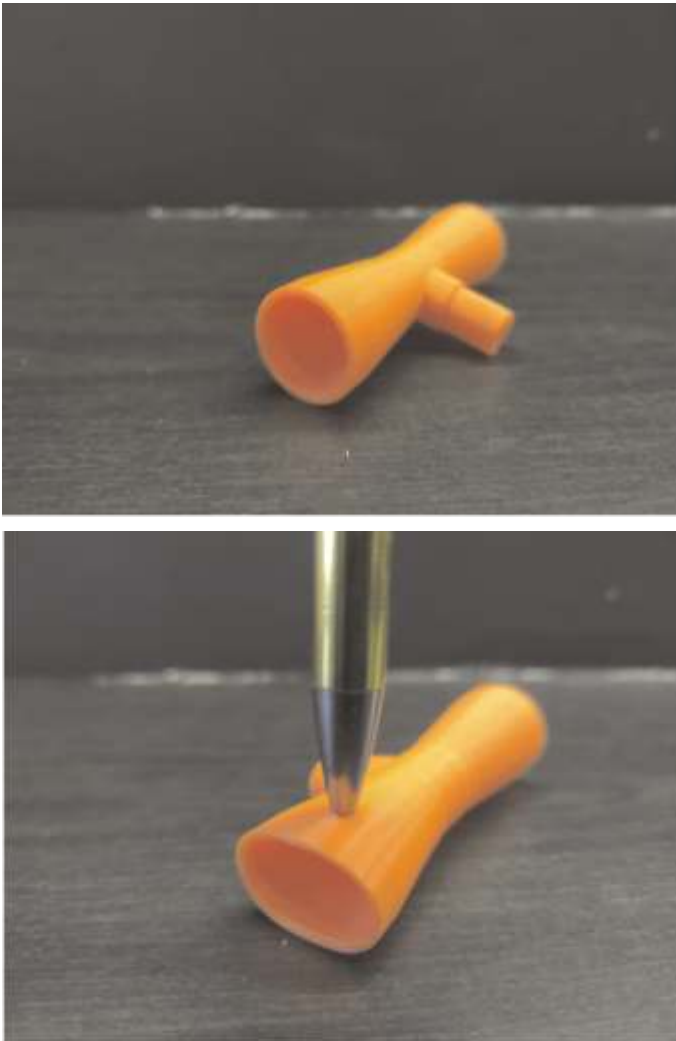


**Zmień punkt widzenia i wybierz  
markę Osawa.**

**OSAWA**  
DRILLS & END MILLS

Marka Osawa jest własnością  
spółki Scarma S.p.a.

[www.osawa.it](http://www.osawa.it)



Rys 5. Gumowy rozdzielacz. U góry w pozycji swobodnej natomiast na dole podczas przyłożenia siły [8]

produkcji. Druk 3D znajduje również zastosowanie w produkcji części finalnych samochodów. W tym przypadku technologia ta pozwala na produkcję części o skomplikowanych kształtach. Producenci samochodów mogą również produkować części o zmiennej grubości ścianek, co pozwala na zmniejszenie ciężaru samochodu i zwiększenie wydajności jego produkcji [2].

Drukowanie 3D z materiałów elastycznych zwanych również elastomerami jest niezwykle ważną gałęzią całej technologii FDM, którą wykorzystuje się w przemyśle. Elastomer jest to elastyczny, giętki i wytrzymały materiał, który charakteryzuje się małą twardością i dobrą odpornością na rozdarcia, ścieranie oraz działanie olejów i substancji chemicznych. Wydruki 3D z materiałów „FLEX” to najczęściej uszczelki, zatyczki, osłony, gumowe elementy w samochodach oraz elementy tłumiące, takie jak wibroizolatory stosowane w celu odizolowania od podłoża drgań generowanych przez maszynę.

Spśród elastomerów najczęściej wykorzystywane są [7]:

- termoplastyczny poliuretan (TPU) – materiał o średniej elastyczności i dobrej odporności na działanie środków chemicznych, a także małej ścieralności;

- termoplastyczny elastomer (TPE) – materiał o dużej elastyczności i bardzo dobrej odporności na działanie środków chemicznych;

- termoplastyczny poliester (TPC) – materiał o małej sztywności, które bardzo dobrze znoszą ekspozycję na bezpośrednie działanie środków chemicznych.

Na ilustracjach – Rys. 5 oraz 6. przedstawiono elementy wykonane technologią druku z materiałów elastycznych. Na pierwszej z tych ilustracji (Rys. 5), przedstawiono gumowy rozdzielacz, natomiast na rysunku 6 – oponę, która została wykorzystana w samochodzie RC.

W przemyśle coraz częściej pojawia się również technologie druku 3D, w których filamentem są tworzywa metalowe. Do druku 3D z metalu stosuje się różne technologie, w tym PBF (*Powder Bed Fusion*), DMLS (*Direct Metal Laser Sintering*), EBM (*Electron Beam Melting*) oraz SLM (*Selective Laser Melting*). W każdej z tych technologii istota jest podobna – metalowy proszek lub drut jest stopniowo nakładany warstwa po warstwie, a następnie jest topiony lub spiekany za pomocą lasera lub wiązki elektronów. Proces drukowania 3D z metalu polega na stopniowym nakładaniu kolejnych warstw metalowego proszku na specjalną platformę drukarki 3D. Każda warstwa proszku jest następnie wypalana za pomocą lasera lub wiązki elektronów, co umożliwia spawanie poszczególnych warstw i tworzenie obiektu.

Jedną z głównych zalet druku 3D w tych technologiach jest możliwość wykorzystania różnych metali, takich jak stal, tytan, aluminium lub miedź. Dzięki temu drukowanie 3D z metalu znajduje zastosowanie w wielu branżach przemysłowych, takich jak lotnictwo, medycyna, motoryzacja, energetyka i wiele innych. Drukowanie 3D z metalu daje również możliwość tworzenia prototypów, form, narzędzi i innych elementów wykorzystywanych w procesie produkcyjnym [11].

### Cechy przemysłowego druku 3D

Stosowana w przemyśle przyrostowa technika wytwarzania jaką jest drukowanie 3D charakteryzuje się cechami charakterystycznymi: pozytywnymi i negatywnymi. Wśród tych pierwszych można wymienić następujące:

- szybkość produkcji: umożliwia szybkie tworzenie prototypów oraz niestandardowych części w krótkim czasie. To pozwala firmom skrócić czas produkcji i zwiększyć jej efektywność;

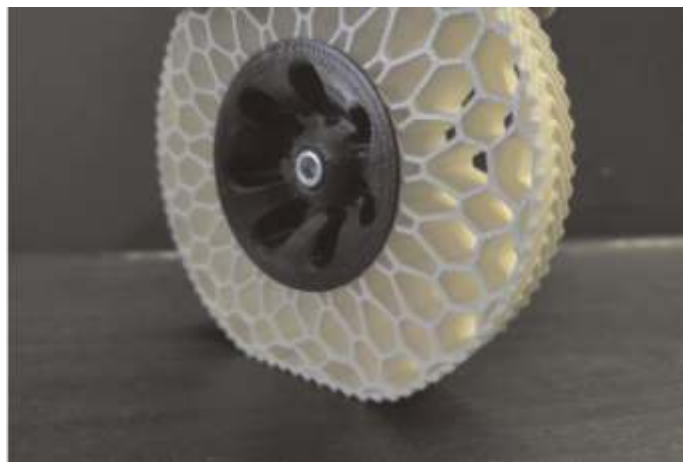
- umożliwia tworzenie niestandardowych części oraz prototypów w sposób znacznie tańszy niż tradycyjne metody produkcji. Jest to szczególnie korzystne w przypadku produkcji małoseryjnej lub jednostkowej;

- możliwość produkcji niestandardowych i nietypowych produktów: druk 3D pozwala na tworzenie produktów o niestandardowych kształtach, które są trudne lub niemożliwe do wykonania za pomocą tradycyjnych metod produkcji;

- dobra jakość produktów. Druk 3D pozwala na precyzyjne tworzenie części, co przekłada się na dużą jakość produktów;

- minimalne odpady. Druk 3D generuje minimalne ilości odpadów w porównaniu z tradycyjnymi metodami produkcji, co jest korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska i kosztów produkcji [3].





Rys 6. Opona. U góry w pozycji swobodnej natomiast na dole podczas przyłożenia siły [8]

Podstawowymi wadami przemysłowego druku 3D są:

- koszt drukarek. Przemysłowe drukarki 3D są kosztowne, co może stanowić barierę dla małych przedsiębiorstw;
- ograniczenia materiałowe. Niektórych tworzyw konstrukcyjnych nie stosuje się w druku 3D, a niektóre – wymagają specjalnych, droższych drukarek 3D.
- wymagane doświadczenie. Druk 3D wymaga doświadczenia i wiedzy technicznej, co może być wyzwaniem dla niektórych przedsiębiorstw;
- wymagane oprogramowanie. Ta technologia wymaga specjalnego oprogramowania, które nie zawsze jest łatwe do szybkiego opanowania przez pracownika.

#### Parametry drukarek 3D istotne z przemysłowego punktu widzenia

W każdej technologii są parametry i czynniki determinujące rezultaty stosowani danych technologii. W przypadku drukowania 3D są to:

**Wymiary obszaru roboczego**, który limituje gabaryty produktów które można wydrukować. W przypadku przemysłowego druku 3D, ważne jest, aby drukarka miała wymiary przestrzeni roboczej wystarczające do wydrukowania dużych części;

reklama



POBIERZ NINIEJSZY KATALOG



**Poczuj się jak  
we własnym domu.**

W swoich narzędziach z mechanicznym mocowaniem Nikko Tools stawia na pierwszym miejscu dbałość o jakość, aby zapewnić Ci zawsze wysoką i niezmienną wydajność. Teraz możesz się zrelaksować, bowiem dzięki Nikko Tools poczujesz się pewnie jak we własnym domu, a Twoja praca będzie sprawniejsza.

**nikko TOOLS**

t. +39 041.959179  
info@nikkotools.com  
[www.nikkotools.com](http://www.nikkotools.com)

Marka Nikko Tools stanowi własność firmy Soma SpA.



**Rozdzielczość** druku określająca dokładność produkowanych elementów detale produktów. W przemyśle, gdzie precyzja jest kluczowa, ważna jest duża rozdzielczość drukarki, po to aby produkty były dokładne i zgodne z wymaganiami;

**Cechy materiałów drukarskich (filamentów).** Drukarki 3D mogą wytwarzać z różnych rodzajów tworzyw konstrukcyjnych, takich jak tworzywa sztuczne, metale, ceramika lub biologiczne. Ważne jest, aby drukarka obsługiwała materiały odpowiednie do produkcji części lub wyrobów w zależności od potrzeb przemysłowych;

**Szybkość druku** określająca, jak szybko produkty mogą być wydrukowane. W przemyśle czas jest cenny, więc szybkość druku jest ważna, aby umożliwić szybką produkcję i zwiększyć efektywność;

**Powtarzalność i jakość.** Ważne jest, aby drukarka 3D była w stanie wydrukować powtarzalne produkty oczekiwanej jakości, co jest kluczowe dla produkcji w skali przemysłowej;

**Automatyzacja.** Automatyzacja procesów produkcyjnych jest w przemyśle ważna, m.in. po to aby zwiększyć efektywność i zmniejszyć błędy ludzkie. Dlatego ważne jest, aby drukarki 3D były w stanie działać w sposób zautomatyzowany;

**Koszt** wydruku 3D powinien być możliwie mały, tak aby producent był konkurencyjny na rynku.

Wszystkie te czynniki i parametry są ważne dla przemysłowego druku 3D, a ich właściwy wybór zależy od potrzeb i wymagań konkretnych firm.

Drukowanie 3D może być również ściśle powiązane ze skanowaniem 3D. Skanowanie 3D dostarcza dane potrzebne do utworzenia trójwymiarowych modeli obiektów (tzw. inżynieria odwrotna [12]). Dzięki skanowaniu 3D można utworzyć modele istniejących przedmiotów i następnie je wydrukować, co jest szczególnie przydatne w przypadku tworzenia części zamiennych, replikacji obiektów historycznych lub modelowania skomplikowanych kształtów.

Po zeskanowaniu obiektu dane zapisywane są w formacie cyfrowym, który

następnie może zostać przetworzony przez oprogramowanie CAD (*Computer – Aided Design*) w celu utworzenia modelu 3D, który można wydrukować przy użyciu drukarki 3D. Skanowanie 3D pozwala także na tworzenie modeli hybrydowych, które łączą elementy drukowane 3D z elementami już istniejącymi.

Skanowanie 3D jest również przydatne w procesie weryfikacji jakości wydrukowanych modeli, ponieważ pozwala na porównanie wydrukowanego obiektu z modelem oryginalnym i identyfikację odchyłek lub ewentualnych błędów.

### Podsumowanie

Druk 3D znalazł obecnie zastosowanie w wielu dziedzinach wytwórczych, w tym tak oryginalne jak drukowanie implantów i protez dla medycyny lub wyrobów cukierniczych. Technologia ta staje się też standardową techniką wytwarzania wyrobów przemysłowych. Sektor maszynowy, lotniczy i samochodowy to wiodące przykłady intensywnie wdrażanej obróbki addytywnej.

Procesy wykorzystywane w druku 3D nieustannie się rozwijają i zmieniają. Opracowywane i wprowadzane są nowe rozwiązania konstrukcyjne drukarek, procesy chemiczne i fizyczne stanowiące podstawę tworzenia addytywnego wyrobów w powiązaniu z nowatorskimi materiałami drukarskimi. Można się spodziewać, że rozwój ten będzie trwać ciągle, a drukowanie 3D będzie w coraz większym stopniu oddziaływać na różne gałęzie przemysłu, zastępując tradycyjne techniki wytwarzania.

O zaletach druku 3D w inżynierii świadczą coraz bardziej otwarty na tę technologię przemysł oraz wzrastająca liczba firm oferujących usługi projektowania i wykonania elementów tą techniką.

### Literatura

1. Arabik R.: *Stanowisko do automatycznej kontroli wizyjnej kamerą, wykonane z wykorzystaniem technologii druku 3D dla wybranych elementów stanowiska*. Praca inżynierska napisana pod kierunkiem dr inż. W. Gruszeckiego. Akademia Nauk Stosowanych w Tarnowie. Tarnów 2022.

2. Caban J., Szala M., Kęsik J., Czuba Ł.: *Wykorzystanie druku 3D w zastosowaniach automotive, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*. Instytut Naukowo-Wydawniczy SPATIUM. sp. z o.o., 2017.

3. Cichoń K., Brykalski A.: *Zastosowanie drukarek 3D w przemyśle*. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie. Przegląd Elektrotechniczny, vol. 93, nr 3/2017.

4. Dodziuk H.: *Perspektywy rozwoju druku 3D, Druk 3D/AM. Zastosowanie oraz skutki społeczne i gospodarcze*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019.

5. Domaszka M.: *Symulacja układu optycznego projektora DLP ze źródłem LED*. Zeszyty naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 95, Gdynia 2016.

6. Freedman J.: *Future Uses and Possibilities of 3D Printing*. Cavendish Square Publishing, LLC First Edition. New York 2018.

7. Kozioł P.: *Badanie wytrzymałości zmęczeniowej wydruków 3D z materiałów elastycznych*. Praca magisterska. Uniwersytet Rzeszowski. Rzeszów 2022.

8. Materiały Rzeszowskiego Centrum Technologii 3D, Rzeszów 2020.

9. Rouhana1 C., Aoun M., Faek F., Eljazzar M., Hamzeh F.: *The Reduction of Construction Duration by Implementing Contourontour Crafting (3d Printing)*. Proceedings IGLC-22, Oslo, Norway, 2014.

10. Styp-Rekowski M., Matuszewski M., Oborski I., Polishchuk O.: *Miejsce technik przyrostowych w procesach wytwórczych*. *Obróbka Metalu*, nr 2-3/2020.

11. Tatarczak J., Krzysiak Z., Samociuk W., Kaliniewicz Z., Krzywonos L.: *Przegląd nowoczesnych technologii druku 3D obiektów metalowych*,: *Mechanik* vol. 90, nr 7/2017.

12. Werner A., *Ocena dokładności realizacji procesu inżynierii odwrotnej obiektu przestrzennego*. Pomiary, automatyka, robotyka. Wydział Mechaniczny Politechniki Białostockiej, nr 5/2012.

13. Zieliński D.: *Drukowanie trwałych elementów z tworzyw termoplastycznych w technologii FDM/FFF*. *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, nr 4/2021.

14. Zinkiercz M.: *Sztuka jedzenia*. Portal Polskiego Radia S.A. Czwórka, maj 2022. ■

# ITM

## INDUSTRY EUROPE

### 30.05-2.06.2023

#### POZNAŃ, POLAND

ZAPRASZA

**mtp**  
GRUPA



Międzynarodowe  
Targi Poznańskie

# PRZEMYSŁ

# ERY CYFROWEJ

[www.ITM-Europe.com](http://www.ITM-Europe.com)

W tym samym czasie:



MODERNLOG



SUBCONTRACTING



# Potęga ekspozycji i bogactwo programu

Aż siedem pawilonów, 42 tysiące metrów kwadratowych czyli powierzchnia równa sześciu pełnowymiarowym boiskom piłkarskim – tak w siłę rosną zbliżające się targi ITM INDUSTRY EUROPE, kluczowe wydarzenie dla branży przemysłowej. Tegoroczna oferta wystawców i prezentowane maszyny powinny zainteresować nie tylko duże fabryki, ale także małe i średnie przedsiębiorstwa. W programie pojawią się nowe inicjatywy, które skierowane są do szerokiego grona odbiorców i wpisują się w rynkowe trendy.

Z uwagi na ogromne zainteresowanie powierzchnią wystawienniczą tegorocznej edycji targów ITM INDUSTRY EUROPE, organizator, Grupa MTP, podjął decyzję o powiększeniu liczby pawilonów przeznaczonych na ekspozycję. W tej edycji, w aż siedmiu targowych budynkach znajdzie się oferta m.in.: obrabiarek do metali, narzędzi, automatyki przemysłowej, robotyki, metalurgii, odlewnictwa, spawania i cięcia, technologii addytywnych, oprogramowania oraz metrologii przemysłowej. Ważną częścią wystawy będzie reprezentacja polskich ośrodków badawczych pod wspólną nazwą NAUKA DLA GOSPODARKI.

– Wraz z wystawcami planujemy aby w tym roku oferta była bardziej dostępna również dla małych i średnich firm. Wspierając procesy automatyzacji polskiego przemysłu na każdym szczeblu, pragniemy aby szansę na technologiczny postęp mieli nie tylko najwięksi gracze na rynku, ale także mniejsze przedsiębiorstwa z dużymi ambicjami rozwoju. Dlatego część producentów maszyn zaprezentuje rozwiązania, które będą bardziej dostępne, „szyte” na konkretną miarę i kieszeń. – zapowiada Anna Lemańska-Kramer, dyrektor targów ITM INDUSTRY POLAND.

Uzupełnieniem oferty wystawców jest wyjątkowo rozbudowany program wydarzeń, w którym znajdzie się miejsce dla przedstawicieli różnych gałęzi przemysłu.

## **Aluminium. Zielona przyszłość**

Polskie Stowarzyszenie Aluminium zrzesza czołowe firmy działające w rodzimej branży aluminium. Reprezentuje interesy sektora w relacjach z decydentami i przedstawicielami otoczenia biznesowego, promuje zastosowania aluminium we wszystkich możliwych aplikacjach, dostarcza profesjonalnych informacji na temat branży, współpracuje ze środowiskiem naukowym i badawczym, także na forum międzynarodowym. Podczas najbliższej edycji targów PSA zorganizuje panel pt.: Aluminium. Zielona przyszłość.

– Wezmą w nim udział przedstawiciele czołowych producentów wyrobów aluminiowych w Polsce. Będziemy rozmawiali o szansach i wyzwaniach, jakie przed branżą aluminium stawia europejska zielona transformacja przemysłowa. Aluminium to z jednej strony materiał, którego produkcja podlega regulacjom wynikającym z polityki klimatycznej UE, ale z drugiej – surowiec niezbędny do

wytwarzania wszelkiego rodzaju wyrobów pozwalających na spełnienie ambitnych celów polityki środowiskowej. Aluminium jest więc kluczowym materiałem z punktu widzenia europejskiej polityki przemysłowej. Rozwój branży aluminium służy uniezależnieniu się gospodarki UE od dostawców zewnętrznych. Podczas panelu będziemy mówili o aktualnych trendach rynkowych, otoczeniu prawnym oraz innowacyjnych rozwiązaniach technologicznych dotyczących europejskiej, w tym polskiej branży aluminium – mówi Andrzej Michalski-Stępkowski, prezes Polskiego Stowarzyszenia Aluminium.

## **Transformacja cyfrowa i zrównoważony rozwój**

Jakie są trendy i wyzwania związane z transformacją cyfrową oraz jej oddziaływaniem na funkcjonowanie przedsiębiorstwa? – na to i inne pytania odpowiadać będą eksperci Poznańskiego Parku Naukowo-Technologicznego w trzecim dniu targów ITM INDUSTRY EUROPE.

Poruszone zostaną takie tematy jak: wpływ nowoczesnych technologii na procesy biznesowe i rodzące się z tym wyzwania w kontekście zmiany kultury organizacyjnej, dostosowanie modeli bizneso-





wych do zmieniających się trendów w zakresie transformacji cyfrowej, cyberbezpieczeństwo oraz wdrażanie inteligentnych systemów automatyzacji procesów biznesowych w celu zwiększenia efektywności operacyjnej. Wydarzenie będzie doskonałą okazją do wymiany doświadczeń oraz nawiązania kontaktów biznesowych dla przedstawicieli różnych branż i sektorów.

PPNT przygotowuje także panel pt.: „Czym jest ESG i jak wpłynie na Twoją firmę?“, w trakcie którego eksperci przybliżą, czym jest ESG i dlaczego warto prowadzić biznes w sposób zrównoważony.

– *Przedstawimy trendy biznesowe i regulacje prawne dotyczące raportowania kwestii zrównoważonego rozwoju i wyjaśnimy, jak wpłyną one na relacje między dużymi firmami i ich mniejszymi kontrahentami. Nie zabraknie dyskusji o największych wyzwaniach, ale i szansach wynikających z mierzenia i zarządzania wpływem firmy na środowisko i społeczeństwo oraz roli technologii w ich zaadresowaniu. Uczestnicy panelu dowiedzą się, jak czynniki ESG wpływają na kondycję finansową firmy i budowanie przewagi konkurencyjnej, czy*

*warto wdrażać strategię ESG i jak się za to zabrać – wyjaśnia Roman Niedzielski, kierownik Zespołu Skalowania Biznesu i Inwestycji Kapitałowych PPNT.*

### Unifikacja danych i dokumentacja techniczna

Jednym z punktów programu targów ITM INDUSTRY EUROPE będzie wystąpienie ekspertów Comarch, którzy przybliżą korzyści z wykorzystania unifikacji danych w zarządzaniu produkcją na przykładzie swoich rozwiązań. W czasie prelekcji uczestnicy dowiedzą się jak bardzo ujednoczenie danych wpływa na efektywność i w całego zakładu produkcyjnego, a także na redukcję kosztów i eliminację błędów w procesach produkcji. Prelegenci porozmawiają również o tym, jak Comarch IoT MES może pomóc w realizacji celów związanych z Lean Manufacturing przybliżając działanie całego przedsiębiorstwa w kierunku Przemysłu 4.0/ERP 4.0.

W dobie kryzysu wiele firm szuka oszczędności, jednocześnie nie rezygnując z dalszego rozwoju. Czy można te dwa elementy zintegrować ze sobą? Między oszczędnościami, a rozwojem istnieje sil-

na synergia, a ich połączeniem są dobrze zaprojektowane rozwiązania inżynierskie oraz sprawne zarządzanie komunikacją techniczną. Według ekspertów Etteplan, międzynarodowej firmy o fińskich korzeniach wytyczającej trendy w digitalizacji przemysłu, te obszary mają wspólny mianownik – innowacyjność i oszczędności. Uczestnicy targów ITM INDUSTRY EUROPE będą mogli wziąć udział w interesującej prelekcji Piotra Garbeli z Etteplan, który od ponad 10 lat pomaga firmom przejść przez proces usprawniania i podnoszenia efektywności w przemyśle.

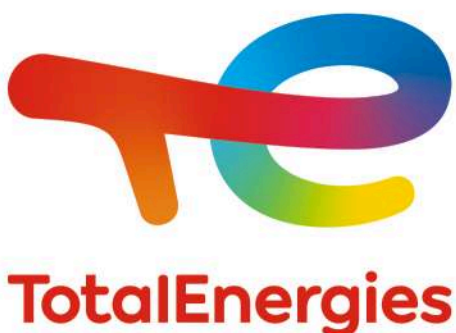
Zaprezentowane tematy to tylko część zagadnień, które pojawią się na targach ITM INDUSTRY EUROPE. Program tej edycji będzie sukcesywnie aktualizowany na stronie internetowej wydarzenia. Targi ITM INDUSTRY EUROPE potrwać cztery dni od 30 maja do 2 czerwca 2023 r. na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich. W tym samym czasie będzie można zwiedzić ekspozycję: Targów Logistyki, Magazynowania i Transportu Modernlog, Targów Kooperacji Przemysłowej Subcontracting oraz Salonu Bezpieczeństwa Pracy w Przemysle. ■

# Folia



## Rewolucja w obróbce metali

Przyjazna środowisku gama produktów Folia jest rewolucją w dziedzinie obróbki metali. Charakteryzuje się doskonałą smarnością oraz siłą chłodzenia, oferuje użytkownikom unikalne rozwiązanie do różnych operacji obróbczych.





## Zdrowie, bezpieczeństwo i wydajność



Wykorzystując zaawansowane technologie, wprowadzamy na rynek pierwszą i jedyną ciecz do obróbki metali, która zastępuje standardowe chłodziwa wodorocieńczone produktem na bazie biopolimerów. Zapewnia lepszą wydajność obróbki metali oraz większe bezpieczeństwo pracy operatorów.



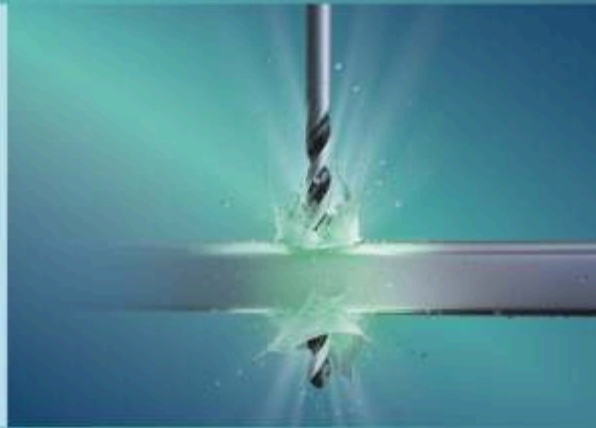
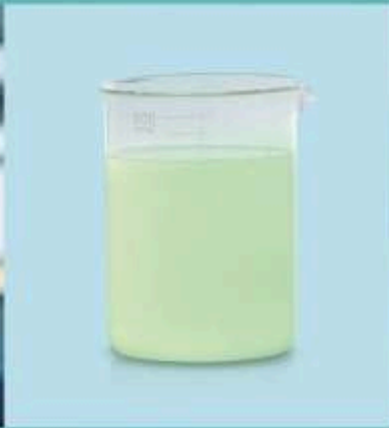
- Bezpieczniejsze komponenty
- Technologia wolna od boru
- Brak piktoqramów CLP



- Brak zapachu
- Nie powoduje chorób skóry
- Nie pieni się
- Nie zaoleja maszyn i miejsc pracy



- Wydłużony czas pracy narzędzi
- Wydłużony czas pracy produktu
- Zmniejszona konsumpcja cieczy obróbczej
- Zwiększona produktywność



- Kompatybilna z olejami do przewodnic
- Nie pieni się
- Nie miesza się z olejami przeciekowymi

- Doskonale smarowanie i chłodzenie
- Długi czas pracy cieczy obróbczej

- Lepsza widoczność procesu obróbczego



Jest **Wiele** powodów, aby wybrać produkty z gamy **Folia**.



- Większa kompatybilność z uszczelnieniami / gumami

- Zmniejsza zużycie narzędzi obróbczych, co przekłada się na mniejsze koszty zakupu narzędzi obróbczych
- Pozwala zwiększyć obciążenie i prędkość cięcia

- Uniwersalna ciecz do szerokiego zakresu zastosowań



# Czułość ludzkiej ręki w robotach

Czułość ludzkiej ręki w złożonych pracach montażowych i transferowych stanowi wzorzec dla innowacyjnego modułu kompensacyjnego, który upraszcza istniejące procesy montażu i łączenia oraz udostępnia szeroką gamę nowych możliwości w automatyzacji. W dłuższej perspektywie efektor końcowy ma stać się podstawą dla samouczących się komórek produkcyjnych.

Roboty w znacznym stopniu przyczyniają się do automatyzacji fabryk. Byłoby jednak jeszcze lepiej, gdyby maszyny potrafiły działać równie inteligentnie jak ludzie. W przypadku istniejących systemów zrobotyzowanych rozwiązanie wielu problemów wymaga niewspółmiernie dużego wysiłku. Każda próba kontroli niestabilnych procesów prowadzi zwykle do wysokich kosztów uruchomienia, uczenia lub konserwacji. Odchylenia od prawidłowego położenia, które nie są korygowane na bieżąco, mogą spowodować nieprawidłowości, a nawet uszkodzenie produktu.

Kolejnym wyzwaniem są niezwykle złożone procesy produkcyjne, które dawniej były niemożliwe do zaimplementowania z technicznego lub ekonomicznego punktu widzenia. Dotychczasowe ograniczenia w zakresie jakości, wydajności i produktywności można teraz wyeliminować za pomocą niewielkiego i łatwo instalowanego komponentu.

## Smart end effector rewolucjonizuje robotykę

Tak jak inteligentne gniazdko, które wkłada się do zwykłego gniazdko, aby podłączać domowe urządzenia do sieci elektrycznej i zapewniać przejrzystość ich obsługi, podobnie element kompensacyjny pomaga dużym robotom przemysłowym produkować towary w bardziej ekonomiczny sposób i z większą

precyzją. Bazując na tej koncepcji, pracujący w firmie Bosch Rexroth eksperci ds. techniki przemieszczeń liniowych opracowali moduł Smart Flex Effector,



Jednostka kompensacyjna wspomagana za pomocą czujników opracowana z myślą o robotach przegubowych i liniowych: Smart Flex Effector zwiększa precyzję, produktywność i stopień automatyzacji procesów, a ponadto pozwala uniknąć błędów

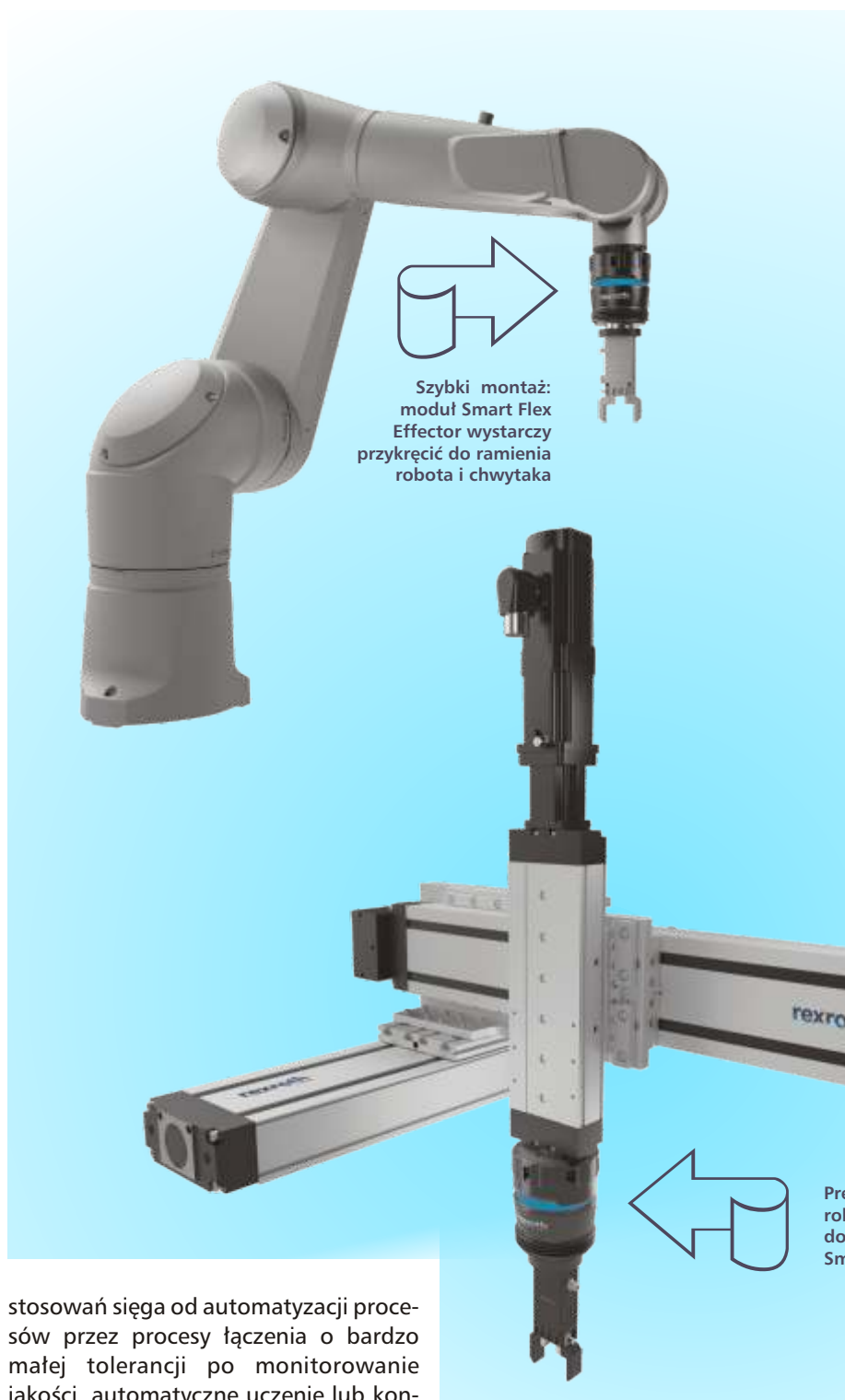
który pozwala zarówno podsystemom kartezyjskim, jak i robotom przegubowym „wyczuwać” sytuację w ich otoczeniu. Oprócz niezbędnych czujników ten innowacyjny element kompensacyjny jest wyposażony w układ kinema-

tyczny, który działa niezależnie w sześciu stopniach swobody.

Połączenie funkcji sensorycznych i mechanicznych jest podstawą inteligentnej współrzędnościowej jednostki pomiarowej, dzięki której niestabilne i bardzo złożone procesy stają się przejrzyste i możliwe do kontrolowania. Smart Flex Effector może na przykład wyczuć położenie obrabianych lub przenoszonych przedmiotów w neutralny czasowo sposób w trakcie chwytania i przekazywać informacje o położeniu bezpośrednio do odpowiedniego sterownika robota, aby aktywnie kompensować bieżące różnice w położeniu. W przeciwieństwie do sond pomiarowych pozwala to na dokładne łączenie i przenoszenie obiektów bez wykonania dodatkowych operacji.

## Przełom w automatyzacji procesów

Efektor końcowy, który spełnia wymagania stopnia ochrony IP54, nadaje się do przenoszenia przedmiotów o masie sięgającej 6 kg. Udostępnia szereg nowych możliwości zarówno producentom, jak i użytkownikom maszyn. Pozwala na realizację zadań, które wcześniej były niemożliwe – albo możliwe tylko częściowo – do zaimplementowania lub były kosztowne i wymagały pasywnych jednostek kompensacyjnych, czujników momentu siły i systemów wizyjnych. Szeroki zakres za-



Szybki montaż:  
moduł Smart Flex  
Effector wystarczy  
przykręcić do ramienia  
roboty i chwytaka

odkładane w prawidłowy sposób lub trafnie sortowane. Pozwala to bezpiecznie i dynamicznie przenosić nawet części wykonane ze szkła lub innych delikatnych materiałów. W przypadku szybkich ruchów transportowych w trakcie procesu moduł kompensacyjny może być aktywnie ustawiony na pozycję „zero” i elektromechanicznie zablokowany.

Dzięki efektorowi końcowemu można też uprościć lub zautomatyzować procesy uczenia. Robotyczny system sterowania potrafi bezpośrednio odczytywać dokładne współrzędne punktów chwytania i odkładania, dlatego teraz możliwe jest wielokrotne uczenie również w trakcie pracy urządzenia. Jeśli to konieczne, robota można także „poinstruować” ręcznie z pomocą efektora końcowego – wystarczy ręcznie przesunąć go na pozycję.

W ramach monitorowania procesów innowacyjny moduł kompensacyjny nie tylko ułatwia dokumentację, lecz także zwiększa jakość procesów. Przez natychmiastowe wykrywanie odchyłeń między położeniem docelowym i rzeczywistym

Precyzja, dynamika i czułość:  
robot kartezjański  
do przenoszenia z modułem  
Smart Flex Effector

stosowań sięga od automatyzacji procesów przez procesy łączenia o bardzo małej tolerancji po monitorowanie jakości, automatyczne uczenie lub kontrolowane przenoszenie przedmiotów.

Jednym z przykładów czynności wykonywanych ręcznie, których dotychczas nie można było zautomatyzować ze względów ekonomicznych, jest wkładanie płytek drukowanych do jednostek sterujących silników. W przeszłości problemem był tu fakt, że położenia płytki nie można było określić w zadowalający sposób. Tymczasem nawet najmniejsze niedopasowanie w trakcie wkładania płytki powodowało wygięcie lutowanych złączy. Jeśli jednak robot jest wy-

posażony w moduł Smart Flex Effector, system może wprowadzić niezbędne drobne korekty i prawidłowo umieścić płytkę w jednostce.

#### Inteligentne przenoszenie, uczenie i monitorowanie

W typowych zadaniach przenoszenia aktywna kompensacja odchyłeń od odpowiedniego położenia pozwala zadbać o to, aby montowane lub przenoszone obiekty były precyzyjnie pobierane,

oraz zgłaszanie ich do systemu sterowania w celu wprowadzenia korekt można uniknąć błędów i niepotrzebnych kosztów wynikających z wybrakowanych produktów lub przeróbek.

#### Łatwa instalacja i uruchomienie

Smart Flex Effector powstał z myślą o specjalistach w dziedzinie automatyzacji, integratorach systemów, integratorach i producentach rozwiązań robotycznych oraz dostawcach i sprze-

dawcach urządzeń peryferyjnych. Dotykowy moduł kompensacyjny może także zainteresować zakłady przemysłowe i użytkowników z różnych sektorów przemysłu, takich jak elektronika, przemysł metalowy czy branża artykułów konsumpcyjnych. Instalacja jest bardzo prosta. Na potrzeby instalacji mechanicznej dostępne są kołnierze adaptera do popularnych robotów i chwytaków. Zasilanie odbywa się przez standardowy zasilacz 24 V, a wymiana danych ze sterownikiem przez interfejs RS485 lub dodatkowe cyfrowe interfejsy wejścia/wyjścia. Elektromechaniczny system blokady nie wymaga układu pneumatycznego.

### Nowa rola ludzi w systemie produkcji

Dzięki szerokiej gamie możliwych zastosowań w automatyce Smart Flex Effector może pomóc przeciwdziałać dotkliwym brakom wykwalifikowanych pracowników i personelu do wykonywania zadań montażu i łączenia. Mimo to ludzie są w dalszym ciągu potrzebni w procesach montażowych. Zamiast

wykonywać monotonne czynności, mogą jednak wykorzystać swoją wiedzę i umiejętności w innych zadaniach, takich jak analiza danych czy optymalizacja procesów w zintegrowanych systemach i podsystemach.

### Perspektywy: podstawa dla samouczących się komórek

Inteligentne efekторы końcowe mają rewolucyjny potencjał, ponieważ nie tylko rozwiązują aktualne problemy w produkcji przemysłowej, lecz także niosą ze sobą nowe możliwości w zakresie projektowania systemów produkcyjnych. W dłuższej perspektywie inteligentne moduły kompensacyjne mogą również umożliwić tworzenie systemów produkcyjnych i elastycznych komórek montażowych o znacznie prostszej zasadzie działania i niższych kosztach. W przyszłości strumień danych płynący z efektorów końcowych będzie też można połączyć z algorytmami sztucznej inteligencji, aby pozwolić systemowi na uczenie maszynowe. W ten sposób proces będzie nieprzerwanie sam się optymalizował.

### Obsługa procesu przez człowieka jako wzorzec

Inteligentny efektor końcowy firmy Bosch Rexroth został opracowany na podstawie kluczowego spostrzeżenia: ekonomiczne stabilizowanie złożonych, niestabilnych procesów z powiązаныmi podprocesami przez samo zwiększenie dokładności pozycjonowania w systemach produkcyjnych i komórkach montażowych jest niemożliwe. Dotyczy to zwłaszcza dużej zmienności wariantów i niewielkich ilości. Dlatego bardziej obiecujące wydaje się być naśladowanie podstępowania człowieka: zamiast unikać czynników zakłócających, takich jak zmęczenie lub skumulowane błędy pomiarowe, lub je eliminować, pracownicy uwzględniają w procesie indywidualną nieostrość. Smart Flex Effector firmy Bosch Rexroth idzie za tym przykładem. Aby zapewnić wysoką jakość procesu przenoszenia, nie są używane bezwzględne współrzędne w przestrzeni. Moduł kompensacyjny stopniowo definiuje niezbędne punkty pobierania elementów, punkty łączenia i pozycje odkładania, aby właściwie pobierać obiekty i indywidualnie je obsługiwać. ■

reklama



**narzedziownia.org**  
Portal branży narzędziowej

Baza firm



Katalog produktów



Wiadomości



Księgarnia




Reklama




Zostaw nam swoją ofertę  
**Daj się znaleźć...**

**Skontaktuj się z nami:**  
[www.metale.org](http://www.metale.org)  
 e-mail: [redakcja@metale.org](mailto:redakcja@metale.org)  
 85-766 Bydgoszcz, ul. Fordońska 393  
 tel. 52 343 73 35, fax 52 561 02 37



**staleo.pl**  
portal przemysłowy



Stale  
o PRZEMYSŁE  
[www.staleo.pl](http://www.staleo.pl)



# Laserowe spawanie stali niskowęglowej

NORBERT RADEK\*

W pracy przedstawiono badania wpływu wybranych parametrów spawania laserowego na własności mechaniczne spoiny. Badano wpływ dwóch parametrów: prędkości posuwu oraz mocy wiązki. Na badania własności spoiny oraz stref do nich przyległych składały się następujące pomiary: statycznej próby rozciągania i twardości oraz obserwacje mikroskopowe. Przeprowadzone badania wykazały, że spoiny otrzymane przy różnych parametrach spawania charakteryzują się zbliżonymi własnościami mechanicznymi.

## WPROWADZENIE

Proces spawania laserowego polega na przetopieniu metali w miejscu ich zetknięcia zogniskowaną wiązką promieniowania o gęstości mocy  $10^4 \div 10^6$  W/mm<sup>2</sup> [10]. Pojawienie się laserów o dużej mocy wyjściowej dało nadzieję na zrealizowanie procesu łączenia grubych blach przez bezpośrednie przetopienie ich zetkniętych brzegów z pominięciem ukosowania i pracochłonnego wypełniania zukosowanego rowka ściegami spoiwa. Możliwość takiego przetapiania została już wcześniej uzyskana w metodzie spawania elektronowego, ale zostało to okupione wieloma niedogodnościami związanymi z: koniecznością umieszczania spawanych elementów w próżni, likwidacją przypadkowych pól magnetycznych i z koniecznością ochrony przed promieniowaniem rentgenowskim, powstającym przy spawaniu elektronowym z wysokim napięciem [11].

Proces spawania laserowego cechują następujące zalety:

– duża czystość procesu (zależna od przygotowania powierzchni i czystości gazów),

– możliwość łączenia materiałów trudno spawalnych,

– łatwość automatyzacji,

– możliwość spawania z dużą precyzją (np. łączenie elementów cienkich i grubych),

– duża szybkość procesu,

– możliwość wykorzystania jednego źródła promieniowania na kilku stanowiskach,

– spawanie przebiega przy ciśnieniu atmosferycznym (w przeciwieństwie do spawania wiązką elektronów, które wykonywane jest w próżni),

– duża wartość gęstości mocy (w przypadku spawania głębokiego) dzięki czemu uzyskuje się małe dystorsje,

– wąska strefa wpływu ciepła.

W porównaniu z tradycyjnymi metodami, spawanie laserowe ma znacznie więcej zalet, co umożliwia rozszerzenie

zakresu metali i stopów, które można spawać ze sobą tworząc wytrzymałe i dobre strukturalnie złącza. Większość metali i stopów cechuje się małym współczynnikiem absorpcji promieniowania laserów CO<sub>2</sub>. Przy spawaniu wiązką o gęstości mocy nie przekraczającej 0,5 MW/cm<sup>2</sup>, otrzymuje się płytką spoinę o szerokiej strefie wpływu ciepła, ponieważ dostarczona energia absorbowana jest jedynie na powierzchni. Otrzymany kształt spoiny jest efektem procesu przewodzenia ciepła w głąb materiału. Natomiast dla gęstości mocy rzędu 1,0 MW/cm<sup>2</sup> zmienia się mechanizm absorpcji promieniowania przez metal. W osi wiązki materiał odparowuje, a utworzony kanał parowy umożliwia głębokie wnikanie wiązki. Wielokrotne jej odbicie od ścianek kapilary powoduje jonizację par metalu i tworzenie się plazmy. Plazma przekazuje energię wiązki laserowej do materiału i w efekcie powstaje spoina o dużej głębokości i wąskiej strefie wpływu ciepła [5].

\* Dr hab. inż. Norbert RADEK, prof. uczelni, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Centrum Laserowych Technologii Metali, Al. Solidarności 23, 25-314 Kielce, norrad@tu.kielce.pl.

Jakość i kształt spoin wykonanych za pomocą wiązki laserowej uzależnione są od stosowanych parametrów spawania. Do podstawowych czynników należą [8]:

- moc wiązki,
- średnica wiązki laserowej,
- prędkość spawania,
- sposób ogniskowania wiązki względem powierzchni spawanych elementów,
- rodzaj, ilość i kierunek nadmuchu gazu ochronnego,
- własności spawanego materiału.

W zależności od gęstości mocy wiązki można wyróżnić kilka metod spawania laserowego [3]:

- mikrosparwanie,
- spawanie przewodnościowe,
- spawanie głębokie,
- spawanie plazmowe.

Technika laserowego spawania umożliwia uzyskanie nowych, dotychczas niemożliwych do otrzymania połączeń różnych kombinacji metali. Należy podkreślić jednak, że nie wszystkie metale dają się dobrze spawać przy użyciu lasera, jest to zależne od ich właściwości termicznych i strukturalnych, np. cyna, aluminium, ołów, tantal lub wolfram na ogół są trudno spawalne – Tabela 1.

Przy spawaniu ze sobą różnych metali, których właściwości fizyczne, np. absorpcja, przewodność cieplna, temperatura topnienia) znacznie się różnią, występują dodatkowe utrudnienia w przeprowadzeniu procesu spawania, a dobór parametrów procesu musi być wynikiem kompromisu między wymaganiami dla obu łączonych metali. Stosowanie pokrycia absorpcyjnego oraz odpowiednio ukształtowanej plazmy ułatwia proces spawania, korzystne efekty uzyskuje się również przy użyciu dodatkowego materiału wypełniającego. Materiałem tym powinien być stop, którego jeden ze składników dobrze rozpuszcza się w obu łączonych metalach. W przypadku, gdy pokrycia absorpcyjne nie mogą być stosowane z uwagi na możliwości wprowadzenia zanieczyszczeń, pozytywny efekt poprawy absorpcji uzyskuje się przez

Tabela 1. Zestawienie efektywności spawania laserem różnych metali: skala od 1 – zła do 10 – bardzo dobra [9]

	Ag	Al	Cr	Cu	Fe	Mo	Ni	Pd	Pt	Sn	Ta	Ti	W
Ag	X	5	1	4	7	1	1	9	4	1	1	4	1
Al	5	X	1	4	4	1	4	1	1	1	1	4	1
Cr	1	1	X	1	9	9	8	6	/	1	1	/	9
Cu	4	4	1	X	4	1	9	8	8	1	1	4	1
Fe	7	4	9	4	X	/	/	6	6	1	4	4	4
Mo	1	1	9	1	7	X	4	6	6	1	9	9	9
Ni	1	4	8	9	/	4	X	8	8	1	/	4	3
Pd	9	1	6	8	6	6	8	X	8	3	6	3	3
Pt	4	1	7	8	6	6	8	8	X	4	4	3	6
Sn	1	1	1	1	1	1	1	5	4	X	1	1	1
Ta	1	1	1	1	4	9	7	6	4	1	X	9	9
Ti	4	4	/	4	4	9	4	3	3	1	9	X	3
W	1	1	9	1	4	9	3	3	6	1	9	3	X

Tabela 2. Skład chemiczny stali DC04 [6]

Oznaczenie stali	Maksymalna zawartość [%]				
	C	Mn	P	S	Ti
DC04	0,08	0,40	0,030	0,030	0

Tabela 3. Właściwości mechaniczne stali DC04 [6]

Granica plastyczności $R_{p0,2}$ maksymalnie [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa]	Wydłużenie $A_{50}$ % minimalnie	Parametry formowalności $r_{50}$ minimalnie	Parametry formowalności $r_{90}$ minimalnie
≥110	270 – 350	38	1,6	0,18

wykorzystanie plazmy generowanej w gazie osłonowym o niskim progu jonizacji [5].

**MATERIAŁY I URZĄDZENIA STOSOWANE W BADANIACH**

Próbki do badań zostały wykonane z blachy stalowej o oznaczeniu handlowym DC04 i grubości 0,8 mm. Jest to gatunek odporny na starzenie, przeznaczony do wymagających zastosowań, obejmujących głębokie tłoczenie i rozciąganie, stosowany głównie w środkach transportu. Stal DC04 charakteryzuje się dobrą spawalnością i zgrzewalnością, dlatego nie wymaga dodatkowych zabiegów podczas procesu łączenia. Skład chemiczny i właściwości mechaniczne stali DC04 zostały zawarte w Tabelach 2 i 3.

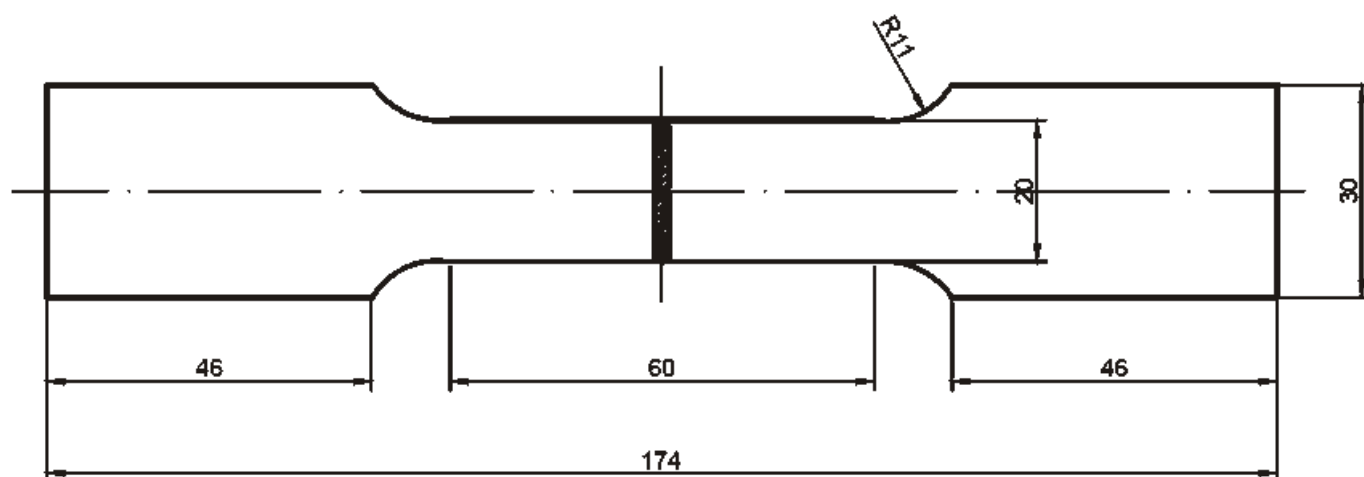
Przygotowanie próbek do badań polegało na wycięciu ich laserem z arkusza blachy stalowej. Próbki następnie zo-

stały przecięte w poprzek na dwie równe części, które zesparowano laserem. Wymiary oraz kształt próbki przedstawiono na rysunku 1.

Cięcie i spawanie laserowe wykonano za pomocą lasera CO<sub>2</sub> model LaserCell 1005 (długość fali  $\lambda = 10,6$  m) przedstawionego na rysunku 2.

Badania własności spoin wykonanych laserowo skupiły się na: obserwacji i analizie mikrostruktury oraz na pomiarach twardości i statycznej próbie rozciągania.

Obserwacje mikrostruktury prowadzono używając elektronowego mikroskopu skaningowego Joel typ JSM-5400. Twardość mierzono na twardościomierzu NEXUS 4304 przy obciążeniu 10 N, przyłożonym przez 10 s. Statyczną próbę rozciągania przeprowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej LabTest 5.20SP1.



Rys. 1. Kształt i wymiary próbek stosowanych w badaniach



Rys. 2. Urządzenie od obróbki laserowej Lasercell 1005

### DOBÓR PARAMETRÓW SPAWANIA LASEROWEGO

Dobór parametrów spawania odbywał się poprzez sterowanie dwoma parametrami, tj. mocą lasera i prędkością posuwu. Według literatury [1, 2, 4, 7, 12] w/w parametry mają największy wpływ na jakość wykonanych spoin.

Na rysunku 3 przedstawiono przetopy imitujące spoinę, natomiast w Tabeli 4 – parametry spawania laserowego (testowe). Na podstawie analizy makroskopowej przetopów oraz zjawisk towarzyszących procesowi spawania laserowego, a więc: moc lasera i prędkość posuwu.

Przetopy A-D powstały przy prędkości posuwu równej 3,0 m/min. Moc lasera początkowo wynosiła 1,5 kW i była stopniowo zwiększana do 2,5 kW. Podczas wykonywania przetopu z mocą 1,5 kW nie wystąpiła plazma. Przy mocy 1,8 kW pojawił się niewielki obłoczek plazmy, który nie miał istotnego wpływu na przebieg procesu. Pozytywny efekt w formie obłoku plazmy uzyskano przy przetopie z mocą 2,0 kW i 2,5 kW. Na podstawie obserwacji makroskopowych wykonanych przetopów przyjęto moc lasera równą 2,0 kW. Przy takiej mocy lasera wykonano następujących pięć przetopów E-I sterując prędkością posuwu w zakresie od 2,0 do 5,0 m/min. Zaobserwowano, że przy prędkości posuwu 5,0 m/min nie wystąpił przetop na wskroś materiału

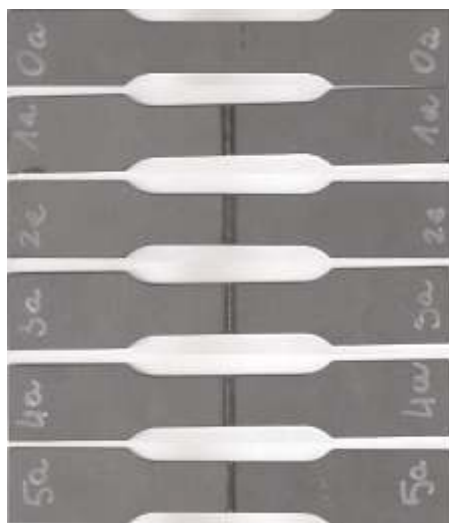
Tabela 4. Testowe wartości głównych parametrów spawania laserowego

Oznaczenia	Moc lasera P [kW]	Prędkość posuwu v [m/min]
A	1,5	3,0
B	1,8	3,0
C	2,0	3,0
D	2,5	3,0
E	2,0	2,0
F	2,0	2,5
G	2,0	3,5
H	2,0	4,0
I	2,0	5,0





Rys. 3. Widok przetopów imitujących spoinę (próba testowa)



Rys. 4. Przykładowe próbki z serii 0-5

- gaz osłonowy argon  $Q = 10 \text{ dm}^3/\text{min}$ .
- czas nagrzewania wstępnego  $t = 5 \text{ s}$ ;
- częstotliwość powtarzania  $f = 30000 \text{ Hz}$ ;
- odległość dysza-przedmiot obrabiany  $h = 0 \text{ mm}$ .

Wykonano pięć serii próbek spawanych laserowo oraz serię próbek z materiału rodzimego (stal DC04). Dla każdej serii wykonano po 3 próbki i oznaczono od 0 (materiał rodzimy) do 5 ( $v = 4,0 \text{ m/min}$ ). Fotografie próbek z serii 0-5 przedstawiono na rysunku 4.

## WYNIKI BADAŃ I ICH INTERPRETACJA

### Analiza mikrostruktury

Do badań mikrostruktury złączy spawanych wykorzystano elektronowy mikroskop skaningowy Joel typ JSM-5400 wraz z mikroanalizatorem rentgenowskim IBIS-Oxford Instruments.

Badania mikroskopowe uzyskanych spoin zostały przeprowadzone na

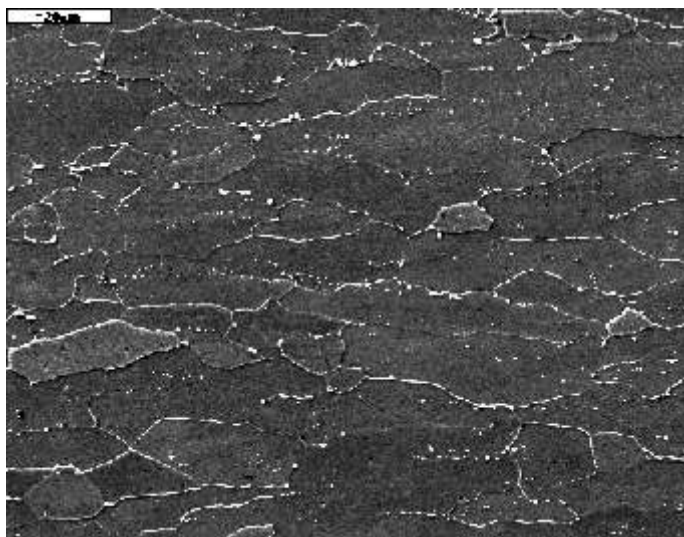
zglądach wykonanych w płaszczyźnie prostopadłej do powstałego złącza, co stwarzało możliwość obserwacji spoiny oraz przyległych do niej stref. Ponadto, można było analizować powstałe struktury oraz wykonać pomiary zasięgu strefy wpływu ciepła (SWC).

Celem wykonanych badań było porównanie powstałych mikrostruktur złączy spawanych oraz określenie wpływu zmiennej wartości prędkości posuwu na kształt powstałych spoin.

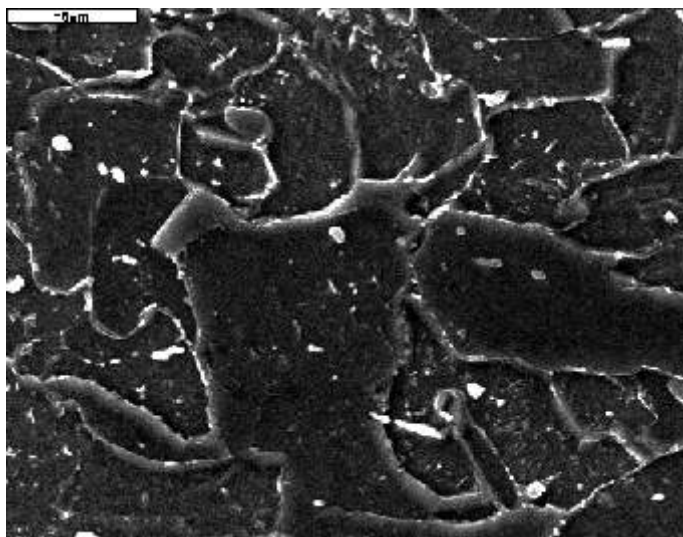
Proces spawania laserowego zachodzi z bardzo dużymi szybkościami nagrzewania i chłodzenia, co w efekcie powoduje zawężenie strefy przegrzania i samej spoiny.

Na fotografii (rys. 5) przedstawiono przykładowy widok mikrostruktury materiału rodzimego. W oparciu o uzyskane wyniki stwierdzono, że materiał rodzimy składał się ze struktur ferrytyczno-perlitycznych o grubych ziarnach. Ponadto analizując mikrostrukturę można zaobserwować pasmowe ułożenie ziaren, co świadczy o tym, że arkusze blachy stali DC04 w procesie produkcyjnym zostały poddane procesowi walcowania.

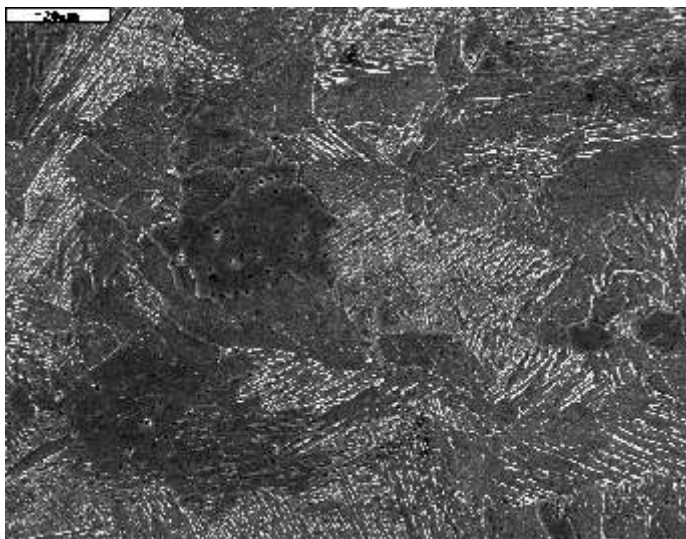
Mikrostruktura złącza spawanego (próbka serii 1) w SWC posiadała budowę ferrytyczno-perlityczną drobnoziarnistą z widocznymi wytrąceniami metalicznymi w ziarnach perlitu. Przykładową fotografię mikrostruktury złącza spawanego w SWC (próbka serii 1) przedstawiono na rysunku 6.



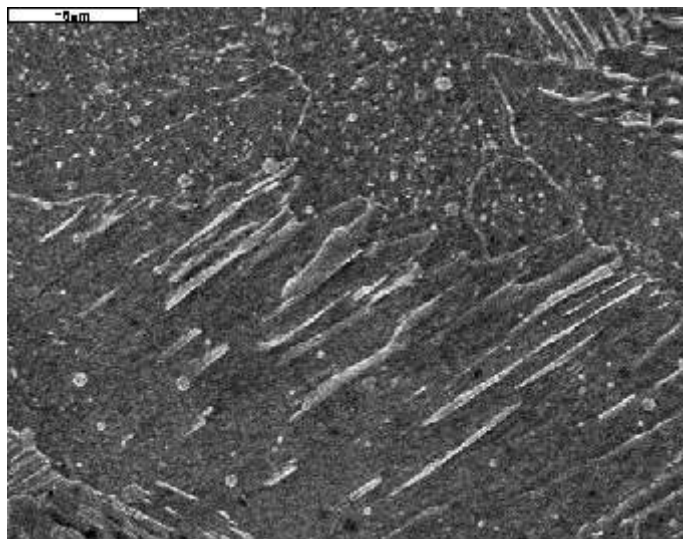
Rys. 5. Mikrostruktura ferrytyczno-perlityczna materiału rodzimego



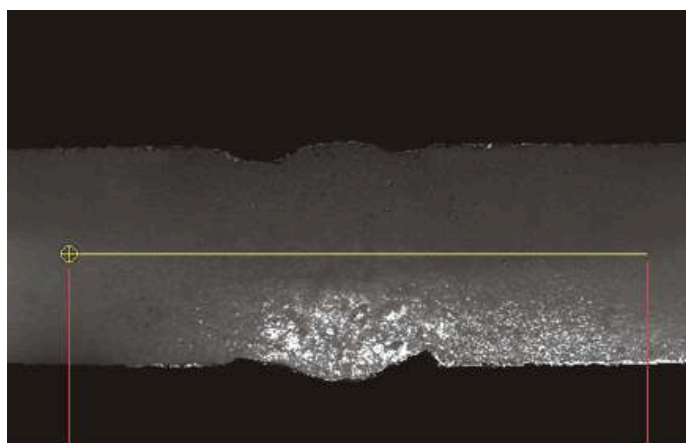
Rys. 6. Ziarna perlitu z wytrąceniami metalicznymi w SWC



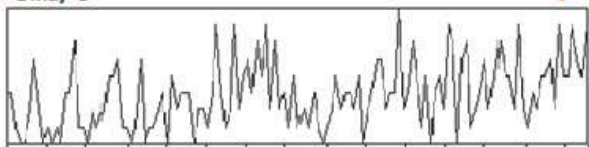
Rys. 7. Struktura Widmanstättena w strefie spoiny



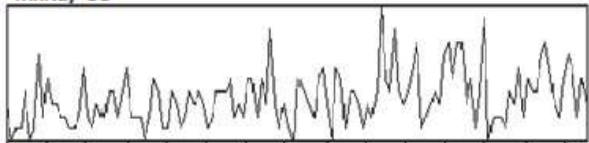
Rys. 8. Listwy martenzytu



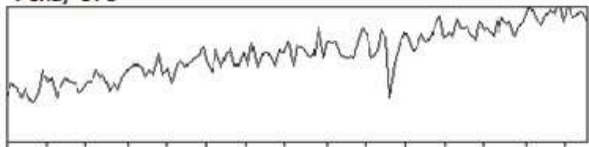
Sika, 8



MnKa, 11



Feka, 171



Rys. 9. Mikrostruktura i rozkład liniowy pierwiastków w złączy spawanym

W obszarze spoiny (próbka serii 1) stwierdzono występowanie struktury Widmanstättena (rys. 7). Składa się ona z płytkowych wydzielań ferrytu ułożonych pod kątem 60 i 120°. Powstanie struktury Widmanstättena świadczy o przegrzaniu stali, co w efekcie znacząco pogarsza własności mechaniczne spoiny.

W strefie wpływu ciepła złącza spawanego (próbka serii 3) stwierdzono strukturę perlitu płytkowego, natomiast w strefie spoiny – występowanie martenzytu listwowego (rys. 8). Kryształ martenzytu mają kształt listwy równoległych tworzących tzw. pakiety. Struktura martenzytyczna spoiny powoduje zwiększenie twardości w obszarze złącza.

W przypadku złącza próbek serii 4 mikrostruktura w strefie wpływu ciepła składała się z drobnych ziaren perlitu w osnowie ferrytu. Wewnątrz ziaren perlitu stwierdzono występowanie wytrąceń niemetalicznych. W strefie spoiny stwierdzono strukturę martenzytyczną, którą tworzyły kryształki listwowe martenzytu w osnowie austenitu.

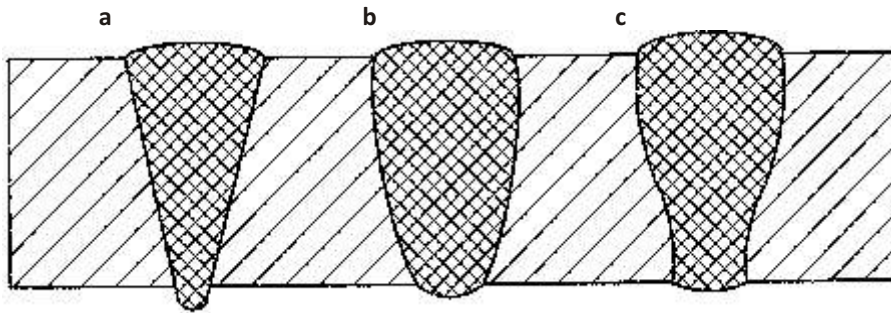
Na fotografii – rys. 9, przedstawiono przykładowy widok mikrostruktury oraz rozkład liniowy pierwiastków w złączy spawanym (próbka serii 1). Analiza liniowa wykazała nierównomierny rozkład pierwiastków w złączy spawanym. Można wyróżnić strefy, w których występują znaczne ilości Mn, Si oraz Fe. W badanym złączy wyraźnie są widoczne: lico spoiny oraz strefa wpływu ciepła.

Obserwacje mikroskopowe pozwoliły określić wpływ zmiennej wartości prędkości posuwu na budowę mikrostruktur powstałych złączy spawanych oraz na kształt spoin. Stwierdzono, że prędkość spawania wpływa na kształt spoiny oraz na głębokość przetopienia. Wzrost prędkości spawania sprawił, że zmalała głębokość przetopienia, w efekcie czego doszło do zwężenia spoiny oraz zmiany zarysu linii wtopienia z kształtu grzybkowatego na trójkątny (rys. 10). Zbyt mała prędkość spawania spowodowała, że znacznie zwiększyła się szerokość spoiny oraz zwiększyła się szerokość strefy wpływu ciepła.

### Pomiary twardości

Pomiary twardości przeprowadzono metodą Vickersa dla próbek z serii 1-5. Odciski penetratorem wykonano na zgładach prostopadłych w trzech strefach: w licu spoiny, w strefie wpływu ciepła, jak również w materiale rodzimym. Wyniki badań twardości przedstawiono w Tabelach 5 ÷ 9.





Rys. 10. Kształt spoin powstający w czasie spawania laserowego: a) trójkątny, b) i c) grzybkowaty

Tabela 5. Wyniki pomiarów twardości dla próbki z serii 1

Mierzone strefy	Twardość HV1			Wartość średnia HV1
	Numer pomiaru			
	1	2	3	
Lico spoiny	222	277	224	241
SWC	153	150	154	152
Materiał rodzimy	113	109	103	108

Tabela 6. Wyniki pomiarów twardości dla próbki z serii 2

Mierzone strefy	Twardość HV1			Wartość średnia HV1
	Numer pomiaru			
	1	2	3	
Lico spoiny	247	265	229	247
SWC	173	189	184	182
Materiał rodzimy	110	103	108	107

Tabela 7. Wyniki pomiarów twardości dla próbki z serii 3

Mierzone strefy	Twardość HV1			Wartość średnia HV1
	Numer pomiaru			
	1	2	3	
Lico spoiny	227	253	228	236
SWC	161	157	162	160
Materiał rodzimy	101	102	104	102

Tabela 8. Wyniki pomiarów twardości dla próbki z serii 4

Mierzone strefy	Twardość HV1			Wartość średnia HV1
	Numer pomiaru			
	1	2	3	
Lico spoiny	261	250	257	256
SWC	180	188	184	184
Materiał rodzimy	101	102	105	103

Tabela 9. Wyniki pomiarów twardości dla próbki z serii 5

Mierzone strefy	Twardość HV1			Wartość średnia HV1
	Numer pomiaru			
	1	2	3	
Lico spoiny	231	263	220	238
SWC	164	159	172	165
Materiał rodzimy	108	105	103	106

Wyniki pomiarów twardości w strefie materiału rodzimego każdej z serii próbek są porównywalne. Można przyjąć, że próbki posiadały podobną strukturę bez mikrodefektów wpływających na osłabienie materiału. Średnia twardość w strefie materiału podłoża dla wszystkich próbek z serii 1-5 wyniosła 105 HV1.

Analizując wyniki pomiarów twardości w strefie wpływu ciepła (Tabele 5÷9) można stwierdzić, że największą twardość osiągnięto przy prędkości posuwu 3,5 m/min (próbka z serii 4). Największa średnia twardość dla próbki z serii 4 w SWC wyniosła 184 HV1. Średnia twardość dla próbek z serii 1-5 w SWC w stosunku do średniej twardości materiału podłoża (każdej z serii próbek) wzrosła ok. 38%. Wzrost twardości spowodowany był zmianami w mikrostrukturze materiału, które zostały opisane w części *Analiza mikrostruktury*.

Największą twardość w lico spoiny otrzymano dla próbki z serii 4, a jej wartość średnia wyniosła 256 HV1. Najmniejszą twardość w spoinie posiadała próbka z serii 3 (prędkość posuwu  $v = 3$  m/min). Średnia twardość dla niej wyniosła 236 HV1. W wyniku przemian fazowych, które zachodzą w materiale nagrzanym podczas szybkiego chłodzenia, nastąpiło umocnienie obszaru spoiny oraz przyległych do niej stref. Efektem przemian fazowych są struktury martenzytyczno-podobne i ferrytyczno-bainityczne, które powodują wzrost twardości. Średnia twardość w strefie spoiny wzrosła o 31% w stosunku do średniej twardości w strefie wpływu ciepła.

### Statyczna próba rozciągania

Statyczna próba rozciągania została przeprowadzona dla próbek z serii 0-5. Celem statycznej próby rozciągania było porównanie wyników otrzymanych z rozciągania próbki ze stali DC04 (materiału rodzimego) z pozostałymi próbkami spawanymi przy różnych parametrach procesu (prędkość posuwu).

Badania wytrzymałości na rozciąganie rozpoczęły się od pomiaru szerokości i grubości próbek. Każdy pomiar wykonano trzykrotnie, by zminimalizować wpływ ewentualnych odchyłek pomiarów. Następnie wyliczono średnie arytmetyczne grubości i szerokości osobno dla każdej próbki. Otrzymane wyniki

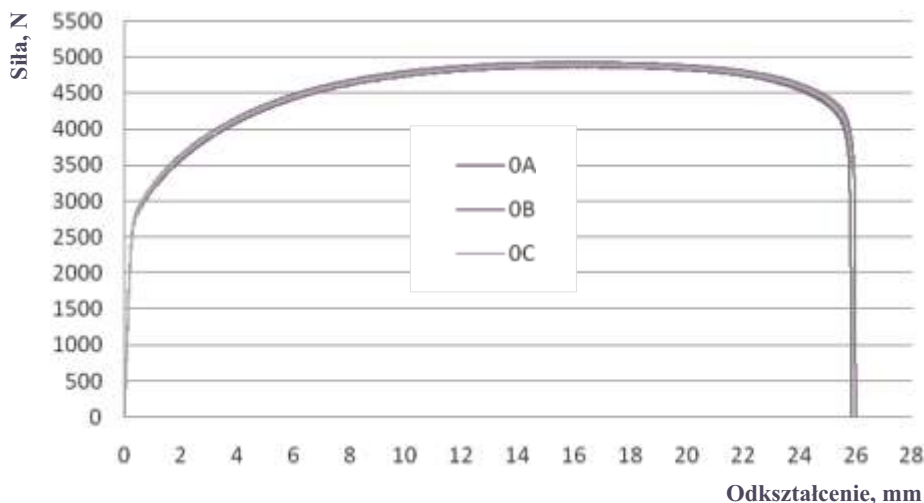




Tabela 10. Wyniki statycznej próby rozciągania dla próbek serii 0

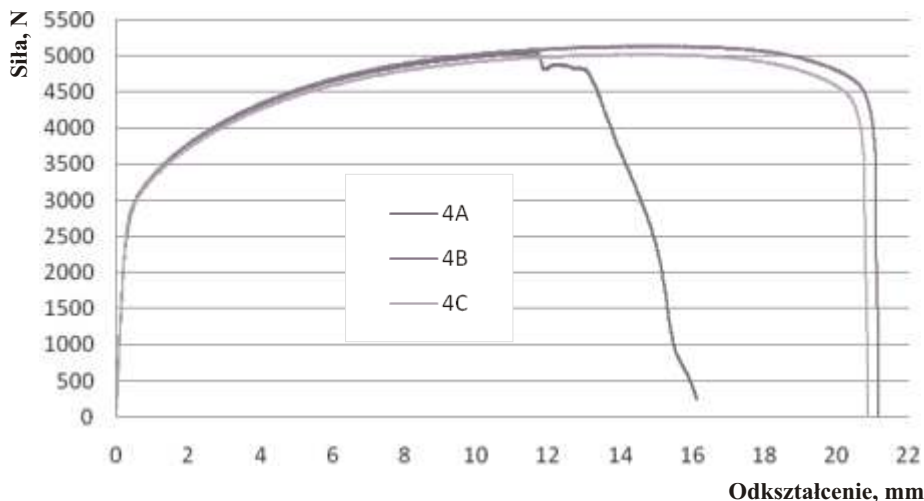
Oznaczenie	Przesunięcie dla $R_m$ [mm]	Siła max. $F_m$ [N]	Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa]	Przesunięcie w chwili zerwania $L_b$ [mm]	Umowna granica plastyczności $R_{0,2}$ [MPa]
0A	16,39	4875,66	311	25,85	162
0B	16,61	4928,68	308	26,00	164
0C	16,19	4899,34	315	25,97	159

## Rozciąganie próbek z serii 0



Rys. 11. Przebieg zmiany siły rozciągającej w funkcji odkształcenia (seria 0)

## Rozciąganie próbek z serii 4



Rys. 12. Przebieg zmiany siły rozciągającej w funkcji odkształcenia (seria 4)

wprowadzono do programu TestSystem. Wpisywane były m.in. wymiary próbki (stała dla wszystkich próbek grubość: 0,78 mm, długość pomiarowa próbek: 60 mm oraz zmienne dla każdej z nich szerokość), jej masa (przyjęto 13 g), założona prędkość próbna (początkowo

było to  $v_0 = 10$  mm/min, a po uzyskaniu siły  $F_0$  równej 100 N następowała zmiana prędkości na  $v_1 = 5$  mm/min; po wykonaniu czterech prób zmieniono prędkość  $v_1$  na  $v_2 = 10$  mm/min ze względu na długi czas przeprowadzania pojedynczego badania. Na podstawie wprowa-

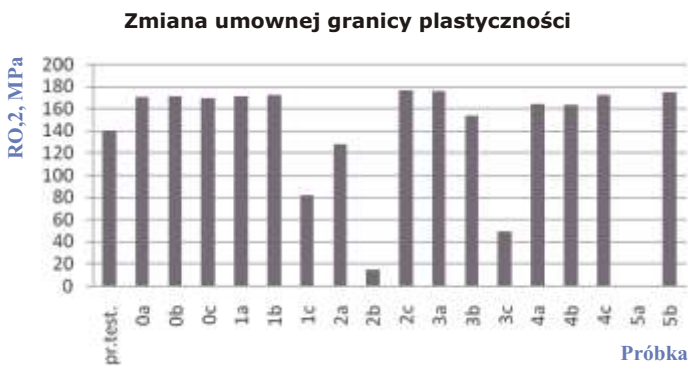
dzonych parametrów utworzono plik bazowy. Automatycznie program utworzył dla każdej z prób pliki z wynikami, które były tworzone na podstawie pliku bazowego. Kryterium końca badania określono początkowo uzyskaniem odkształcenia równego 30 mm oraz 95% spadku siły rozciągającej. Po wykonaniu dwóch prób zmieniono kryterium odkształcenia na 40 mm ze względu na dużą plastyczność materiału. Badania wykonano w temperaturze 20°C oraz bez użycia ekstensometru. W pierwszym etapie wykonano badanie dla próbki testowej w celu odpowiedniego ustawienia zakresu parametrów oraz sprawdzenia prawidłowości wprowadzonych założeń. Następnie statyczną próbę rozciągania przeprowadzono dla próbek w kolejności serii od 0 do 5. Przed każdym badaniem następowało zerowanie wartości przesunięcia i siły.

Wyniki statycznej próby rozciągania dla próbek z serii 0 przedstawiono w Tabeli 10 oraz na wykresie (rys. 11). Analizując wyniki w Tabeli 10 oraz ich zapis na rysunku 11 można zauważyć dużą powtarzalność wyników, co świadczy o jednorodności próbek z materiału rodzimego.

Analiza wyników uzyskanych w statycznej próbie rozciągania wykazała, że próbki niepoddane procesowi spawania laserowego (seria 0) charakteryzują się mniejszą umowną granicą plastyczności ( $R_{0,2}$ ) i wytrzymałością na rozciąganie ( $R_m$ ) oraz większymi własnościami plastycznymi, niż próbki spawane. Zarówno wartości wydłużenia do chwili osiągnięcia  $R_m$ , oraz całkowitego osiągniętego wydłużenia są największe dla próbek z materiału rodzimego. Świadczy to jednoznacznie, że obecność złącza spawanego wpływa na zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie próbek, natomiast zmniejszeniu ulegają własności plastyczne.

Przykładowe wyniki statycznej próby rozciągania dla próbek (serii 4) przedstawiono w Tabeli 11 oraz na wykresie (rys. 12). Natomiast na wykresach (rysunki 13 i 14) przedstawiono zbiorcze wyniki wytrzymałości na rozciąganie oraz umownej granicy plastyczności dla wszystkich próbek.

Porównując wyniki umownej granicy plastyczności oraz wytrzymałości na roz-



Rys. 13. Zbiórce wyniki umownej granicy plastyczności dla wszystkich próbek

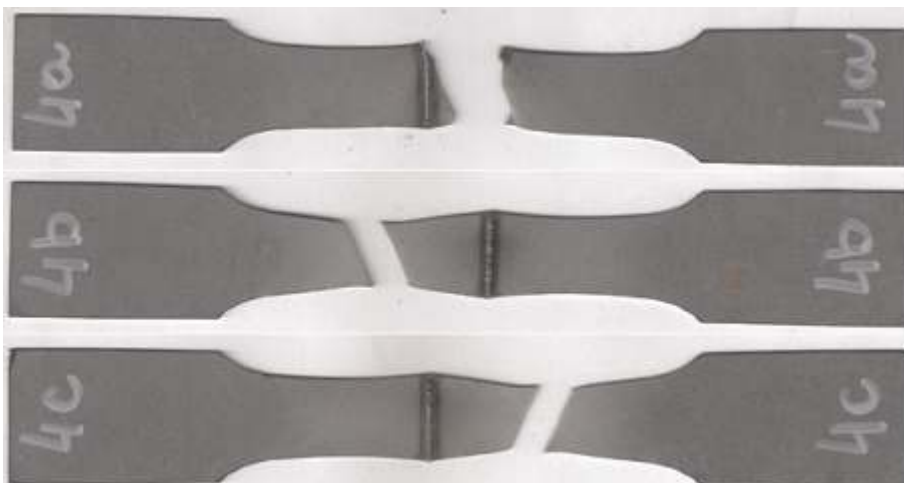


Rys. 14. Zbiórce wyniki wytrzymałości na rozciąganie dla wszystkich próbek

Tabela 11. Wyniki statycznej próby rozciągania dla próbek serii 4

Oznaczenie	Przemieszczenie dla $R_r$ [mm]	Siła max. $F_r$ [N]	Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa]	Przemieszczenie w chwili zerwania $L_z$ [mm]	Umowna granica plastyczności $R_{0.2}$ [MPa]
4A	11,61	5051,16	327	16,11	173
4B	14,49	5135,82	334	21,15	181
4C	14,36	5022,40	326	20,84	172

ciąganie (rys. 13 i 14) próbek spawanych dla poszczególnych serii spawania można stwierdzić, że otrzymane wyniki cechują się dużą przypadkowością i w związku z tym trudno jest je określić mianem tendencji (wzrostowej lub spadkowej). Dużą stabilność wyników można natomiast zaobserwować dla próbek spawanych serii 1 i 4.



Rys. 15. Wygląd próbek spawanych po zerwaniu (seria 4)

Zróznicowanie wytrzymałości i plastyczności próbek może być konsekwencją niestabilności plazmy oraz związanymi z nią zmianami warunków absorpcji promieniowania laserowego i wymiany ciepła od plazmy do materiału. W celu uniknięcia tego zjawiska można zasugerować procedurę wprowadzania wiązki na powierzchnię materiału z uprzednio zapaloną plazmą (w argonie lub na powierzchni pomocniczego nie spawanego odcinka blachy).

Tabela 12. Opis wyglądu przełomów po zerwaniu próbek spawanych (seria 4)

Oznaczenie	Parametry spawania		Nadlew	Przełom		
	Moc [kW]	Prędkość posuwu [m/min]		Rodzaj	Wygląd	Umiejscowienie
4a	2	3,5	mały, wąski	ciągły, ścięty	jasno szary kolor na krawędzi cięcia	niesymetryczne, początek w osi spoiny, koniec w odł. 6 mm od spoiny
4b	2	3,5	mały, wąski	ciągły, ścięty	jasno szary kolor na krawędzi cięcia	niesymetryczne, w odł. 18-24 mm od spoiny
4c	2	3,5	mały, wąski	ciągły, ścięty	jasno szary kolor na krawędzi cięcia	niesymetryczne, w odł. 18-24 mm od spoiny

Po wykonaniu statycznej próby rozciągania, próbki zostały poddane badaniom organoleptycznym. Ich celem było określenie umiejscowienia i przebiegu powstałych przełomów. Podczas prób zaobserwowano, że w większości przypadków badane próbki pękając tworzą przełom ciągliwy ścięty (poślizgowy). Efektem jego powstania jest pokonanie sił spójności materiału w płaszczyźnie poślizgów nachylonej pod kątem około 45° do osi próbki, co tłumaczy się kierunkiem występowania największych naprężeń stycznych (tnących) w jednoosiowym stanie naprężeń. Przykładowy widok próbek spawanych po statycznej próbie rozciągania (seria 4) przedstawiono na rysunku 15, natomiast w Tabeli 12 opisano wygląd przełomów po w/w próbie.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań, stwierdzono, że:

1. Kształt i grubość powstałej spoiny, a także zakres strefy wpływu ciepła zależą od wartości prędkości posuwu.
2. Porównując własności mechaniczne próbek (seria 0) z próbkami spawanymi można stwierdzić, że w wyniku spawania laserowego nastąpił nieznaczny wzrost własności wytrzymałościowych oraz wyraźny spadek własności plastycznych. Spadek własności plastycznych charakteryzuje się zmniejszeniem wydłużenia całkowitego próbek spawanych w stosunku do wydłużenia próbek z materiału rodzimego.
3. Badania twardości potwierdzają, że próbki spawane nie mają jednorodnej budowy, lecz posiadają strukturę o bardzo złożonej budowie.
4. W miarę wzrostu prędkości przesuwu wiązki w strukturze spoiny i strefie wpływu ciepła zachodzą i są widoczne nieodwracalne zmiany strukturalne, które są wynikiem bardzo dużych szybkości nagrzewania i chłodzenia. Zmiany te

charakteryzują się rozdrobnieniem struktury ziarnistej i wzrostem twardości.

## Literatura

1. Chen S., Huanga J., Xiaa J., Zhaoa X., Lin S.: *Influence of processing parameters on the characteristics of stainless steel/copper laser welding*. Journal of Materials Processing Technology, 222 (2015), pp. 43-51.
2. Costa A., Miranda R.M., Quintino L.: *Materials behavior in laser welding of hard metals to steel*. Mater. Manuf. Process., 21 (2006), pp. 457-463.
3. Czujko T., Hoffman J., Mucha Z., Przetakiewicz W., Kalita W.: *Analiza efektów laserowego spawania blach ze stopu tytanu i stali*. Przegląd Mechaniczny, 20 (1993), str. 18-21.
4. Hayashi T., Matsubayashi K., Katayama S., Abe N., Matsunawa A., Ohmori A.: *Reduction mechanism of porosity in tandem twin-spot laser welding of stainless steel*. Weld. Int., 17 (2003), pp. 12-19.
5. Hoffman J., Kalita W., Mucha Z., Czujko T.: *Laserowe spawanie blach z miedzi elektrolitycznej ze stalą nierdzewną*. Przegląd Mechaniczny, 7-8 (1995), str. 30-34.

6. [http://www1.ruukki.pl/~media/Poland/Files/metals-coldrolled/karty-produkty /Ruukki-zimnowalcowane-Stale-przeznaczone-do-formowania.pdf](http://www1.ruukki.pl/~media/Poland/Files/metals-coldrolled/karty-produkty/Ruukki-zimnowalcowane-Stale-przeznaczone-do-formowania.pdf) (z dn. 05.02. 2023 r.).

7. Kuryntsev S.V., Gilmutdinov A.Kh.: *Welding of stainless steel using defocused laser beam*. Journal of Constructional Steel Research, 114 (2015), pp. 305-313.
8. Kusiński J.: *Lasery i ich zastosowanie w inżynierii materiałowej*. Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków 2000.
9. Nowicki M.: *Lasery w technologii elektronicznej i obróbce materiałów*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1978.
10. Radek N.: *Laboratorium wiązkowych technologii obróbki materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej – Skrypt Nr 456. Kielce 2013.
11. Szczeciński Z.: *Spawanie wiązką promieniowania laserowego*. Przegląd Spawalnictwa, 9-10 (1985), str. 12-17.
12. Torkamany M.J., Ghaini F.M., Poursalehi R.: *An insight to the mechanism of weld penetration in dissimilar pulsed laser welding of niobium and Ti-6Al-4V*. Optics & Laser Technology, 79 (2016), pp. 100-107.

reklama

## MAKSYMALNA PRECYZJA RAZY DWA

DWUWRZECIONOWE CENTRUM OBRÓBECZE LIFLEX Z TECHNOLOGIĄ I³

2 WRZECIONA Z MOŻLIWOŚCIĄ INDYWIDUALNEJ KOREKTY WE WSZYSTKICH 3 OSIACH LINIOWYCH



- Rozstaw wrzecion od 400 do 1.500 mm
- Wysoka sztywność wrzecion

- Najwyższa dokładność pozycjonowania dzięki kompensacji wpływu wahań temperatury

- Możliwość korekty tak proste, jak w przypadku maszyny jednowrzecionowej

Poznaj technologię I³ już teraz



CENTRA OBRÓBECZE AUTOMATYZACJA PROCES TECHNOLOGII DIAGNOZA / SERWIS

[www.licon.com](http://www.licon.com)



modular machining centers



Opracowany i wyprodukowany w Niemczech.





## MetalTop.pl – Inwestowanie czy kooperacja?

Typowa strategia rozwoju firm produkcyjnych skupia się na różnych aspektach takich jak: rozwijanie własnego know-how, inwestowanie w badania i rozwój, rozwijanie działów technologiczno-konstrukcyjnych oraz marketingu, poszerzanie rynków zbytu czy rozwój działów produkcyjnych. Rodzi się pytanie – czy w przypadku nowych wyzwań zawsze będzie konieczne podejmowanie nowych inwestycji. Jakie w przyszłości podjąć działania gdy zmieni się koniunktura na mniej korzystną lub całkiem niesprzyjającą. Być może istnieje mniej kosztowne rozwiązanie i warto z niego skorzystać.

### Wszechobecna kooperacja

Naprzeciw tym wątpliwościom wychodzi coraz bardziej powszechna forma współpracy i rozwoju własnego przedsiębiorstwa jaką jest kooperacja. Przyjrzyjmy się jej dokładniej.

Kooperacja to dobrowolne połączenie podmiotów gospodarczych, które zachowując autonomię decyzyjną i odrębność organizacyjną decydują się wspólnie realizować zadanie.

W przemyśle wyróżniamy dwie formy kooperacji: produkcyjną i produktową. Pierwsza z nich polega na uczestnictwie kooperantów w procesie produkcyjnym, prowadzonym przez podmiot zasadniczy. W drugim wariantcie przedsiębiorstwa dostarczają sobie materiały lub komponenty konstrukcyjne.

### Wyzwania współpracy kooperacyjnej

Niezależnie od rodzaju kooperacji jakiej poszukujemy napotykamy często liczne wyzwania np.: odnalezienie podwykonawców posiadających konieczne technologie, rozpoznanie ich wiarygodności, dopracowanie formy współpracy: umów, logistyki, rozliczeń, itp. Niewątpliwie najtrudniejszym etapem jest odnalezienie potencjalnego podwykonawcy z wymaganą technologią – jak sobie

z tym radzimy? Standardowe sposoby odnajdywania to: próba nawiązania współpracy z już sprawdzonymi kooperantami, kontakty poprzez znajomych lub korzystanie z kontaktów z odbytych spotkań, targów czy imprez, przegląd branżowych czasopism lub portali. Możemy się zgodzić, że najbardziej powszechnym narzędziem do tego typu zadań jest korzystanie z wyszukiwarek internetowych ale, czy po słowach kluczowych w wyszukiwarce łatwo odnajdziemy usługodawcę który wykona przykładową usługę: dla detalu blaszanego, ze stali nierdzewnej, o wymiarach 4 m x 2 m i grubości 5 mm, zapewni: cięcie laserowe lub wodne lub plazmowe, gięcie krawędziowe lub na giętarcie oraz malowanie proszkowe?

Otrzymywane wyniki często zawierają jedynie ogólne informacje o firmach i nie uwzględniają naszych indywidualnych preferencji, czy wymagań np. parametrów technologicznych. Oczywiście zdarza się, że jeden z pierwszych wskazań wyszukiwarki okaże się tym właściwym ale jest to raczej przypadek niż standard. Okazuje się, że nie musi być to szczęśliwy przypadek, że można dokonać takiego wyszukania w inny, szybki i skuteczny sposób.

– *Ponad dwudziestoletnie doświadczenie w branży i napotykane trudności*

*związane z nawiązywaniem współpracy kooperacyjnej sprowokowało do myślenia i podjęcia próby zbudowania internetowego systemu firm, który byłby odpowiedzią na powszechnie istniejący kooperacyjny problem. Dzięki pozyskanym środkom dotacyjnym z Państwowej Agencji Rozwoju Przemysłu zbudowane przez nas narzędzie MetalTop.pl umożliwia podmiotom min: tworzenie jednolitych cyfrowych profili własnych firm, a co za tym idzie korzystanie z bardzo rozbudowanych filtrów (w tym technologicznych) oraz możliwość parametrycznej dystrybucji zapytań i ofert. Dzięki takiej strukturze możliwa jest pełna wymiana kooperacyjnej informacji w sposób dynamiczny i dodatkowo w czasie rzeczywistym – tłumaczy Janusz Wyderka, twórca systemu.*

Na ilustracji przykład złożonego pełnego filtra wspomnianego wcześniej procesu technologicznego z licznikiem liczby bieżących dopasowań.

### Odnalezienie właściwego kooperanta

Systemowy Park Technologiczny MetalTop.pl dedykowany jest przedsiębiorcom z branży metalowej i tworzywowej – nie tylko dostawcom usług i producentom, ale także dostawcom maszyn, narzędzi, materiałów, kompo-



mentów, itp. Własne miejsce znajdują w nim także podmioty wspierające produkcję: firmy serwisowe, remontowo-naprawcze, projektowe, transportowe i szkoleniowe.

### Transformacja cyfrowa w twoim przedsiębiorstwie

MetalTop.pl wpisuje się w nurt transformacji cyfrowej przemysłu, czyli integracji technologii cyfrowej we wszystkich obszarach produkcji mającej na celu zmianę sposobu działania przedsiębiorstwa oraz dostarczanie klientom nowych wartości. Dzięki cyfryzacji uzyskujemy poprawę efektywności działania firmy, podnosimy skuteczność wyszukiwania brakujących technologii, możemy pozyskiwać krótko i długoterminowe kontrakty, możemy poprawić jakość produkcji, obniżyć koszty wytwarzania, poprawić doświadczenia klientkie, zanotować wzrost przychodów, łatwiej pozyskiwać pracowników i dodatkowo odnieść wiele innych korzyści.

Poprzez nowoczesne rozwiązania cyfrowe jakich przykładem jest MetalTop.pl

**Twoje aktywne filtry (7)** zwiń

Filtr lokalizacji: [małopolskiej] zmień ☐ ✕

**Kategorie:** usuń

- ☐ **Cięcie laserem** zmień Dodaj pozycję alternatywną ☐ ✕
- ↳ **Cięcie wodą (water-jet)** zmień ☐ ✕
- ↳ **Cięcie plazmą** zmień ☐ ✕
- ☐ **Cięcie na prasach krawędziowych** zmień Dodaj pozycję alternatywną ☐ ✕
- ↳ **Cięcie na giętarkach do blach i arkuszy** zmień ☐ ✕
- ☐ **Malowanie proszkowe** zmień Dodaj pozycję alternatywną ☐ ✕

**7 pozycji w systemie**

można tworzyć nowe modele biznesowe i strategię działania wpisując się w concept Przemysłu 4.0. Będąc stałym użytkownikiem systemu – może okazać się,

że nie zawsze kolejny etap rozwoju to konieczność ryzykownego inwestowania w kolejne zasoby, a skuteczne poszukiwanie i korzystanie z kooperacji. ■

reklama

**RoTec Polska**  
Wylądne przedstawicielstwo firmy Ecoclean GmbH  
www.rotect.pl

# Mycie detali

Ekonomicznie i wydajnie

- Mycie rozpuszczalnikowe
- Mycie wodne
- Mycie ultradźwiękowe
- Wysokociśnieniowe gratowanie wodne
- Obróbka powierzchni i mycie selektywne

SBS ECOCLEAN GROUP  
www.ecoclean-group.pl

**ECOCLEAN**  
technology that inspires

# Przemysłowa Wiosna – marka sama w sobie

Podsumowując tegoroczną Przemysłową Wiosnę można oczywiście używać słów „rekord”, „największa” czy „absolutny hit”. Osoby, które nie odwiedziły przemysłowego cyklu w Targach Kielce mogą uznać ten entuzjazm za PR-owy chwyt. Nic bardziej mylnego.

Targi spod znaku STOM w 2023 roku były absolutnie rewelacyjne, a świadczą o tym nie tylko liczby. Choć te oczywiście muszą robić wrażenie – zajęte wszystkie hale kieleckiego ośrodka, niemal 600 wystawców, oraz 19 tysięcy zwiedzających. Dodatkowo wszyscy, którzy odwiedzili Targi STOM w latach poprzednich zgodnie twierdzili, że tylu pracujących maszyn w Targach Kielce jeszcze nigdy nie było. Warto też przypomnieć, że od 2015 roku powierzchnia wystawy każdego roku ro-

śla o 20%, trend ten został zachwiany w latach pandemii, choć nawet wtedy cykl spod znaku STOM został zorganizowany. 2023 rok to powrót do tendencji wzrostowej – „Przemysłowa Wiosna” była nie tylko większa od rekordowej edycji z 2019, była największa w historii.

W zachwycie jaki można odczuwać na myśl o tych wszystkich liczbach, trzeba jednak zwrócić uwagę na jedną ważną kwestię – nie liczba zwiedzających jest

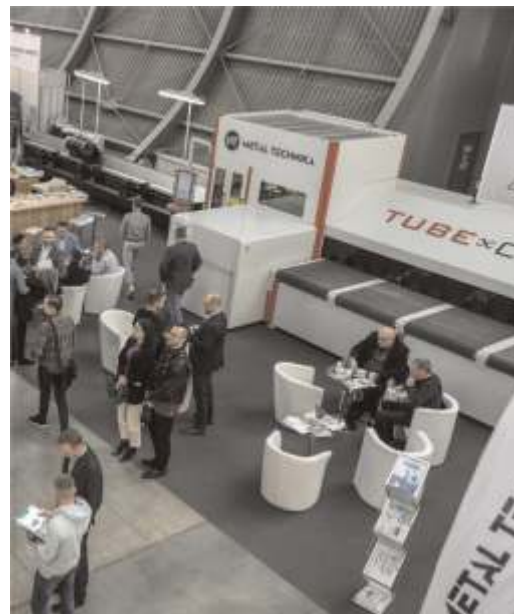
najważniejsza, najważniejsza jest jakość kontaktów zdobytych na targach i wartość kontraktów wynikających następnie z tych rozmów. A to, że spotkania były niezwykle satysfakcjonujące podkreślali jednogłośnie niemal wszyscy wystawcy.

## Merytorycznie o metrologii

Podczas drugiego dnia Przemysłowej Wiosny zorganizowano kolejną odsłonę seminarium metrologicznego poświę-







conego budowaniu współpracy między nauką i biznesem zatytułowanego „Nauka w biznesie – komercjalizacja wyników badań naukowych”. Wydarzenie otworzył Jerzy Józwick – dyrektor biura Polskiej Unii Metrologicznej w Lublinie, który omówił m.in. cechy charakterystyczne powszechnego spisu metrologicznego, czyli spisu kluczowej aparatury naukowej oraz naukowo-badawczej. Jacek Semaniak – Prezes Głównego Urzędu Miar, Przewodniczący Prezydium

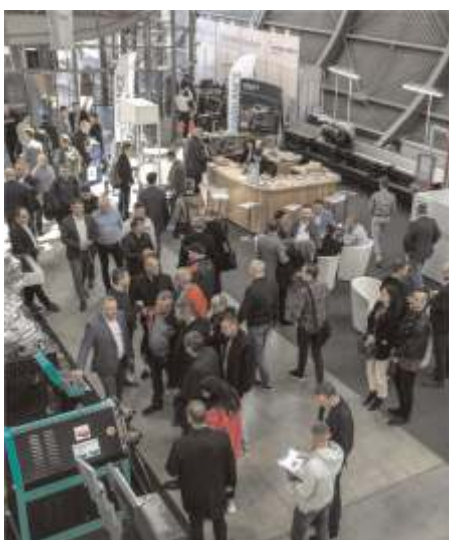
Polskiej Unii Metrologicznej przywitał zgromadzonych gości i omówił główne działania związane z rozbudową Świętokrzyskiego Kampusu Laboratoryjnego Głównego Urzędu Miar mającego wpływ na rozwój polskiej metrologii:

– *Podajemy liczne działania, aby stworzyć pozytywny klimat wokół metrologii. Temu też miało służyć stworzenie Polskiej Unii Metrologicznej, uruchomienie programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Polska Metrologia” oraz powstanie Klastra Metrologicznego. Naszym celem jest rozwijanie funkcjonalności, które posiadamy w Głównym Urzędzie Miar i połączenie ich z funkcjonalnościami, jakie posiadają*

*uczelnie. Dzięki temu będziemy tworzyć nowe obszary badawcze – podkreślał Prezes Jacek Semaniak.*

### Medialny szum

Dni Druku 3D, które w tym roku świętowały jubileusz piętnastolecia cieszyły się dużym zainteresowaniem mediów. Na uwagę radia czy telewizji zasługiwała z pewnością prezentacja druku 3D z użyciem betonu. Tą techniką posługuje się firma 3DArtech z Kielc. Jak informował Karol Jankowicz, przedstawiciel firmy produkcja w głównej mierze skupia się na prefabrykacjach i elementach małej







architektury. – Nasza firma nie skupia się na drukowaniu budynków, lecz z takich prefabrykatów można oczywiście zbudować okazałą konstrukcję. Możemy też budować obiekty użyteczności publicznej, które będą pełnić funkcję reprezentacyjną w mieście. Mamy zbudowaną do tego drukarkę, która posiada specjalną głowicę. Także nasza betonowa mieszanka jest skonstruowana pod druk 3D. Jeśli chodzi o małą architekturę to nie widzę przeciwwskazań, by zwykły Kowalski mógł sobie kupić wydrukowany komplet ogrodowy – podkreśla. Np. stojąca waza kosztuje 300 zł, a fotel ogrodowy 600 zł.

### Wystawcy Przemysłowej Wiosny zostali nagrodzeni

Podczas uroczystej gali, która odbyła się pierwszego dnia targów, nagrodzono najlepsze produkty prezentowane podczas wystaw. O przyznaniu nagród decydowały komisje konkursowe. W czasie uroczystości wręczono także nagrody TOP DESIGN Targów Kielce za oryginalny i nowoczesny styl prezentacji targowej. Docenione zostały także firmy świętujące jubileusze. ■



Szczegóły wydarzenia dostępne są na: <https://www.targikielce.pl/przemyslowa-wiosna> oraz na Profilu LinkedIn: <https://www.linkedin.com/showcase/stom-metal-processing-fair>  
Następna edycja od 19 do 22 marca 2024!

# Wpływ dodatku modyfikującego cechy płynu obróbkowego na zmianę temperatury w strefie kontaktu współpracujących powierzchni

JAROSŁAW ROBERT MIKOŁAJCZYK

W artykule przedstawiono rezultaty badań ukazujących wpływ dodatku eksploatacyjnego do płynu roboczego na temperaturę styku powierzchni współpracujących w węźle tarciovym. Stwierdzono zróżnicowany wpływ zależny od stężenia tego dodatku

## Wprowadzenie

Na granicy dwóch współpracujących ruchowo ciał stałych zawsze występuje tarcie. W większości przypadków jest ono zjawiskiem niepożądanym, gdyż jest jednym z podstawowych czynników determinujących proces zużywania. Jednym ze sposobów zmniejszenia intensywności tego procesu jest wprowadzanie do strefy kontaktu płynu roboczego i w efekcie obniżanie temperatury w styku.

Reprezentatywnym przykładem takiej współpracy jest obróbka skrawaniem. Duża część energii mechanicznej niezbędnej do realizacji obróbki ulega konwersji na energię cieplną. Ta jej część jest najczęściej bezpowrotnie tracona, dlatego też temperatura w strefie kontaktu współpracujących powierzchni jest wielkością istotną. Z tego powodu przedmiotem badań przedstawionych w niniejszej pracy jest skuteczność oddziaływania płynu roboczego (chłodząco-smarującego). W tym celu obserwowano zmiany temperatury podczas procesu eksploatacji powierzchni, zachodzące w obecności płynów roboczych o zdefiniowanych składach.

## Funkcje płynów roboczych w procesach skrawania

Preparaty eksploatacyjne o działaniu chemicznym przeznaczone są do wprowadzenia ich do olejów handlowych w celu uszlachetnienia warstwy przypowierzchniowej oraz utworzenia „mocnej” warstwy granicznej w wyniku sorpcji fizycznej lub chemicznej. Warstwa ta zwiększa odporność węzłów tarcia na obciążenie dynamiczne i temperaturowe. Polepszają się również właściwości tribologiczne węzłów tarcia. Zmniejszają się opory ruchu, zmniejsza się zużycie współpracujących elementów, co wpływa na zwiększenie ich trwałości i niezawodności.

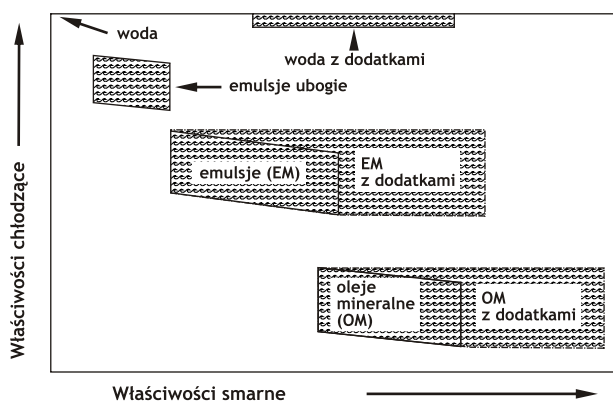
\* Dr inż. Jarosław Robert Mikołajczyk Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile, Katedra Inżynierii Mechanicznej; e-mail: jmikolajczyk@ans.pila.pl.

W niniejszej pracy badano wpływ dodatku preparatu eksploatacyjnego Mind M na zmianę temperatury pary ciernej o styku konforemnym.

Zmiany temperatury węzła ciernej wskutek współpracy tarciowej elementów składowych tego węzła, mogą powodować różne skutki, jak np. [8, 14, 18]:

- przemiany fazowe zachodzące w określonych temperaturach,
- zmiany względnych położenia cząstek i atomów,
- zmiany szybkości dyspergowania warstwy wierzchniej,
- powstawanie defektów struktury danych materiałów,
- amorfizację materiału węzła łożyskowego,
- zmianę wartości niektórych cech materiałowych, jak np. twardości, wytrzymałości na rozciąganie, współczynnika sprężystości wzdłużnej,
- zmiany adhezji, zastosowanych na węzeł tarciowy materiałów, co jest związane ze zmianą ich struktury,
- płynięcie współpracujących tarciowo materiałów, występuje to szczególnie w miejscach temperatur o dużej wartości,
- ułatwianie ścinania obrabianego materiału,
- duże naprężenia wewnętrzne pomiędzy współpracującymi elementami, co może skutkować przekroczeniem dopuszczalnych naprężeń, np. na rozciąganie, ściskanie, ścinanie, zginanie, skręcanie,
- powstawanie naprężeń cieplnych mogących być przyczyną mikropęknięć na powierzchniach współpracujących elementów,
- zmiany intensywności dekohezji cząstek danego tworzywa konstrukcyjnego z powierzchni ślizgowych,
- niekontrolowane zmiany fizykochemiczne zastosowanych materiałów,
- efekty akustyczne,





Rys. 1. Właściwości smarne i chłodzące płynów roboczych używanych w obróbce metalu [18]

- być przyczyną procesu zacierania,
- powstawanie mikropęknięć na powierzchniach współpracujących,
- wzajemnego przenoszenia (i to w dwóch kierunkach) materiału z powierzchni współpracujących.

Skutki te mogą występować w zróżnicowanej intensywności, zależnej m.in. od rodzaju zastosowanego płynu roboczego, rodzaju obróbki a także od obrabianych materiałów. Wzajemne relacje między dwoma podstawowymi funkcjami różnych płynów roboczych przedstawiono na rys. 1.

Skuteczność płynów roboczych zależy także od sposobu doprowadzenia ich do obszaru współpracy elementów. Większość nowoczesnych narzędzi tokarskich jest wyposażonych w wewnętrzne doprowadzanie chłodziwa przez narzędzie. Oferowane jest precyzyjne doprowadzanie chłodziwa na powierzchnię natarcia (od góry) – rys. 2a, lub na powierzchnię przyłożenia (od dołu).

Przy konwencjonalnym doprowadzeniu płynu roboczego – rys. 2b, regulowane dysze w większości przypadków mają większą średnicę wylotu niż dysze do precyzyjnego podawania chłodziwa. Ich zadaniem jest kierowanie przepływu chłodziwa na ostrze. Narzędzia takie nie są przeznaczone do pracy przy wysokim ciśnieniu płynu.

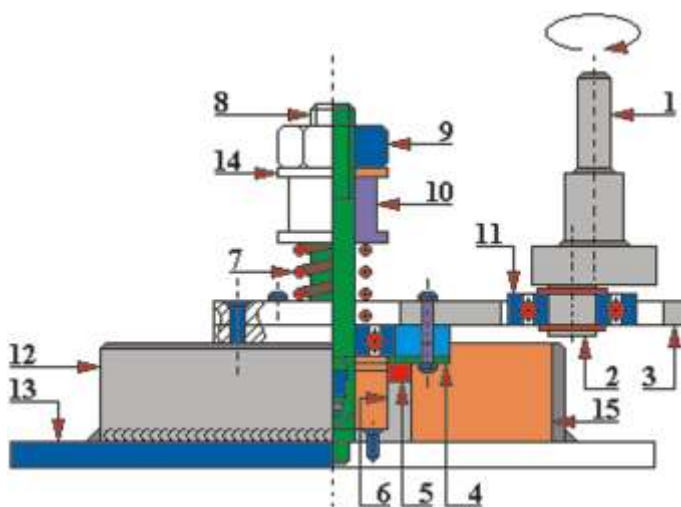
Zmiany temperatury węzła łożyskowego mogą mieć pozytywny wpływ na współpracujące powierzchnie, częściej jednak jest to wpływ negatywny. Dlatego też tak istotne jest zapewnienie pewnego reżimu temperaturowego danego węzła tarcowego. Temperatura współpracujących powierzchni jest równocześnie czynnikiem aktywizującym powstawanie przedstawionych wyżej zjawisk, przy czym nadmierny wzrost temperatury świadczy o złej współpracy tej pary. W celu zmniejszenia tej temperatury, a zarazem polepszenia współpracy pomiędzy powierzchniami węzła ciernego należy zapewnić odpowiednio mały współczynnik tarcia, np. poprzez zastosowanie dodatkowych preparatów eksploatacyjnych (PE). Ogólną zasadę współpracy pary kinematycznej – próbki z przeciwpróbką przedstawiono w pracy [12], natomiast szczegóły konstrukcyjne zaprojektowanego i wykonanego stanowiska badawczego pokazano na rys. 3.

W niniejszej pracy przedstawiono pośrednio wpływ dodatku modyfikującego płyn roboczy oznaczonego symbolem

Mind M, na zmianę temperatury w styku konforemnym próbki i przeciwpróbki. Do pomiaru temperatury w badaniach zastosowano termopary typu K umieszczone w komorze olejowej w odległości 5 mm od współpracujących powierzchni. Badano więc zmiany temperatury płynu roboczego powodowane tarcem w styku współpracujących powierzchni.



Rys. 2. Oprawki narzędzi do precyzyjnego dostarczenia cieczy chłodząco-smarującej w narzędziach o ruchu: a) postępowym [4], b) obrotowym [3]



Rys. 3. Postać konstrukcyjna stanowiska badawczego: 1 - uchwyt mimośrodowy, 2 - mimośród, 3 - dźwignia, 4 - przeciwpróbka, 5 - badane próbki, 6 - tuleja ustalająca próbki, 7 - sprężyna, 8 - śruba centralna, 9 - nakrętka, 10 - tuleja dystansowa, 11 - łożysko kulkowe jednorzędowe, 12 - płaszcz rury, 13 - płyta podstawy, 14 - podkładka, 15 - kompozycja smarowa [9]

## Warunki badań

Próbki wykonane były z ulepszonej cieplnie stali C45 o twardości 40HRC, natomiast przeciwpróbka wykonana była ze stali 102Cr6 zahartowanej do twardości 60 HRC. Twardość przeciwpróbki zdecydowanie przewyższała (o 50%) twardość próbek po to, aby zmiany stanu struktury geometrycznej powierzchni występowały przede wszystkim w warstwie wierzchniej próbek.

Stal 102Cr6 (dawniej NC6) charakteryzuje się, m. in. małym rozrzutem twardości po obróbce cieplnej, dlatego też, aby twardość próbek mieściła się w wąskim zakresie wybrano do badań ten materiał. Zastosowane próbki miały kształt sześciangu o wymiarach  $10 \times 10 \times 10$  mm. Próbki z przeciwpróbką współpracowały przy obciążeniu zewnętrznym wynoszącym 600 N, co przy powierzchni styku próbek z przeciwpróbką wynoszącym  $300 \text{ mm}^2$ , odpowiada teoretycznym naciskom w strefie kontaktu 2,0 MPa. Prędkość ruchu względnego podczas badań wynosiła 0,16 m/sek.

Temperatura otoczenia (temperatura, w której zachodził proces zużywania i towarzysząca jemu transformacja warstwy wierzchniej) wynosiła 293 K.

Na podstawie badań wstępnych przyjęto wartość drogi tarcia wynoszącą 2000 m. Dla tej drogi tarcia, w przypadku stosowania jako środka smarnego czystej bazy olejowej SN-150 następuje stabilizacja temperatury współpracujących elementów.

Jako dodatek modyfikujący bazę olejową SN-150 wybrano preparat eksploatacyjny Mind M. Przy jego wyborze kierowano się następującymi kryteriami:

- dostępności,
- mechanizmu działania,
- przeznaczenia.

Preparat Mind M stanowi kompleks węglowodorowy łączący się chemicznie z metalem podłoża, tworząc mikroskopijną jednocząsteczkową niewypłukiwalną warstwę. Rozkłada siły nacisku na większą powierzchnię, tym samym zwiększając trwałość materiałów konstrukcyjnych. Wchodzi w reakcje z podłożem metalicznym (żelaznym lub nieżelaznym) głównie w miejscach o podwyższonej temperaturze procesu tarcia [2, 5, 6, 7].

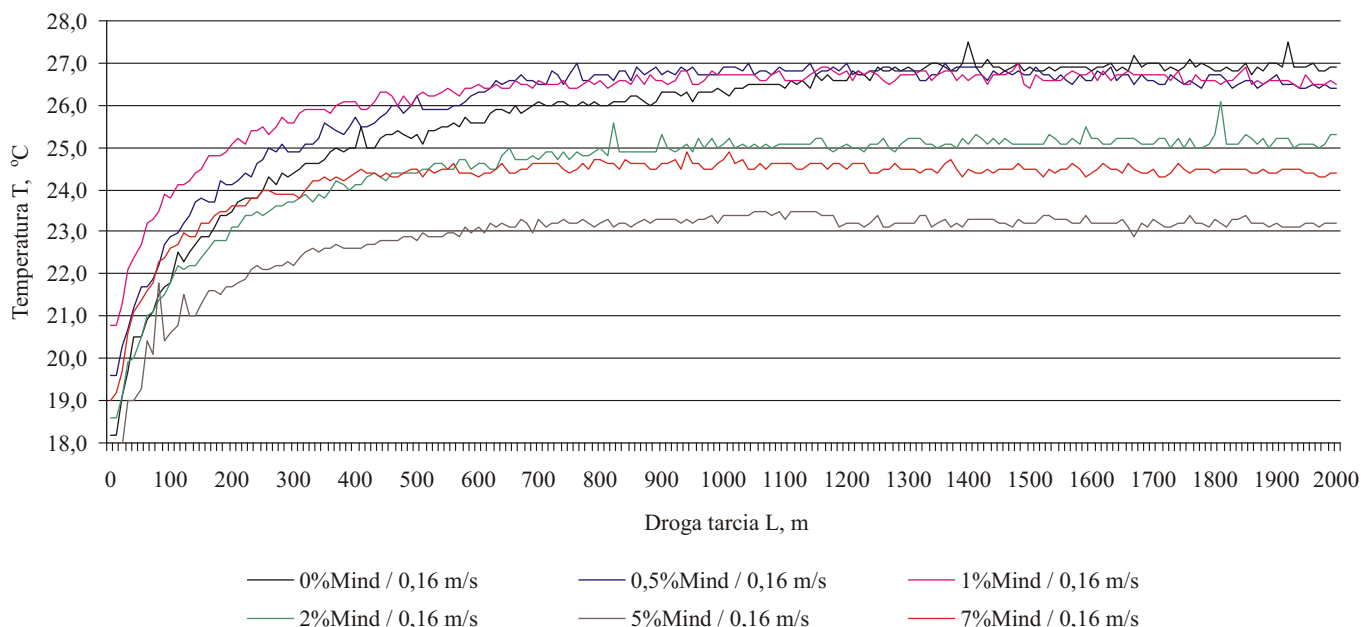
Producent w/w preparatu zaleca stosowanie 5% stężenia w bazie olejowej. W niniejszej pracy przyjęto stężenia zarówno mniejsze od tej wartości jak i większe w celu lepszego poznania ich działania. Przyjęto więc następujące wartości stężenia wagowego: 0,0 (czysta baza olejowa); 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 i 7,0 % badanego dodatku w bazie olejowej.

Warunki w jakich przebiegał monitorowany proces różniły się od procesów obserwowanych podczas procesu skrawania. Wyniki badań pozwoliły jednak na zarejestrowanie spostrzeżeń charakterystycznych dla procesu skrawania, a więc miały one charakter poznawczy.

## Wyniki badań

Wyniki badań przedstawiono w formie graficznej na rys. 4. Z przedstawionych wykresów wynika, że istotne zmiany temperatury obserwuje się tylko w początkowym okresie współpracy (do chwili dotarcia się współpracujących powierzchni). Po tym okresie, różnym dla różnych stężeń badanego preparatu eksploatacyjnego Mind M, gradient zmian tego parametru jest stały, a zmiany, w porównaniu do okresu początkowego – małe.

Analiza zarejestrowanych zmian wykazuje, że czas stabilizacji temperatury można przyjąć jako zbliżony dla wszystkich zastosowanych stężeń dodatku jednak wartość tej temperatury jest zróżnicowana. Największą wartość zarejestrowano



Rys. 4. Zmiany temperatury  $T$  w funkcji drogi tarcia  $L$  dla różnych stężeń preparatu eksploatacyjnego Mind M

dla czystej bazy olejowej (stężenie 0,0%), natomiast najmniejszą – dla stężenia 5,0%. Warto zauważyć, że zwiększenie stężenia do wartości 7,0% nie przynosi pozytywnego efektu.

## Wnioski

Temperatura współpracujących powierzchni zanurzonych w całej objętości badanej kompozycji olejowej jest ogólną miarą ich stanu cieplnego, jednak nie odzwierciedla faktycznego stanu cieplnego warstwy wierzchniej i styku mikro nierówności, zwłaszcza dla dużych gradientów temperatury w głąb materiału. Ciepło generowane podczas tarcia może pozostawać w obrębie systemu tribologicznego i generować zmiany w materiałach współpracujących lub może być odprowadzane z systemu na drodze przewodzenia, konwekcji lub promieniowania. Bilans strumieni energii doprowadzonej i wyprowadzonej z systemu tribologicznego wynosi zero, co jest zgodne z pierwszą zasadą termodynamiki. Udział energii przemienionej w ciepło stanowi największą część energii wyprowadzonej z systemu tribologicznego, osiągającą wg niektórych Autorów nawet ok. 95% jej wartości [1, 15, 16, 17]. Z tego też powodu, w celu pełniejszego opisu wpływu badanych dodatków smarowych na intensywność procesu zużycia w parze kinematycznej ze stykiem konforemnym, do jej oceny przyjęto zmiany temperatury w komorze olejowej dla badanych stężeń preparatu eksploatacyjnego.

Powstawanie ciepła i podwyższenie temperatury elementów współpracujących jest skutkiem działania bardzo dużych nacisków jednostkowych w punktach rzeczywistego stykania się powierzchni oraz towarzyszących procesom tarcia ciągłych odkształceń plastycznych nie tylko wierzchołków mikro nierówności, ale nawet warstwy podpowierzchniowej. W pracy [13] wykazano doświadczalnie, że w procesie tarcia metali wskutek wysokich temperatur następuje ciągły proces zgrzewania się i rozrywania zgrzanych ze sobą wierzchołków nierówności. Proces ten przebiega bardzo szybko. Pomiar temperatur tarcia potwierdzają, że prędkość ruchu współpracujących elementów ma większy wpływ na temperaturę charakterystykę tarcia, niż obciążenie [8, 9, 11]. Średnia siła tarcia jest wynikiem sumowania wszystkich składowych (elementarnych) sił tarcia towarzyszących zaczepianiu się nierówności powierzchni, tak też średni przyrost temperatury powierzchni tarcia jest średnią temperaturą mikro styków.

Na podstawie zmian temperatury (rys. 4) można stwierdzić, że:

– zwiększeniu stężenia badanego PE w bazie olejowej SN-150 towarzyszy obniżenie temperatury w końcowym okresie współpracy;

– wraz ze wzrostem stężeń badanego PE punkt, w którym temperatura się stabilizuje, przemieszcza się w lewo, tzn. droga dotarcia (docierania) zmniejsza się i wynosi ona dla bazy olejowej SN-150 ok. 1500 m i ok. 400 m dla 7% PE Mind M;

– najniższe temperatury w końcowym okresie współpracy otrzymano dla stężenia 5% i były one praktycznie równe temperaturze otoczenia;

– zwiększenie stężenia badanego PE z 5% do 7% spowodowało nieoczekiwany wzrost temperatury współpracujących powierzchni; należy stąd wnioskować, że dla badanego za-

kresu stężeń dla wartości 5% występuje ekstremum; aby sprawdzić, czy to jest ekstremum lokalne (tylko dla badanego zakresu stężeń) czy też ekstremum globalne (dla zakresu stężeń od 0% do 100% badanego PE) konieczne byłyby dalsze badania.

## Literatura

1. Bowden F.P., Tabor D.: The friction and lubrication of solids. Part I. Clarendon Press, 1964.
2. Godet M.: The third body approach: A mechanical view of wear. *Wear*, Vol. 100, is. 1-3/1984, pp. 437 ÷ 452.
3. Katalog firmy Kammar s.c.
4. Katalog firmy Sandvick Coromant
5. Laber S.: Badania własności eksploatacyjnych i smarnych uszlachetniacza metalu Motor Life Professional. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2003.
6. Laber S.: Preparaty eksploatacyjne. Wydział Mechaniczny Instytutu Budowy Maszyn i Pojazdów, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2001.
7. Materiały informacyjne PUPH „MIND” Sp. z o.o., Łochowice.
8. Mayer E.: Uszczelnienia czołowe. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1970.
9. Mikołajczyk J.: Badanie wpływu preparatu eksploatacyjnego Mind M na zmianę własności smarnych oleju bazowego SN-150. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* nr 5/2012, s. 235 ÷ 236.
10. Mikołajczyk J.: Maszyny tarciove. Budowa, przeznaczenie. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. S. Staszica, Piła 2018.
11. Mikołajczyk J.: Wpływ dodatków smarowych na transformację warstwy wierzchniej. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. S. Staszica, Piła 2017.
12. Mikołajczyk J.R.: Zmiana geometrycznych cech współpracujących powierzchni miarą intensywności procesu zużycia ostrzy skrawających. *Obróbka Metalu*, nr 1/2023, s. 50 ÷ 54
13. Nosal S.: Tribologia. Wprowadzenie do zagadnień tarcia, zużycia i smarowania. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2012.
14. Pieluchowski J., Puszyński A.: Wybrane działy z technologii chemicznej organicznej. Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, Kraków 1987.
15. Rigney D. A., Gleaser W. A.: The significance of near surface microstructure in the wear process. [W:] *Wear*, Vol. 46, Is. 1/1978, pp. 241 ÷ 250.
16. Sadowski J.: Nowa interpretacja i ocena zużycia tribologicznego. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2006.
17. Sadowski J.: Termodynamiczne aspekty procesów tribologicznych. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 1997.
18. Wójcik R., Zaborowski T., Stachurski W.: Doskonalenie metod chłodzenia i smarowania w procesie szlifowania. Wydawnictwo Poznańskiego Oddziału PAN, Poznań 2019. ■





**TOOLEX**

# Międzynarodowe Targi Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki

ZAREJESTRUJ SIĘ

**3-5 października 2023**

Międzynarodowe Centrum  
Kongresowe w Katowicach



[WWW.TOOLEX.PL](http://WWW.TOOLEX.PL)

# Katowice ponownie stolicą polskiego przemysłu

15. edycja Międzynarodowych Targów Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki TOOLEX odbędzie się w Katowicach, w Międzynarodowym Centrum Kongresowym

Kompleksowa prezentacja nowych technologii obróbki metalu i narzędzi, podczas jednego z najważniejszych wydarzeń dla branży przemysłowej, po raz drugi odbędzie się w Międzynarodowym Centrum Kongresowym w Katowicach. W dniach 3–5 października 2023 r. liderzy rynku zaprezentują swoje rozwiązania w obszarze obróbki, automatyzacji i robotyzacji oraz innowacyjnych narzędzi. Ostatnia, 14. edycja Międzynarodowych Targów Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki TOOLEX zakończyła się rekordową frekwencją.



Zorganizowane przez Grupę PTWP Międzynarodowe Targi Obrabiarek Narzędzi i Technologii Obróbki TOOLEX to trzy dni dyskusji, poświęcone przyszłości polskiego przemysłu. Nowości rynkowe, liderzy w produkcji maszyn i narzędzi, urządzenia w ruchu, praktyczna wiedza bezpośrednio od ekspertów i odpowiedzi na pytania, które aktualnie zadaje sobie branża.

– Targi TOOLEX to znakomita okazja do wartościowych spotkań i merytorycznych rozmów pomiędzy wystawcami, a decydentami ze śląskich zakładów produkcyjnych branży automotive, robotyki górniczej, stalowej i wielu innych. Nasi goście mają możliwość obserwacji w ruchu maszyn i urządzeń czołowych producentów, a ponadto mogą dołączyć do dyskusji o przyszłości polskiego przemysłu. Wydarzenie skierowane jest do wszystkich, którzy poszukują innowacji i efektywnych rozwiązań na miarę przemysłu 4.0 – zapewnia Agnieszka Miklas, dyrektor działu expo Grupy PTWP. – A nowa lokalizacja w Międzynarodowym Centrum Kongresowym w Katowicach daje wydarzeniu nową, lepszą jakość.

Podczas wydarzenia uczestnicy będą mogli uzyskać kompleksowe informacje, dotyczące bieżącej sytuacji rynkowej, przekazywane przez ekspertów zajmujących się projektowaniem, produkcją i dystrybucją maszyn i urządzeń do obróbki, narzędzi czy branży współpracujących z metalową na co dzień. Będzie to także okazja do poznania zmian w procesach cyfryzacji polskiej gospodarki oraz porozmawiania o szansach i wyzwaniach, które czekają branżę w nadchodzącym czasie.

14. edycja wydarzenia zgromadziła ponad 5800 uczestników i stanowiła nowe otwarcie dla wydarzeń obejmujących bezpośredni kontakt z klientem. Podczas targów swoją ofertę zaprezentowało blisko 150. wystawców. Trzem dniom rozważań nad polskim przemysłem towarzyszyły dodatkowe wydarzenia – konferencja Nowy Przemysł 4.0, konferencja Tech and Job, Targi OILexpo, Środowiskowe Seminarium Tribologów oraz konkurs The Best of Industry 4.0. W piętnastu sesjach udział wzięło 80 ekspertów, w tym liderzy rynku, zajmujący się projektowaniem, produkcją i dystrybucją maszyn do obróbki czy narzędzi skrawających, prezesi i kierownicy firm, operatorzy CNC, programiści, kontrolerzy jakości i technicy utrzymania ruchu. – Katowice na kilka dni stały się prawdziwą stolicą przemysłu. Targi, konferencje Nowy Przemysł 4.0 oraz Tech and Job, seminaria, warsztaty, rozmowy i konkurs The Best of Industry 4.0. W gronie specjalistów, przedstawicieli branży i wybitnych naukowców, dyskutowaliśmy o szansach, wyzwaniach i ograniczeniach polskiego przemysłu – mówi Wojciech Kuśpik, prezes Grupy PTWP.

Kolejne, piętnaste, Międzynarodowe Targi Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki odbędą się 3–5 października 2023 r. w Międzynarodowym Centrum Kongresowym w Katowicach. Zarejestrować swoje uczestnictwo można na stronie [www.toolex.pl](http://www.toolex.pl). ■



# FASTENER POLAND®

18-19 października 2023,  
Kraków

6. Międzynarodowe Targi  
Elementów Złącznych  
i Technik Łączenia

Numer 1. w Europie Środkowo-Wschodniej

Zwiedzający według stanowisk\*



31,5%  
Manager



29,3%  
Członek zarządu,  
dyrektor



23,7%  
Specjalista ds.  
zakupów, sprzedaży



9,9%  
Inżynier,  
projektant



5,6%  
Pracownik  
techniczny





# Targi FASTENER POLAND®

## 6. edycja nadchodzi

Obecny rok niewątpliwie jest dla branży elementów złącznych okresem pełnym wyzwań. Skomplikowana sytuacja polityczno-gospodarcza, kłopoty związane z łańcuchami dostaw oraz postępujące spowolnienie na rynku budowlanym sprawiają, że przedsiębiorcy kolejny raz muszą zmierzyć się z różnymi wyzwaniami. Branżowe raporty pokazują jednak, że mimo trudności, branża ma szansę na dalszy rozwój, a w dłuższej perspektywie przedsiębiorcy będą mogli przekuć aktualne zawirowania w zysk. Warto o tym pamiętać i już teraz zaplanować udział w 6 edycji Międzynarodowych Targów Elementów Złącznych i Technik Łączenia FASTENER POLAND®, która odbędzie się w dniach 18–19 października, niezmiennie w EXPO Kraków.

Wystawcy i odwiedzający z kilkunastu krajów, branżowe nowości i premiery, wiele godzin rozmów, ekspercka konferencja, spotkania B2B – tak w ubiegłym roku wyglądały Targi FASTENER POLAND® w Krakowie. Aż 65% wystawców pochodziło z zagranicy. Równie dobrze zapowiada się tegoroczna



edycja, bowiem udział potwierdzili już wystawcy m.in. z: Czech, Niemiec, Turcji, Szwajcarii, Malty, Włoch, Węgier, Chin, Wietnamu i Tajwanu. Międzynarodowy charakter wydarzenia tylko podkreśla to, jak ważne dla całej branży są targowe spotkania. I choć targi to inwestycja, która szczególnie w trudnym okresie może wydawać się sporym obciążeniem dla budżetu firmy, jej owoce zbierane są często po kilku miesiącach od zakończenia wydarzenia. Wiemy o tym od naszych stałych

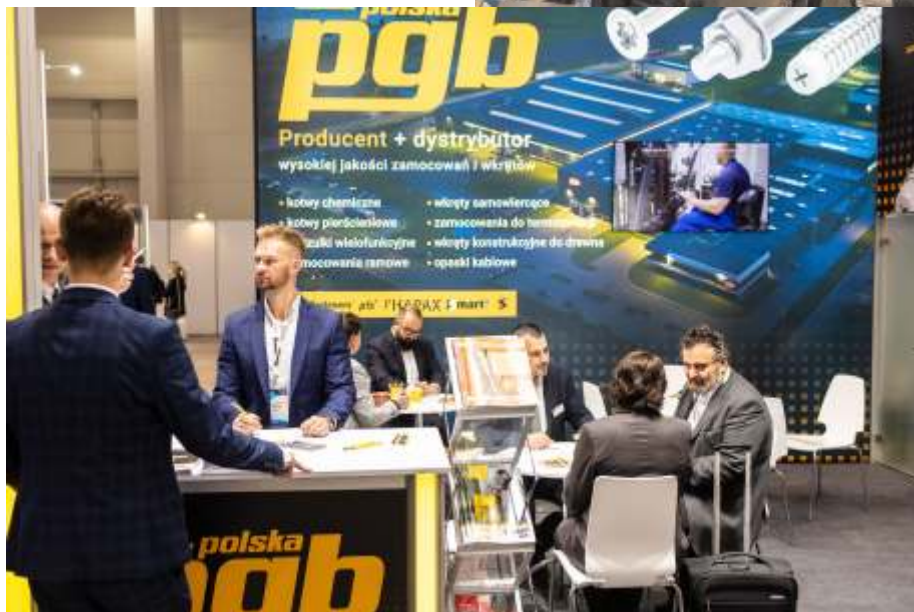
wystawców, którzy rokrocznie powracają do EXPO Kraków by zaprezentować swoją ofertę. Dlatego zachęcamy, aby udział w tegorocznej edycji FASTENER POLAND® zaplanować już teraz. Daje to możliwość wybrania atrakcyjnej lokalizacji stoiska oraz skorzystania z dodatkowych, bezpłatnych form promocji.



Targi FASTENER POLAND® to jedyne międzynarodowe targi elementów złącznych organizowane w Europie Środkowo-Wschodniej. Zakres ekspozycji obejmuje m.in.: najnowocześniejsze łączniki i mocowania przemysłowe (od śrub, po nakrętki, kołki i kliny); łączniki budowlane (kotwy, śruby betonowe, mocowanie fasad i izolacji); zaawansowane systemy montażu i instalacji, a także technologie produkcji łączników i urządzenia do ich magazynowania i dystrybucji.



6. edycja Targów FASTENER POLAND® zapowiada się bardzo dobrze. Po trwających 3 lata utrudnieniach w podróżowaniu, w tym roku udział w targach potwierdzają wystawcy i goście z najdalszych zakątków świata. Lista wystawców jest już dostępna na stronie [www.fastenerpoland.pl](http://www.fastenerpoland.pl). Zapraszamy także do obserwowania targowych profili w mediach społecznościowych,



gdzie na bieżąco publikujemy branżowe wiadomości oraz odsłaniamy, co nasi wystawcy zaprezentują w tym roku na swoich stoiskach. Dla osób zainteresowanych odwiedzeniem targów przygotowaliśmy pulę bezpłatnych biletów wstępu. Aby je otrzymać, wystarczy uzupełnić krótki formularz, dostępny na stronie Targów. ■

reklama

# LASER-STAL

PRECYZJA W METALICZNEJ OBRÓBKACH

## Laserowe cięcie blach, rur i profili

## Gięcie detali CNC

**ul. Brunatna 35, Konin**  
**tel. 632 223 018**  
**biuro@laser-stal.pl · [www.laser-stal.pl](http://www.laser-stal.pl)**



# Wykorzystanie obróbki plastycznej we współczesnych procesach wytwórczych

MICHAŁ STYP-REKOWSKI, MACIEJ MATUSZEWSKI, OLEG POLISHCHUK \*

W artykule wskazano cechy obróbki plastycznej, które powodują, że ta technika obróbki jest szeroko stosowana we współczesnych procesach produkcyjnych. Ukazano także możliwości wspomagania tego rodzaju obróbki innymi technikami, np. laserem, w wyniku czego realizowane procesy nabierają charakteru hybrydowego. Zaprezentowano maszyny, narzędzia i procesy technologiczne, które powodują takie duże zainteresowanie tą techniką ze strony przemysłu.

## Wprowadzenie

Obróbka plastyczna to dynamicznie rozwijająca się technika obróbki stosowana w wielu gałęziach przemysłu. W literaturze fachowej od pewnego czasu występują dwa określenia tego sposobu nadawania cech konstrukcyjnych elementom maszyn: obróbka plastyczna oraz przeróbka plastyczna. Zdaniem autorów, rozważania, która nazwa jest poprawna nie mają większego sensu gdyż istnieją argumenty przemawiające za jedną i drugą nazwą. W tym opracowaniu używana będzie pierwsza z nich.

## Mechanizm obróbki plastycznej

Mechanizm obróbki plastycznej polega na wywoływaniu trwałych odkształceń plastycznych obrabianego elementu w celu nadania mu oczekiwanych geometrycznych cech konstrukcyjnych (GCK), tzn. postaci konstrukcyjnej i wymiarów, a w niektórych przypadkach także właściwości. Odkształceniem plastycznym nazywane jest takie odkształcenie, które po odjęciu sił powoduje, że GCK elementu uzyskane w rezultacie oddziaływaniu tych sił nie zmieniają się. W ciałach idealnie plastycznych, po przekroczeniu granicy

plastyczności odkształcenia trwałe powiększają się bez przyrostu sił. Wartość stosowanej siły musi zatem być taka, że wywoła w metalu naprężenia powodujące zmiany jego kształtu, a po ustąpieniu obciążenia – zachowanie uzyskanych zmian.

Podczas obróbki plastycznej, na skutek oddziaływającego obciążenia i po jego ustąpieniu zachodzą zjawiska, które determinują uzyskane efekty. Wśród nich najistotniejsze to:

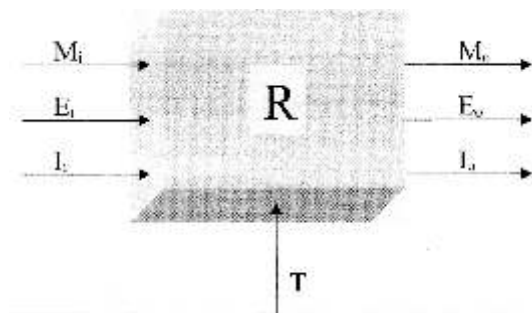
- umacnianie dyslokacyjne,
- zmiany w strukturze obrabianego materiału,
- magazynowanie energii,
- samoczynne zdrowienie materiału,
- rekrytalizacja,
- starzenie odkształceniowe.

Zjawiska te mają istotny wpływ na naprężenia, strukturę materiału, własności mechaniczne, stan warstwy wierzchniej, a więc ogólnie – na efektywność obróbki, przy czym ich występowanie i istotność wpływu zależą od rodzaju operacji.

## Operacje obróbki plastycznej

Technika obróbki plastycznej realizowana jest wieloma sposobami, różne są też kryteria jej klasyfikacji. Jednym z częściej stosowanych kryteriów jest sposób oddziaływania

\* Prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski – Bydgoska Szkoła Wyższa, m.styprekowski@wp.pl, dr hab.inż. Maciej Matuszewski – Politechnika Bydgoska, Wydział Zarządzania, prof. uczelni, prof. dr hab. inż. Oleg Polishchuk – Chmielnicki Narodowy Uniwersytet, Ukraina.



Rys. 1. Ogólny schemat blokowy procesu technologicznego

narzędzia na obrabiany materiał. Przy tym kryterium można wyróżnić następujące rodzaje obróbek tą techniką:

- tłoczenie – cięcie lub kształtowanie plastyczne blach i taśm,
- walcowanie – zgniatanie między obracającymi się, napędzanymi walcami,
- kucie – zgniatanie pod wpływem uderzeń młota lub kowarki albo obciążeniem statycznym prasy,
- ciągnięcie – przeciąganie materiału przez otwór ciągadła lub między nienapędzanymi walcami,
- wyciskanie – materiał kształtowany jest poprzez wyciskanie z matrycy,
- nagniatanie (ślizgowe, toczne) – do powierzchni obracającego się elementu dociskane jest narzędzie nie posiadające krawędzi,

– kulkowanie (naporowe, udarowe, strumieniowe) – narzędzie, którym jest kulka jest dociskana do obrabianej powierzchni lub strumień kulek uderzając o powierzchnię obrabia ją powierzchniowo.

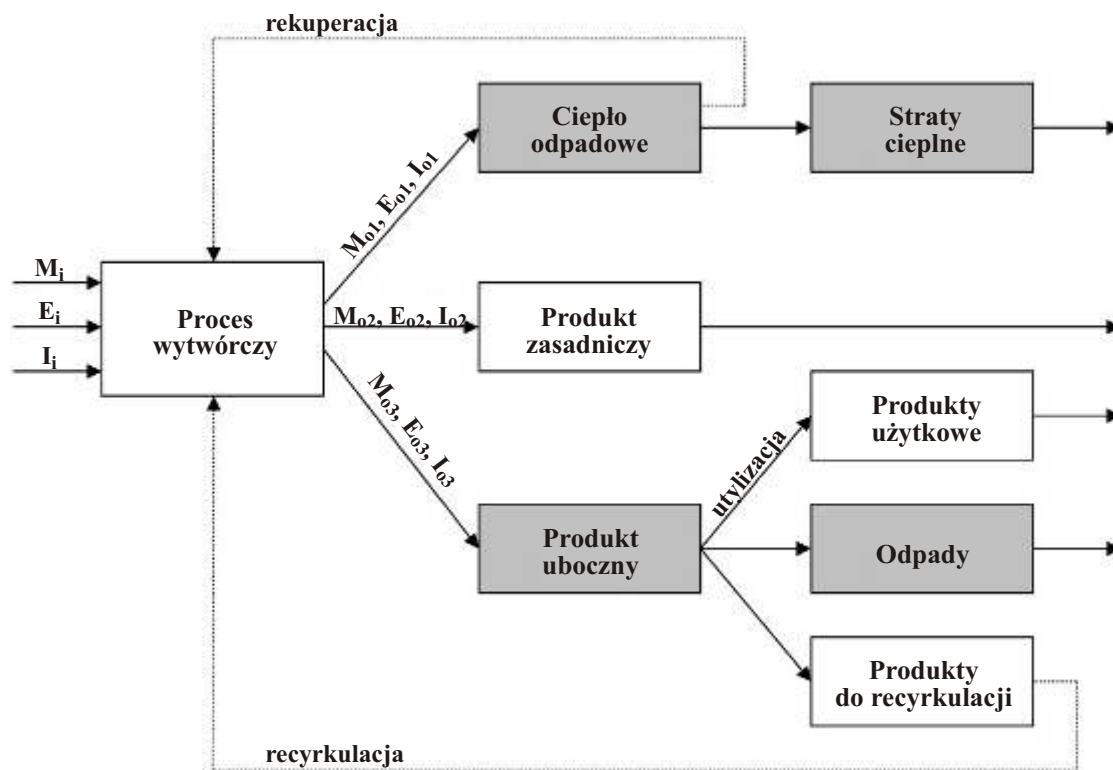
Obróbka plastyczna zaliczana jest do obróbek bezodpadowych, jednak nie wszystkie operacje takiego odpadu nie generują, np. w przypadku walcowania lub nagniatania odpad nie powstaje, jednak w przypadku niektórych operacji tłoczenia odpad taki może występować.

W realizacji każdego procesu technologicznego, także w obróbce plastycznej zidentyfikować można działania w trzech torach – rys. 1:

- masowym (M),
- energetycznym (E),
- informacyjnym (I).

Należy przy tym zauważyć, że każdy czynnik wejściowy ( $M_i, E_i, I_i$ ), może wpływać na wszystkie czynniki wyjściowe ( $M_o, E_o, I_o$ ), a nie tylko na istniejące w danym torze. Pewien wpływ mogą mieć także czynniki zakłócające (T), lecz zawsze dąży się do tego aby był on możliwie najmniejszy. Na schemacie nie uwzględniono zbioru czynników stałych, które mają wpływ na zachodzące relacje (R) między wejściem a wyjściem, jednak podczas całego procesu są one niezmiennie.

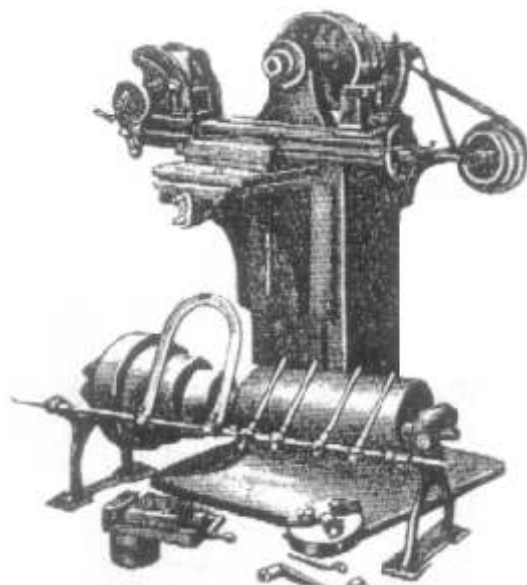
Rozpatrując „wnętrze” powyższego modelu w każdym torze, na wyjściu, można zaobserwować istnienie składowych użytecznych i nieużytecznych – rys. 2, przy czym kwalifikacja tych cech zależy od rodzaju procesu technologicznego.



Rys. 2. Wejścia i wyjścia w przykładowym procesie wytwórczym [7]



A



B



Rys. 3. Historyczna (a) i współczesna (b) forma obrabiarki skrawającej

Istnieje ponadto możliwość odzysku części materiału lub energii, przy czym efektywność tego odzysku zależy od rodzaju operacji.

Należy przy tym zauważyć, że powstający w jednym procesie wytwórczym produkt uboczny nie zawsze będzie nieużytecznym odpadem lecz może stanowić użyteczny materiał wejściowy w innych procesach wytwórczych [4].

### Maszyny w operacjach obróbki plastycznej

W wyniku zachodzącego postępu technicznego cechy konstrukcyjne obrabiarek wykorzystywanych w procesach wytwórczych zmieniają się. Zaobserwować to można porównując obrabiarki przedstawione na rysunku 3. Porównując przedstawione maszyny zauważyć można jednak pewne podobieństwo w zakresie struktury konstrukcyjnej, gdyż zarówno w obrabiarce „historycznej” – z 1865 roku, jak i we współczesnej, zidentyfikować można zespoły realizujące takie same lub bardzo podobne funkcje. Jest więc korpus, zespół napędowy, prowadnice, zespół sterujący, przy czym ze względu na oczywisty sposób realizacji jak i zakres wykonywanych przez nie zadań znacznie się zmienił. Obrabiarka współczesna ma ponadto ściśle osłoniętą strefę obróbki, co wynika z potrzeby zapewnienia warunków BHP gdyż obróbka realizowana jest z parametrami o dużo większych wartościach, a więc w warunkach bardziej niebezpiecznych niż bywało to dawniej. W pewnym stopniu przyczyniły się do tego względy ekologiczne.

Przedstawione na rys. 3 obrabiarki to maszyny technologiczne służące do obróbki skrawaniem, jednak spos-

trzeżenia powyższe dotyczą także obrabiarek realizujących operacje obróbki plastycznej.

Obserwując rozwój obrabiarek do obróbki plastycznej zauważyć można zwiększanie ich możliwości technologicznych. To nie są już tylko proste giętarki lub prasy krawędziowe – rys. 4, lecz złożone, często sterowane numerycznie maszyny, realizujące kilka, a nawet kilkanaście operacji – często nie tylko z zakresu obróbki plastycznej rys. 5.

Dzięki temu możliwe jest na takich maszynach uzyskanie gotowego produktu, a nie jak do niedawna – tylko półproduktu, wykorzystywanego w dalszej obróbce i/lub w późniejszym montażu. Niezbędne do tego jest jednak wyposażenie takich maszyn w magazyny narzędzi.



Rys. 4. Nowoczesna prasa krawędziowa [5]

Przedstawiony na rys. 5 automat gnący FBe5-3, w odróżnieniu od tradycyjnych pras krawędziowych, posiada opcję automatycznej wymiany narzędzi, a także czytnik kodów kreskowych, co umożliwia automatyczną konfigurację narzędzi, zwiększając w ten sposób znacząco możliwości technologiczne tej maszyny. Pozytywną cechą charakteryzującą tę maszynę technologiczną jest ponadto duża oszczędność energii elektrycznej w porównaniu np. do maszyn z napędem hydraulicznym.

Na rys. 6 przedstawiono kolejną wieloczynnościową maszynę składającą się z prasy rewolwerowej ze zintegrowanym ścinaniem kątowym i automatycznego urządzenia załadowczego. Podstawową pozytywną cechą tej maszyny jest wykorzystanie w niej technologii serwoelektrycznej, pozwalającej na zmniejszenie zużycia energii oraz oszczędzanie surowców i oleju.

### Narzędzia w obróbce plastycznej

Narzędzia w obróbce plastycznej charakteryzują się ograniczoną uniwersalnością (elastycznością geometryczną), dlatego też technika ta jest wykorzystywana przede wszystkim w produkcji powtarzalnej: seryjnej i masowej. Dzięki temu mniejszy jest udział kosztów wykonania narzędzia w koszcie jednostkowego produktu. W celu utrzymanie jakości produktu w całym procesie wytwarzania – głównie w zakresie dokładności geometrycznej, należy czynić starania aby minimalizować procesy zużywania narzędzi. Zmniejszenie intensywności zużywania narzędzi uzyskuje się, m.in. dzięki temu, że operacje obróbki plastycznej wykonywane są najczęściej z zastosowaniem płynów obróbkowych. Można zauważyć ponadto, że postępy w inżynierii materiałowej umożliwiły – podobnie jak w obróbce skrawaniem – ograniczenie ilości stosowanych płynów, co w aspekcie ekologicznym należy uznać jako czynnik pozytywny. Ponadto, zwiększenie efektywności oddziaływania płynów obróbkowych (co także umożliwia zmniejszenie ich ilości) uzyskuje się stosując różne dodatki, modyfikujące cechy użytkowe tych mediów [2].

Dobre rezultaty w zakresie zmniejszenia zużycia narzędzi uzyskuje się także stosując na ich elementach roboczych powłoki nanoszone różnymi metodami [3]. W ten sposób uzyskuje się zmniejszenie tarcia współpracujących elementów, a więc wolniejsze zużywanie. Uzyskuje się przy tym jednocześnie efekt synergiczny – zmniejszenie energochłonności obróbki.

W pewnych zastosowaniach narzędziem w obróbce plastycznej może być także medium smarujące. Taką funkcję pomocniczą pełni ono w kształtowaniu hydrodynamicznym, tzw. *hydroformingu*. Zasady kształtowania tym sposobem obróbki plastycznej przedstawiono na rys. 7.

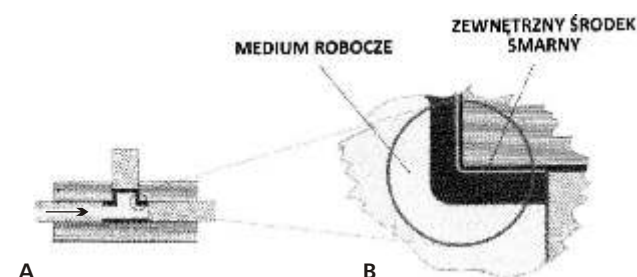
W procesie tym materiałem wejściowym (półproduktem) jest rura. Jest ona rozpęczana przez olej podawany pod dużym ciśnieniem do jej wnętrza (strzałka) na rys. 7a). Następuje to równocześnie w kierunku osiowym i/lub promieniowym. W końcowej fazie obróbki w odgałęzieniu wykrawane jest otwór. Metodą taką, techniką obróbki plastycznej wykonywane są na przykład trójniki z metali plastycznych.



Rys. 5. Sterowany CNC automat gnący [6]



Rys. 6. Sterowana numerycznie maszyna do wykrawania i ścinania [6]



Rys. 7. Hydroforming: a) zasada działania, b) szczegóły technologiczne [5]

Stwierdzono wyżej, że narzędzia wykorzystywane w obróbce plastycznej charakteryzują się niewielką elastycznością geometryczną, dlatego też aby zwiększyć możliwości technologiczne nowoczesnych maszyn realizujących procesy techniką obróbki plastycznej wyposaża się je w dodatkowe narzędzia umieszczane w magazynach narzędzi. Mogą to być magazyny równoległe – rys. 8, lub rewolwerowe – rys. 9. Sterowanie komputerowe jakim maszyny te dysponują umożliwia automatyczne wybranie z magazynu odpowiedniego narzędzia, skracając czas pomocniczy, niezbędny do zmiany narzędzia w obrabiarkach tradycyjnych.



Rys. 8. Równoległy magazyn narzędzi w giętarcie

to na realizowanie na nich nie tylko obróbki bezubytkowej lecz także ubytkowej lub przyrostowej. Przykład wykorzystania lasera do wspomaganie obróbki platycznej przedstawiono na rys. 10.

W ten sposób można wytworzyć wiele więcej różnych elementów. Sterowany numerycznie ruch lasera umożliwia wycinanie otworów o dowolnych kształtach i krawędziach pod różnym kątem – rys. 11.

Wykonane elementy mogą być produktami finalnymi (rys. 11a) lub stanowić półprodukty wykorzystywane w dalszej fazie procesu produkcyjnego (rys. 11b).

### Procesy technologiczne

Procesy technologiczne realizowane w obróbce plastycznej to kolejna sfera, w której obserwuje się rozwój. Przykładem tego może być stosowanie pokryw na elementach roboczych maszyn. W ten sposób zmniejsza się tarcie między obrabianym elementem a powierzchniami roboczymi



Rys. 9. Rewolwerowy 16-pozycyjny magazyn narzędzi: a) widok ogólny, b) indywidualne narzędzie [6]



Rys. 10. Laser wspomagający obróbkę plastyczną

Magazyn pokazany na rys. 8 służy do usytuowania w nim narzędzi realizujących jedynie operacje techniką obróbki plastycznej, natomiast magazyn rewolwerowy – rys. 9, może zawierać narzędzia realizujące także operacje innymi technikami.

W tradycyjnych maszynach realizujących obróbkę plastyczną wykorzystywana jest energia mechaniczna, ewentualnie hydrauliczna. W celu zwiększenia możliwości wytwórczych maszyny te wspomagane mogą być innymi rodzajami energii, np. elektryczną lub termiczną. Pozwala



Rys. 11. Przykłady elementów wykonanych obróbką plastyczną (a) i hybrydową (b)



maszyny. Dzięki temu możliwe jest szybsze realizowanie procesów technologicznych z większymi prędkościami.

Znane są także przykłady, w których obróbka plastyczna wspomaga inne operacje technologiczne, przyczyniając się do zwiększenia efektywności wspomaganego procesu, np. synergiczne oddziaływanie toczenia i nagniatania [1].

### Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych rozważań można stwierdzić, że technika obróbki plastycznej ma znaczący udział we współczesnych procesach wytwarzania realizowanych w szeroko pojętej branży mechanicznej. Rozwój tej techniki obserwuje się zarówno w zakresie obrabiarek jak i narzędzi. Należy przy tym zauważyć, że przyspieszenie tego rozwoju nastąpiło, m.in. dzięki wspomagananiu obróbki plastycznej innymi obróbkami, w wyniku czego obrabiarki i realizowane przez nie procesy technologiczne mają teraz najczęściej charakter hybrydowy.

Efektym synergicznym takiego wspomaganiania jest zwiększenie efektywności realizowanych procesów technologicznych, a także znaczące rozszerzenie zbioru elementów możliwych do wykonania tą techniką (patrz rys. 11).

Pozytywny impuls sprzyjający temu rozwojowi dało także obserwowane od pewnego czasu zwiększenie wrażliwości ekologicznej decydentów w przemyśle. Operacje obróbki plastycznej generują bowiem dużo mniej odpadów ob-

ciążających środowisko, niż obróbek ubytkowych, np. obróbki skrawaniem.

### Literatura

[1] Burakowski T.: Areologia. Podstawy teoretyczne. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2013.

[2] Mikołajczyk J.R.: Zmiana geometrycznych cech współpracujących powierzchni miarą intensywności procesu zużycia ostrzy skrawających. *Obróbka Metalu* nr 1/2023, ss. 50-54.

[3] Milewski K., Madej M., Ozimina D.: Tribological properties of *Diamond Like Carbon* coatings at friction joints lubricated with ionic liquid. *Tribologia* nr 5/2019, pp. 59-69.

[4] Lonkwic P., Usydus I.: Zgrzewanie oporowe w praktyce inżynierskiej. *Obróbka Metalu* nr 2/2022, ss. 47-53.

[5] Materiały firmy FUCHS. *Obróbka Metalu* nr 1/2017, ss. 10-11.

[6] Materiały firmy Prima Power, Turyn 2018.

[7] Saechtling H.: *Tworzywa sztuczne: poradnik*. WNT, Warszawa 2000.

[8] Styp-Rekowski M.: Ekologiczne uwarunkowania procesów wytwarzania. *Zeszyty Naukowe Bydgoskiego Towarzystwa Naukowego, seria A, z. 33*. Bydgoszcz 2001, ss. 123-130. ■

reklama



## CHCESZ dobrze zainwestować swoje pieniądze?

- ✚ Centrum obróbcze DM zwiększy wydajność Twojej produkcji
- ✚ Maszyna zapewnia szybkość i wysoką precyzję obróbki, przy zachowaniu całkowitej stabilności
- ✚ To najczęściej kupowana obrabiarka przez naszych klientów



**Zadzwoń:** 781 677 446 lub 58 350 90 43

**Napisz:** richo@richo.pl lub biuro@richo.pl

**www.richo.pl**

# Polska kadra na zawody EuroSkills Gdańsk 2023

Oficjalna prezentacja polskiej ekipy na mistrzostwa Europy umiejętności branżowych EuroSkills Gdańsk 2023 odbyła się podczas XV edycji Europejskiego Kongresu Gospodarczego w Katowicach. Organizatorem mistrzostw w Gdańsku jest Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji (FRSE).

– EuroSkills to najlepsze narzędzie popularyzujące wśród uczniów i studentów kształcenia zawodowego wartość uczenia się, realizacji pasji i doskonalenia swoich umiejętności – powiedział w trakcie wydarzenia dr hab. Paweł Poszytek, dyrektor generalny Fundacji Rozwoju Systemu Edukacji. Impreza odbędzie się w dniach 5–9 września. Do rywalizacji przystąpi 600 zawodników z 32 krajów – w 43 konkurencjach podzielonych



na 6 kategorii: technologia budowlana, sztuka i moda, technologia informacyjna i komunikacyjna, technologia wytwarzana i inżynieria, usługi społeczne, transport i logistyka. – Wystartujemy w 40 z 43 konkurencji. Reprezentacja liczy 46 zawodników. Jesteśmy głodni medali, trochę już ich mamy, na przykład wicemistrza świata w gotowaniu – mówił dyr. Poszytek.

Wśród zaprezentowanych w trakcie wydarzenia zawodników znalazła się Dorota Cieślicka, startująca w dyscyplinie budownictwo cyfrowe BIM. Młoda zawodniczka, studentka Politechniki Krakowskiej, opowiadała o przygotowaniach do zawodów: Na zawodach siedzimy kilka dni przed komputerem, to duży wysiłek fizyczny i psychiczny, dlatego nasze treningi są nie tylko związane z pracą z ekspertami, mentoringiem, ale też pracą nad własnym ciałem, panowaniem nad stresem, związanym z obecnością publiczności.

Polskiej kadrze na EuroSkills w Gdańsku zapewniono wsparcie psychologów, treningi fizyczne, tak jak na igrzyskach olimpijskich czy mistrzostwach świata lub Europy. Ważną rolę odgrywa również wspomniany przez zawodniczkę mentoring, który zapewniają przedstawiciele międzynarodowych firm. Jak sami zapewniali – bardzo im się to opłaca.

– Nasi klienci potrzebują fachowców, którzy obsługują sprzęt, jaki produkujemy. Dzięki temu, że bierzemy udział w WorldSkills, możemy inspirować młodzież do nauki, pokazywać im najnowsze technologie. Podam taki przykład: jeden z zawodników, którzy byli z nami na mistrzostwach w Kazaniu, stał się naszym technologiem – powiedział Marcin Berta, ekspert WordSkills Poland i Akademii Menagerów DMG Mori Polska. W podobnym duchu wypowiadał się Dariusz Placek, ekspert ds. zabezpieczeń technicznych Hager Polo: Podchodzimy mocno praktycznie, dzieląc się z naszymi młodszymi kolegami i koleżankami wiedzą ekspercką. Zbudowaliśmy centrum szkoleniowe, ale jednocześnie chcemy, żeby w szkołach powstawały laboratoria wyposażone przez naszą firmę.

Hasło polskiej drużyny brzmi „W drodze do doskonałości”. Ma ona za sobą pierwszy etap przygotowań, polegający na przećwiczeniu zadań, które były w poprzednich edycjach europejskich i światowych zawodów.

– Teraz wkraczamy w kolejny etap, znamy już opisy techniczne konkurencji, które odbędą się w Gdańsku; wiemy, jakie materiały, maszyny, sprzęt zostaną zapewnione. Startujemy z ćwiczeniami pod kątem zadań, które na nas tam czekają. Do tego wplatamy trening mentalny, psychologiczny – mówiła Izabela Laskowska, delegat techniczny World Skills w Polsce, opiekunka drużyn.

EUROSKILLS GDAŃSK organizowany jest przez Fundację Rozwoju Systemu Edukacji, WorldSkills Poland i WorldSkills Europe, w partnerstwie z Miastem Gdańsk, AmberExpo i Polsat Plus Arena Gdańsk. Drużynę polski w przygotowaniach wspiera Fundacja Empiria i Wiedza.

Udział w EuroSkills Gdańsk 2023 jest darmowy i wymaga od widzów jedynie rejestracji, która jest możliwa pod linkiem: <http://wydarzenia.frse.org.pl/ankieta/905914/euroskills-gdansk-2023-rejestracja.html>



## PRODUCENT DYSTRYBUTORÓW REGAŁÓW KARUZELOWYCH I WINDOWYCH



Automatyczne  
Dystrybutory



### AUTOMATYCZNE DYSTRYBUTORY NARZĘDZI I ARTYKUŁÓW BHP

- dostępne moduły: bębnowy, szafkowy i szufladkowy,
- dostęp do artykułów pod pełną kontrolą 24 godziny na dobę,
- ograniczenie wydawanych artykułów co do asortymentu i ilości,
- automatyczne generowanie raportów i zamówień,
- możliwość połączenia z oprogramowaniem zewnętrznym np. z SAP
- baza danych znajduje się lokalnie w/na komputerze dystrybutora – pełne bezpieczeństwo informacji o użytkownikach i towarach



### REGAŁY KARUZELOWE

- składowanie mniejszych towarów na półkach, przesuwających się przed oknem dostępu,
- pełne wykorzystanie dostępnej wysokości magazynu,
- możliwa instalacja regałów przez kilka kondygnacji z kilkoma oknami dostępu

Regał  
Karuzelowy

Regał  
Windowy

### DYSTRYBUTOR DYNABOX oferujący do 1080 lokalizacji

### REGAŁY WINDOWE

- składowanie większych i cięższych towarów na szufladach o długości użytkowej do 4 300 mm,
- dwa typy regałów, 300 lub 500 kg nośności na jedną szufladę,
- całkowita ładowność do 60 ton,
- różnorodne wyposażenie dodatkowe



CoroMill® Dura

# Uniwersalne monolityczne frezy trzępieniowe

CoroMill® Dura to nowy asortyment uniwersalnych monolitycznych frezów trzępieniowych o wysokiej wydajności. Koncepcja ta oferuje autentyczną uniwersalność obróbki od zgrubnej po wykończeniową wielu różnych gatunków materiału przedmiotu obrabianego.

Kluczem do sukcesu jest wyjątkowa konstrukcja WhisperKut™, która skutecznie rozprasza szkodliwe drgania, dzięki czemu płynna i stabilna obróbka frezarska nigdy nie była łatwiejsza.



[www.sandvik.coromant.com/coromilldura](http://www.sandvik.coromant.com/coromilldura)

**SANDVIK**  
Coromant