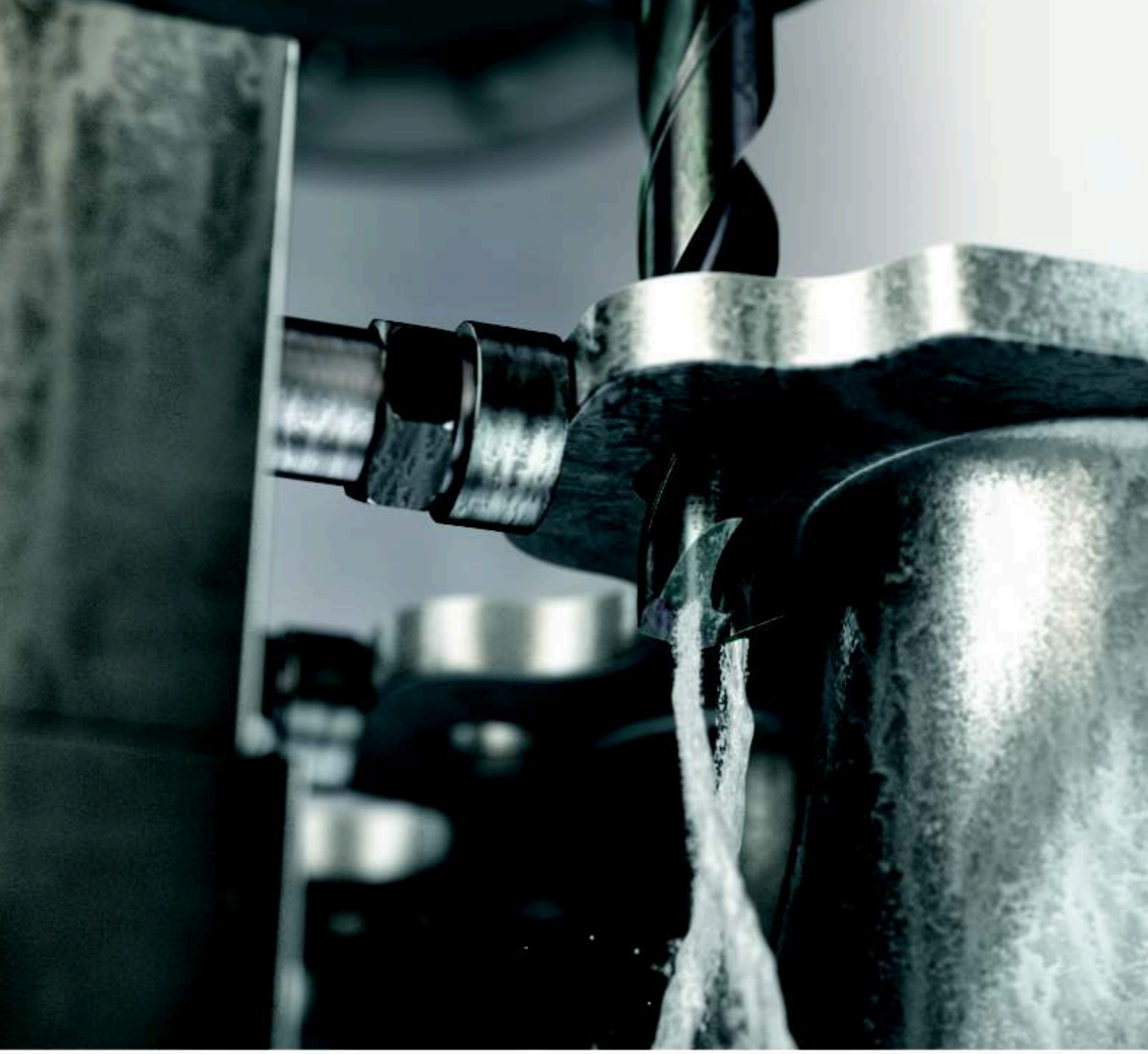
www.obrobkametalu.tech

OBRÓBKA METALU

KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

Numer 4/2025

ISSN 2081-7002



CoroDrill® Dura 462
Łatwe wiercenie we wszystkich materiałach

CoroDrill® Dura 462 to Twój wszechstronny sojusznik na drodze do swobodnego wykonywania otworów w wielu różnych materiałach. To wiertło do płytkich otworów zapewnia duże bezpieczeństwo procesu i doskonałą trwałość narzędzia we wszystkich materiałach, dzięki czemu możesz zwiększać skalę, obniżać koszty i oszczędzać duże sumy.

Mając do dyspozycji obszerny asortyment, możesz liczyć na przewidywalne i bezproblemowe wiercenie podczas każdej obróbki.

SANDVIK
coromant

Dowiedz się więcej:
sandvikcoromant.com/corodrilldura462

Japońska doskonałość.

Ponad 1.200.000 narzędzi produkowanych każdego miesiąca :
każdy poddany trzem kontrolom jakości, każdy doskonały.
Przywództwo zbudowane z pasją,
Gwintownik za Gwintownikiem, od 1923 roku.

www.yamawa.eu

Think threads with
YAMAWA

Szanowni Państwo,

To już ostatnie tegoroczne wydanie naszego kwartalnika. Czas szybko mija. Wydaje się, że XXI wiek rozpoczął się nie tak dawno, a jego jedna czwarta już minęła. Ćwierćwiecze jest więc dobrą okazją do pewnych podsumowań. W tym czasie staraliśmy się (mam nadzieję, że z sukcesem) przybliżać Państwu imprezy targowo-wystawiennicze jakie licznie odbywały się przede wszystkim w Kraju, a także i poza jego granicami. Informowaliśmy także o nowatorskich osiągnięciach gałęzi przemysłu, przede wszystkich krajowego lecz także i zagranicznego, bezpośrednio lub pośrednio związanych z podstawową tematyką naszego periodyku, t.j. obróbką różnych tworzyw konstrukcyjnych. Przedstawialiśmy także wybrane artykuły naukowo-badawcze zawierające ciekawe rezultaty badań prowadzonych w naszych ośrodkach naukowych, niekiedy z udziałem gości spoza Polski, były także „rodzynki" opracowane przez jednostki zagraniczne. Podobny profil ma niniejsze wydanie Obróbki Metalu.

W czterech artykułach naukowych przedstawiono rezultaty badań naukowych zrealizowanych na polskich uczelniach. W pierwszym z nich przedstawiono wyniki badań, na podstawie których określono relacje między nowoczesnym sposobem cięcia, jakim jest cięcie plazmowe, a stanem uzyskanej powierzchni. Podano prawdopodobne czynniki jakie mają wpływ na stwierdzone relacje. W drugim artykule, opracowanym wspólnie przez pracowników uczelni wyższej i przemysłu, badana była także obróbka skoncentrowaną wiązką energii, przy czym dotyczyła ona spajania – spawania laserowego. Stwierdzono, że efekty spawania zależą od parametrów procesu jednak dla różnych spawanych tworzyw konstrukcyjnych wyniki były zróżnicowane.

Trzeci artykuł związany jest z tematyką naszego kwartalnika pośrednio. Jego autorzy identyfikowali procesy zużywania lin stalowych. Znajomość mechanizmów tych procesów pozwala na trafny wybór obróbki zarówno poszczególnych drutów jak i lin w całości, co powinno przyczynić się do zwiększenia trwałości lin. Uwzględniając długość lin (setki metrów) wynikające z tego oszczędności mogą być znaczące.

Ostatni w tym wydaniu artykuł dotyczy narzędzi z materiałów supertwardych i możliwości ich wykorzystania w przemyśle motoryzacyjnym. Artykuł podzielono na dwie części. W pierwszej z nich przedstawiono materiały zaliczane do grupy supertwardych oraz narzędzia z elementami z takich tworzyw. W drugiej części Autor przedstawi rezultaty badań, w których takie narzędzia używane były do obróbki elementów występujących w strukturze samochodów.

Z imprez targowo-wystawienniczych, które już odbyły się zamieszczamy obszerne informacje o zorganizowanych jesienią w Katowicach cyklicznych imprezach TOOLEX oraz ExpoWELDING podczas których odbyły się także towarzyszące im konferencje i seminaria. Zamieszczamy także informacje o Targach Elementów Złącznych FASTENER 2025, które odbyły się w Krakowie. W tym roku ukierunkowane były one na elementy złączne dla sektora motoryzacyjnego.

Zamieszczamy także zapowiedzi imprez, które odbędą się w przyszłym roku. Zachęcam do zapoznania się z wywiadem z nowym szefem targów ITM, który ma szereg pomysłów co zrobić, aby te najstarsze targi były jeszcze ciekawsze. Imprezą, która odbędzie się już w styczniu przyszłego roku jest Warsaw MetalTech 2026. Z zapowiedzi dowiedzieć się można co organizatorzy planują, aby zachęcić do udziału: czynnego i biernego, jak najwięcej firm i osób.

Mamy także bardzo ciekawe informacje dotyczące nowych praktycznych zastosowań narzędzi i maszyn, jakie proponują przodujące w swoich dziedzinach firmy. Jest więc obszerna informacja firmy ISCAR dotycząca nowoczesnej obróbki z użyciem narzędziami z ostrzami z materiałów supertwardych. Korzyścią wynikającą z tego jest duża dokładność geometryczna oraz wydajność, a także zwiększona trwałość ostrzy.

Australijska firmaANCA CNC Machines, światowy lider w zakresie szlifowania CNC prezentuje InsertPRO – najnowsze rozwiązanie oprogramowania szlifowania płytek specjalnych. Firma, mimo że australijska, a więc odległa posiada swoje agendy i serwisy praktycznie na całym świecie, co czyni jej ofertę bardzo interesującą.

Podsumowując te zapowiedzi mam nadzieję, że treść tego wydania jest interesująca chociaż zróżnicowana, i dlatego każdy znajdzie coś interesującego dla siebie, natomiast cały 2025 rok podsumowuję życzeniami:

Zdrowych i radosnych Świąt Bożego Narodzenia
oraz pomyślności w Nowym 2026 Roku

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
(PBS Bydgoszcz)

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

REDAKTOR STATYSTYCZNY
Prof. dr hab. inż. Robert KOSTEK (PB Bydgoszcz)

MIĘDZYNARODOWA RADA PROGRAMOWA
Prof. dr hab. inż. Tomasz LIPIŃSKI (PL – UW-M)
przewodniczący
Dr hab. inż. Tomasz BABUL (PL – SIMP)
Dr.hab. inż. Olaf CISZAK, prof. PP (PL – PP)
Prof. dr hab. inż. Eugene FELDSHTEIN (PL – UZ)
Ph.D.eng. Horst HERMSDORF (D)
Ass. Prof. Sylvia KUSMIERCZAK (CZ)
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 **Obróbka zaawansowanych materiałów z wykorzystaniem płytek CBN i PCD**
ISCAR

11 **Za nami targi TOOLEX i ExpoWELDING 2025**

14 **Analiza struktury geometrycznej powierzchni po cięciu plazmowym**
Prof. dr hab. Inż. Norbert Radek, mgr inż. Wojciech Pauli, mgr inż. Paweł Szydziak

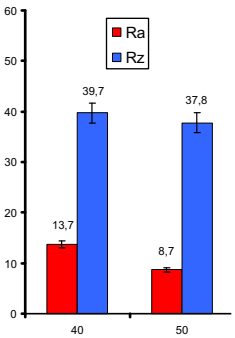
19 **Centrum nowoczesnych technologii Warsaw MetalTech 2026**

20 **Spawanie laserowe**
Dr inż. Paweł Lonkwic, mgr inż. Marcin Chołuj, dr inż. Ireneusz Usydus, mgr inż. Grzegorz Usydus

28 **Fastener 2025: wąska branża – bogactwo ofert**

30 **Środowiskowy aspekt obróbki lin górniczych wyciągów szybowych**
Prof. dr hab. Inż. Michał Styp-Rekowski, dr inż. Eugeniusz Mańka

36 **Modernizacja śrutownic 25% wyższa wydajność**



37 **ITM INDUSTRY EUROPE przyspiesza do 2026**

39 **Narzędzia skrawające i ściernice z materiałów supertwardych w przemyśle motoryzacyjnym**
Dr hab. Inż. Marcin Gołąbczak

47 **Przemysłowa Wiosna 2026. Najlepsze targi dla przemysłu w sercu Polski**

49 **Nagrody ANCA Tool of the Year 2025 na targach EMO Hannover**

contents

Page 14

Prof. dr hab. inż. Norbert Radek, mgr inż. Wojciech Pauli, mgr inż. Paweł Szydzia

The surfaces geometry structure after air plasma cutted

Summary: In this paper results of cutted surfaces microgeometry were submited. Cutting was made by hand air plasma cutter of Hypertherm Company production. For investigation samples from steels marked: 0H18N9 and S355E and cuprum were taken. Values of current intensity for the smallest roughness in examined materials was described.

Key words: plasma cutting, parameter of plasma cutting, surface roughness, surface microgeometry.

Page 30

Prof. dr hab. Inż. Michał Styp-Rekowski, dr inż. Eugeniusz Mańka

Environmental aspect of processing of ropes in mining shaft hoist

Summary: In this paper the factors that determine the course and intensity of the wear process of the mining ropes of hoisting mechanisms were analyzed. Based on experimental research of the balancing rope of such a mechanism, it was shown that the environmental conditions in which the mechanism functions are a very important factor affecting the type and effects of the wear process. It was found that the primary reason for the degradation of the strength characteristics of the ropes is the corrosion process, primarily electrochemical corrosion, but also chemical corrosion. Identifying the mechanism of wear is an important clue for processing ropes, both as a whole and their component parts, allowing the intensity of the wear process to be reduced.

Key words: mine hoist rope, working environment, rope wear forms, electrochemical corrosion, chemical corrosion, rope.

Page 39

Dr hab. inż. Marcin Gołąbczaki

Cutting tools and grinding wheels made of superhard materials in the automotive industry (part I)

Summary: In the first part of the article there were described the performance characteristics of superhard cutting tools with blades made of: synthetic diamond PCD (Polycrystalline Diamond) produced at extremely high temperatures and pressures, synthetic diamond produced by the CVD (Chemical Vapour Deposition) method, polycrystalline regular cubic boron nitride PCBN (Polycrystalline Cubic Boron Nitride), diamond-coated DLC (Diamond Like Carbon) produced by the PACVD (Plasma Activated CVD) method, and abrasive wheels with diamond and cBN (Cubic Boron Nitride) abrasives.

Key words: automotive industry, superhard tools, polycrystalline diamond PCD, polycrystalline regular boron nitride PCBN, diamond and borazon cBN grinding wheels, diamond-like coatings DLC.

Page 20

Dr inż. Paweł Lonkwic, mgr inż. Marcin Chołuj, dr inż. Ireneusz Usydus, mgr inż. Grzegorz Usydus

Laser welding

Summary: In this paper the results of the author's research comparing the quality of butt welded samples made of alloy steel 1.0037 and 1.4301, which were welded using the MAG (with a gas mixture containing 18% CO_2 and 82% argon) and laser methods were presented. The samples were tested using the following methods: non-destructive penetration and destructive testing on a tensile testing machine. Further work involved comparing the destructive force values of the connections and analyzing the selected cross-sections in individual samples in terms of the welding method used.

Key words: laser welding, weld strength, non-destructive testing.

index firm

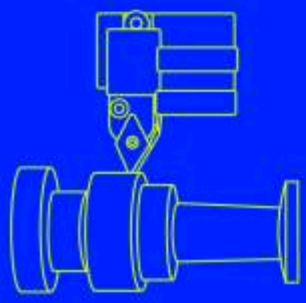
FASTENER POLAND	s.	28
ISCAR	s.	1, 8
ITM INDUSTRY EUROPE	s.	37. 51
LASER-STAL	s.	35
Warsaw MetalTech	s.	18
NARZĘDZIOWNIA. ORG	s.	46
SANDVIK COROMANT	s.	2
SORMA	s.	7
STALEO	s.	46
TEMREX-DYNATECH	s.	52
TOOLEX	s.	11
STOM Kielce	s.	49
YAMAWA	s.	3

http://www.obrobkametalu.tech

SORMA – 75 LAT BUDOWANIA JAKOŚCI I ZAUFANIA.

1950 - 2025

Sorma - Osawa tools



Sorma - Nikko tools

www.sorma.net

Jesteśmy obecni na rynku dystrybucji narzędzi diamentowych i skrawających od 1950 roku. Od tamtego momentu, oprócz znajomości rynku, możemy być dumni, że jako nieliczni:

- otworzyliśmy siedziby we **Francji**, **Niemczech** i **Hiszpanii**,
- zatrudniamy ponad **100 pracowników** w siedzibie w Wenecji,
- posiadamy **centrum logistyczne** o powierzchni **4000 m²** w Marcon,
- wysyłamy nasze produkty do ponad **60 krajów na całym świecie.**

W tym roku po raz pierwszy prezentujemy w jednym katalogu Sorma nasze linie **Nikko** i **Osawa**: dwie marki, pod którymi Sorma od 20 lat oferuje wybór narzędzi monolitycznych i mocowanych mechanicznie.
Jako Sorma przez **75 lat** budowaliśmy nasze zaufanie, ponieważ wiarygodność, niezawodność i doskonałość to więcej niż trzy słowa. To nieodłączny element naszej codziennej działalności.

SORMA
DIAMOND & CUTTING TOOLS

Tworzenie dobrych narzędzi dla innych ludzi
daje ogromną satysfakcję
(Freeman Dyson)

Obróbka zaawansowanych materiałów z wykorzystaniem płytek CBN i PCD

W nowoczesnej produkcji liczą się przede wszystkim dokładność i wydajność

Firma ISCAR, czołowy producent narzędzi skrawających, konsekwentnie wyznacza nowe standardy rozwoju, zwłaszcza w obszarze produkcji narzędzi z PCD (polikrystaliczny diament) i CBN (regularny azotek boru). Dzięki tym zaawansowanym materiałom przemysł zyskuje nową jakość obróbki, charakteryzującą się lepszą wydajnością i dłuższą trwałością narzędzi.

Narzędzia z polikrystalicznego diamentu (PCD) są cenione za wyjątkową twardość i odporność na zużycie, co czyni je idealnym wyborem do obróbki metali nieżelaznych, kompozytów i materiałów ściernych. Narzędzia PCD firmy ISCAR zostały zaprojektowane tak, aby zapewniać wysoką precyzję oraz doskonałą jakość powierzchni, co jest kluczowe w branżach takich jak lotnictwo, motoryzacja i elektronika.

Korzyści wynikające z zastosowania narzędzi PCD firmy ISCAR

1. Dłuższa trwałość narzędzi – wyjątkowa twardość PCD sprawia, że narzędzia zachowują ostrą krawędź skrawającą przez dłuższy czas, co ogranicza częstotliwość wymiany i przestoje w produkcji.

2. Lepsza jakość powierzchni – drobnoziarnista struktura PCD umożliwia uzyskanie doskonałej jakości powierzchni, co jest kluczowe w produkcji komponentów wymagających najwyższej precyzji.

3. Możliwość zastosowania wyższych prędkości skrawania – narzędzia PCD umożliwiają obróbkę z większymi prędkościami, co zwiększa wydajność i skraca czas cyklu produkcyjnego.

Innowacje ISCAR w zakresie narzędzi PCD obejmują wprowadzanie specjalistycznych geometrii, które zapewniają lepszą kontrolę wióra i skuteczniejsze odprowadzanie ciepła, maksymalizując wydajność nawet w najbardziej wymagających zastosowaniach.

Narzędzia ISCAR z regularnego azotku boru (CBN) stanowią kolejny kluczowy element nowoczesnych rozwiązań firmy, przeznaczonych do obróbki stali utwardzonych, żeliwa i stopów żarowytrzymałych. CBN jest drugim najtwardszym materiałem po diamencie, co czyni go idealnym do produkcji narzędzi, które muszą zachować swoją wytrzymałość w ekstremalnych warunkach pracy.

Jedną z kluczowych zalet stosowania płytek CBN jest możliwość pominięcia w procesie obróbki elementów utwardzonych powolnych i kosztownych operacji szlifowania. ISCAR dostrzega, że klienci – szczególnie w branży motoryzacyjnej – coraz częściej zastępują operacje wykończeniowe oparte na szlifowaniu, toczeniem z wykorzystaniem płytek CBN, co znacząco obniża koszty obróbki pojedynczego detalu. W przypadku szlifowania wymagania dotyczące tolerancji wymiarowych często przekraczają możliwości toczenia, a wymagania jakości powierzchni są zbyt rygorystyczne dla toczenia na twardo. Z kolei w toczeniu na twardo wymagania dotyczące tolerancji wymiarowych mogą być zbyt wysokie dla tradycyjnego toczenia. Jednak dzięki złożonej geometrii toczenie okazuje się bardziej praktycznym rozwiązaniem, ponieważ oferuje wysoką wydajność,

możliwość obróbki na sucho, szybsze przygotowanie maszyny oraz krótsze czasy cyklu, umożliwiając ponadto obróbkę zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych średnic na jednej maszynie.

W przeciwieństwie do PCD, CBN (regularny azotek boru) jest chemicznie obojętny podczas obróbki materiałów żelaznych, co czyni go idealnym do tego typu zastosowań.

CBN nie występuje naturalnie w przyrodzie, jest to materiał syntetyczny wytwarzany w procesie wymagającym wysokiej temperatury i ciśnienia CBN został opracowany, aby konkurować z procesem szlifowania wykończeniowego utwardzonych materiałów żelaznych (45-68 HRC), umożliwiając ekonomiczne skrawanie z prędkościami 80÷250 m/min. Znajduje on również zastosowanie w obróbce żeliwa, pozwalając na osiąganie ekstremalnie wysokich prędkości skrawania przekraczających 1000 m/min. Narzędzia skrawające wykonane ze spiekanego CBN powstają poprzez zmieszanie azotku boru (CBN) z ceramiką o twardości porównywalnej do diamentu. Materiały te są następnie spiekane w ekstremalnie wysokich temperaturach i pod wysokim ciśnieniem, a spiekany CBN, dzięki swojej niskiej skłonności do adhezji oraz wysokiej twardości, zapewnia lepszą wydajność skrawania, szczególnie w przypadku obróbki z wysokimi prędkościami materiałów takich jak stal hartowana, żeliwo i stopy żarowytrzymałe.

Główne zalety narzędzi CBN

1. Wyjątkowa twardość i wytrzymałość – narzędzia CBN wytrzymują wysokie temperatury i zachowują swoje właściwości nawet podczas obróbki bardzo twardych materiałów, co jest kluczowe w branżach takich jak motoryzacja i lotnictwo, gdzie toczenie na twardo jest powszechne.

2. Zwiększona produktywność – trwałość narzędzi CBN pozwala na stosowanie wyższych prędkości skrawania i posuwów, co przekłada się na szybszą obróbkę i wyższą wydajność produkcji.

3. Zmniejszone zużycie narzędzi – dzięki wyjątkowej odporności na zużycie termiczne i chemiczne, narzędzia CBN mają znacznie większą trwałość niż tradycyjne narzędzia z węglików spiekanych, co prowadzi do oszczędności w dłuższej perspektywie.

Zaangażowanie firmy ISCAR w rozwój tej gałęzi obróbki skrawaniem przejawia się w opracowaniu wielokrawędziowych płytek CBN z ulepszonym przygotowaniem krawędzi, co gwarantuje optymalną wydajność nawet w najbardziej wymagających warunkach pracy.

Jak ISCAR klasyfikuje płytki

1. **Typ MT** – płytki tokarskie **Mini-Tipped –** Płytki te zostały zaprojektowane w celu zwiększenia efektywności obróbki poprzez pełne wykorzystanie każdej krawędzi skrawającej. Dzięki mniejszemu i bardziej oszczędnemu ostrzu z CBN (azotku boru), możliwe jest znaczące obniżenie kosztów, ponieważ każda płytka może zawierać więcej niż jedną krawędź skrawającą. Płytki jednostronne korzystają z górnych krawędzi, natomiast dwustronne z obu stron – zarówno górnej, jak i dolnej. W ofercie dostępne są różne kształty, w tym kwadratowe i rombowe płytki „Quadro" z 4 krawędziami oraz trójkątne „Triple" posiadające 3 krawędzie.

2. **Płytki CBN z łamaczami wiórów MM (medium), MF (finish), MR (rough)**

– ISCAR oferuje różne geometrie łamaczy wiórów w serii MT, zaprojektowane tak, aby zapewnić optymalne rozwiązania dla każdego konkretnego zastosowania, gwarantując doskonałą kontrolę wiórów podczas obróbki twardych materiałów. Łamacze te skutecznie zapobiegają powstawaniu długich wiórów i potencjalnym uszkodzeniom detalu obrabianego, jednocześnie zapewniając stabilny i niezawodny proces produkcji. Płytki z łamaczem typu **MF** są dostosowane do obróbki wykończeniowej i średnio-dokładnej, płytki z łamaczem typu **MM** są idealne do obróbki

»»

średnio dokładnej, a **MR** przeznaczone są do obróbki zgrubnej.

3. Płytki z pełną krawędzią skrawającą typu L – Płytki te posiadają segment CBN na całej długości głównej krawędzi skrawającej, zostały zaprojektowane z myślą o maksymalnej produktywności i dostępne są w różnych kształtach, aby sprostać różnorodnym wymaganiom obróbki. Płytki trójkątne posiadają pełną krawędź CBN, natomiast płytki kwadratowe oferują opcje pełnej krawędzi skrawającej z CBN dla wersji prawo- lub lewostronnej. Płytki te zapewniają zwiększoną stabilność, poprawiając ogólną wydajność procesu obróbki.

4. **Płytki CBN typu HS (Half Solid)** – płytki te posiadają warstwę CBN położoną na całej powierzchni natarcia. Wysoka twardość osiągnięta dzięki specjalnemu spoiwu przekłada się na doskonałą odporność na zużycie, uderzenia, stabilność termiczną i chemiczną, co czyni je idealnymi do obróbki metali. Zapewniają one wyjątkową relację jakości do ceny, pozwalając zaoszczędzić od 30 do 50% kosztów w porównaniu z płytkami węglikowymi, oraz oferują doskonałą jakość powierzchni obrabianej, umożliwiając zastąpienie operacji szlifowania toczeniem. Wierzchnia warstwa z pełnego CBN zapewnia wysoką wytrzymałość mechaniczną, czyniąc je doskonałym narzędziem do pracy w ekstremalnych warunkach, pozwalającym znacznie obniżyć koszty obróbki, ze względu na mniejszą liczbę wymian narzędzi i od 5 do 10 razy większą wydajność w porównaniu z płytkami z węglików spiekanych i ceramiki.

5. **Płytki z pełnego CBN** – to niezwykle uniwersalne narzędzia, stosowane w różnych branżach, takich jak motoryzacja, przemysł walcowniczy, produkcja przekładni, łożysk, energetyka

wiatrowa oraz sprężarki klimatyzacyjne. Płytki te szczególnie skuteczne w przypadku obróbki elementów wykonanych z żeliwa i stali hartowanej, w tym komponentów silników samochodowych, tarcz hamulcowych, bębnów hamulcowych, kół pasowych, bloków cylindrowych, tulei cylindrowych, pomp oraz wałków żeliwnych. W przypadku stali hartowanej nadają się do obróbki przemysłowych kół zębatych, łożysk do energetyki wiatrowej, łożysk, wałów napędowych, cylindrów młotów kruszących oraz pomp do zawiesin.

Płytki z pełnego CBN typu S zostały zaprojektowane do agresywnych warunków obróbczych, oferując liczne zalety, takie jak doskonała odporność na zużycie, uderzenia, stabilność termiczną i odporność na korozję, są idealne do szybkiej i wydajnej obróbki, szczególnie w zastosowaniach operacji zgrubnych. Dzięki doskonałej relacji jakości do ceny, te płytki pozwalają zaoszczędzić do 50% kosztów w porównaniu z płytkami z węglików spiekanych, jednocześnie zapewniając wyższą jakość powierzchni, umożliwiając pominięcie operacji szlifowania. Pełny materiał zapewnia wysoką wytrzymałość mechaniczną, czyniąc je doskonałym materiałem na narzędzia skrawające przeznaczone do pracy w ekstremalnie trudnych warunkach. Płytki te pozwalają znacznie obniżyć koszty obróbki i wymagają mniejszej liczby wymian narzędzi, osiągając 5÷10 razy większą wydajność niż w przypadku płytek z węglików i ceramiki.

Reasumując, narzędzia skrawające ISCAR z PCD i CBN wyznaczają standardy w nowoczesnej obróbce skrawaniem, oferując rozwiązania spełniające najwyższe wymagania w zakresie precyzji, efektywności i trwałości. W odpowiedzi na dynamicznie rosnące potrzeby przemysłu, ISCAR nieustannie inwestuje w badania i rozwój, gwarantując innowacyjność swoich narzędzi oraz wspierając zwiększenie produktywności i konkurencyjności na światowym rynku.

ISCAR Poland ISCAR Poland ISCAR Poland iscarpoland ISCAR Poland

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

Więcej informacji u naszych lokalnych przedstawicieli:

Białystok 697 221 724	**Bielsko-Biała** 605 613 988 601 542 856 697 220 891	**Bydgoszcz** 661 961 116 693 658 747	**Elbląg** 603 784 606	**Gliwice** 663 774 603	**Jarocin** 665 912 277	**Kalisz** 693 339 246 693 658 717 723 610 041	**Kraków** 697 673 403	**Kielce** 603 701 192	**Krotoszyn** 721 550 075	**Nowy Sącz** 721 348 885
Krosno 601 547 727	**Ostrów Wielkopolski** 697 440 251	**Poznań** 601 519 322	**Racibórz** 663 884 070	**Rzeszów** 723 610 042 601 323 563	**Sędziszów Małopolski** 607 469 114 697 550 780	**Stalowa Wola** 785 204 255	**Szczecin** 601 328 355	**Warszawa** 601 383 431	**Wrocław** 691 394 448 601 542 821 723 140 231	**Zawiercie** 603 780 920

Za nami targi TOOLEX i ExpoWELDING 2025

6000 uczestników i ponad 150 wystawców z 19 krajów. W trakcie trzech październikowych dni Międzynarodowe Centrum Kongresowe w Katowicach wypełniło się najnowszymi technologiami, sprzętem czołowych producentów maszyn i narzędzi do obróbki metalu oraz ofertą liderów technologii i rozwiązań dla spawalnictwa. Targi TOOLEX i ExpoWELDING w opinii uczestników niezmiennie pozostają doskonałą przestrzenią wymiany doświadczeń i nawiązywania nowych kontaktów biznesowych. Części targowej towarzyszyły konferencje Forum Nowego Przemysłu i Przemysł dla Obronności, które wspólnie tworzą cykl „The Industry of Tomorrow. Przemysł jutra".

Międzynarodowe Targi Obrabiarek, Narzędzi i Technologii Obróbki TOOLEX oraz Międzynarodowe Targi Spawalnicze ExpoWELDING to najważniejsze krajowe wydarzenia skierowane do szeroko rozumianych branż obrabiarek, narzędziowej i spawalniczej, zatrudniających setki tysięcy pracowników i współpracujących z wieloma gałęziami gospodarki. Efekt synergii, który powstaje dzięki połączeniu dwóch wydarzeń, zapewnia uczestnikom jeszcze lepszą możliwość zgłębienia aktualnych trendów rynkowych oraz poznania najnowszych rozwiązań oferowanych przez wystawców.

Targi TOOLEX i ExpoWELDING tradycyjnie były przestrzenią do dyskusji o przyszłości i wyzwaniach, przed którymi stają sektory przemysłowe. Jednym z najczęściej podejmowanych tematów była rosnąca konkurencja, w tym rozwój rynków azjatyckich prowadzących ekspansję do Europy. Jak podkreślał Tomasz Sroczyński z firmy Antom, poza trudnością w utrzymaniu konkurencyjności przy dużej liczbie nowych podmiotów w branży, wyzwaniem staje się też globalne spowolnienie oraz niepewność na rynku, utrudniające podejmowanie zdecydowanych i strategicznych decyzji inwestycyjnych.

Zdaniem Jarosława Prylaka, szefa działu handlowego Böhler Welding, kluczową szansą na rozwój może okazać się inwestowanie w nowe obszary, takie jak energetyka jądrowa i przemysł zbrojeniowy. Udział w rozwoju sektora energetycznego kreuje się jako okazja do wzmacniania konkurencyjności, a współtworzenie struktury bezpieczeństwa państwa może okazać się drogą do sukcesu dla wielu przedsiębiorstw w najbliższych latach.

Niedobór wykwalifikowanych kadr to także jedno z wyzwań najczęściej wskazywanych przez reprezentantów branży spawalniczej.

– *W tym momencie na rynku występują duże problemy z dostępnością wykwalifikowanych spawaczy. Antidotum jest robotyzacja oraz systemy ułatwiające szkolenie spawaczy i pracę tych, którzy już zostali przeszkoleni* – zaznacza Bartosz Olej z Fronius Polska, specjalizującej się w urządzeniach spawalniczych i automatyzacji spawalnictwa.

– *Sytuacja na rynku spawalników jest trudna z punktu widzenia pracodawców, ale dobra z perspektywy poszukujących pracy inżynierów spawalnictwa* – mówi prof. Jacek Słania, dyrektor Centrum Spawalnictwa Sieci Badawczej Łukasiewicza – Górnośląskiego Instytutu Technologicznego – *w Polsce istnieje ponad trzynaście i pół tysiąca zakładów stosujących technologie spawalnicze, z czego w ponad siedmiu tysiącach ta technologia jest dominująca. Spawalników wciąż brakuje* – dodaje.

Uczestniczy zgodnie upatrują nadziei w rządowych inwestycjach i regulacjach ułatwiających funkcjonowanie wobec wymogów stawianych przed przedsiębiorcami.

– *Sytuacja na rynku jest trudna dla wszystkich producentów i dostawców maszyn. Liczymy na to, że wprowadzenie pewnych ograniczeń wobec wymogów emisyjnych pozwoli nam na stabilizację* – ocenia Maciej Kosiński, prezes i dyrektor firmy QMT GROUP – *Konieczność inwestycji, rozwoju, budowania nowych rynków poprzez ekspansję jest drogą do przyszłości* – podsumowuje.

TOOLEX i ExpoWELDING głosem branży

Obecni na targach eksperci i menedżerowie wiodących w swoich specjalnościach firm brali również udział w sesjach Industry Talks, organizowanych w ramach Forum Nowego Przemysłu, wydarzenia towarzyszącego targom.

Dziennikarze portalu WNP.pl dyskutowali z zaproszonymi gośćmi o najważniejszych problemach branż produkcyjnych, a jednym z poruszanych tematów były panujące na rynku trendy – *przemysł bardzo podupadł, ten trend wynika z bardzo wysokich kosztów energii i wysokich kosztów pracy – zauważył* Andrzej Rudenko – *obserwu-*

jemy trend rozwoju przemysłu obronnego. Bardzo dużo się mówi, bardzo mocno nagłaśnia się politycznie. Ale niestety nakłady finansowe są nadal zbyt małe. Mamy bogate tradycje przemysłu obronnego, ale wciąż jest zadecydowanie zbyt mało inwestycji w tym obszarze – zaznaczał właściciel i dyrektor zarządzający ArcoTools.

Jako istotny trend została także zidentyfikowana automatyzacja – *Automatyzacja jest trendem, od którego nie uciekniemy. Koszty pracy rosną, a ceny automatów stają się coraz niższe. Moim zdaniem, automatyzacja połączona z sztuczną inteligencją jest przyszłością* – podsumował Andrzej Rudenko.

Przyszłość jest w rękach automatyzacji i digitalizacji, ale zarządzać nimi będzie technologia tworzona przez inżynierów – ocenia Waldemar Jenczyk, prezes GROB Polska – *Widzimy automatyzację jako pozytywne zjawisko, które może bardzo przyczynić się do rozwoju* – dodaje.

Duże zainteresowanie i wysoka frekwencja potwierdzają niezachwianą pozycję targów TOOLEX i ExpoWELDING jako wydarzeń szczególnych dla polskiego przemysłu.

– M*ożliwość spotkania się z klientami i poznania nowych partnerów jest obopólną korzyścią płynącą z udziału w wydarzeniu* – dodaje Marcin Nowak z firmy Technika Spawalnicza z Poznania.

Tradycyjna forma i możliwość spotkania twarzą w twarz z partnerami i potencjalnymi klientami – to najczęściej wymieniana przez wystawców zaleta targów. Udział w TOOLEX i ExpoWELDING pozwala nie tylko zacieśnić relacje biznesowe, lecz również bywa początkiem nowych kontraktów. Jak zwrócił uwagę Mateusz Ciągło, prezes firmy Venture, przestrzeń wystawiennicza Międzynarodowego Centrum Kongresowego w Katowicach pozwala na prezentację maszyn i ich funkcjonalności w sposób, który nie zawsze jest możliwy w siedzibie firmy.

Wśród tegorocznych wystawców znalazły się m.in. takie firmy i organizacje jak: Antom, A+Tech, Andrychowska Fabryka Maszyn Defum, Arco, Awart Media, Barrus, Bart, Best-Just, Bilz, Bodor, Bruker, BVL, Castor Unia Gospodarcza, Centrum Handlu Maszynami, Centrum Maszyn CNC, Cloos Polska, Colmex, Cormak, Cribspot International, CRM Cutting Tools, Czyszczeniespoin.pl, D&H Innowations, Dematec Polska, Diatec, Diolut, Domix, Dongguan Fenggang Zhongji Rongyao Tools Factory. Dpidea, Dr. Schneider Messtechnik, Druk-Art, Dura-Metal, Ecoroll, Elamed, Endo-Tech, ENRX, Eurodis, Fabryka Noteć, Fantech Europe, Fastrotator, Filter Service, Forum Narzędziowe Oberon, Fronius Polska, GH Cranes, Golden Spot Machinery, Grob Polska, HIFI FILTER Polska, iGOLDEN Laser, Iscar Poland, Jali 2 Lavor, Jorgensen Easytech, Käfer Automation, Kalla, Keyence International, Klimawent, KOM-ODLEW, Kovaco, Laboratorium badań „Batory", LW-Technic, Machine Tools International, Madora, Megan, Messerschmitt Schweißtechnik, Monilit-Pro, Muxhel Industrial Solutions, Nanostal, Nederman Polska, New Technology, Oberon Warszawa, Obróbka Metalu, Odlewnia Rafamet, Omega System, Perun, Plik Instruments, Platforma Filtrowentylacyjna, PM Serwis, Poltava Diamond Tools, Powerhub, Pramark, PSPG Polska, QMT Machining, Rex Nordic, Robotpol, Rywal-RHC, SAZ-Welding, Semill, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, Sija, Silvent Polska, Smart Bee Box, Smart IT, Smart Laser, Softgraf, Strojimport, Stürmer Maszyny, Technika Spawalnicza, Tecnar Automation, Tonex Trading, Toplaser, Totalenergies Marketing Polska, Ulgreg, Ultorn, Valk Welding, Veloweld, Venture, Voestalpine Böhler Welding, WHQ Tools, Wsparcie Laserowe, XYZ Machine Tools, Zakład Elektroniki i Automatyki Przemysłowej Elkon, ZJG czy 3M.

– *Targi TOOLEX oraz wydarzenia im towarzyszące to wyjątkowa okazja dla przedsiębiorców, by spotkać się z klientami i partnerami: rozmawiamy o nowych technologiach, innowacjach i wyzwaniach, które kształtują przyszłość polskiego przemysłu* – mówi Agnieszka Miklas, dyrektor ds. Klientów strategicznych Grupy PTWP.

– *Satysfakcja uczestników targów ExpoWELDING i TOOLEX pozostają naszym priorytetem. Pozytywne opinie uczestników są potwierdzeniem, że udaje nam się zapewnić im to, czego oczekują – funkcjonalną przestrzeń, najwyższy standard usług i atmosferę sprzyjającą rozwijaniu biznesu* – dodaje Wioletta Błońska-Dudek, manager ds. klientów strategicznych Grupy PTWP.

Wydarzeniami komplementarnym targów, łączącymi branżowy świat teorii i praktyki były seminarium spawalnicze pt.: „Innowacyjne technologie spawania nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych", Środowiskowe Seminarium Tribologów, Industry Talks oraz Targi Olejów, Smarów i Płynów Technologicznych dla Przemysłu OILexpo.

Targom towarzyszyły również Forum Nowego Przemysłu oraz konferencja Przemysł dla obronności. Udział w debatach wzięli m.in. Cezary Dominiak, prezes zarządu i dyrektor naczelny Rosomaka, Edward Gruszka, gen. broni w stanie spoczynku, doradca w biurze MON, Wojciech Klimek, członek zarządu ds. produkcji w FAKRO, Adam Leszkiewicz, prezes Polskiej Grupy Zbrojeniowej, Andrzej Losor, członek zarządu Heidelberg Materials Polska, Roman Przybylski, prezes Grupy Kęty, Andrzej Skolmowski, prezes zarządu Grupy Azoty, Robert Stobiński, prezes zarządu Grupy Amica, Marek Warzecha, prezes zarządu Ponar Wadowice, Grzegorz Wrona, podsekretarz stanu w Ministerstwie Aktywów Państwowych.

Podczas uroczystej gali, która była zwieńczeniem pierwszego dnia targów i konferencji, wręczono po raz czwarty nagrody The Best of Industry 4.0. Kapituła konkursu doceniła przedstawicieli branży przemysłowej, którzy z sukcesem implementują najnowocześniejsze rozwiązania i technologie Przemysłu 4.0. Statuetki w kategoriach „Zakład produkcyjny" oraz „Technologia" zostały przyznane 9 laureatom. W pierwszej kategorii wyróżnienia zdobyły fabryki firmy Wiśniowski, Zakład Elemental Strategic Metals (Elemental Group), Seco/Warwick oraz Tymbark. W kategorii „Technologia" wyróżnione zostały firmy: Schneider Electric za ekosystem Agentic AI, Fronius Polska za serię urządzeń Fortis, Dematec Polska za technologię DNX 2100, Dassault Systemes za platformę 3DEXPERIENCE, BSH za rozwiązanie Digital Factory oparte na Digital Twin DSH.

Organizatorem wszystkich wydarzeń jest Polskie Towarzystwo Wspierania Przedsiębiorczości.

Analiza struktury geometrycznej powierzchni po cięciu plazmowym

NORBERT RADEK, WOJCIECH PAULI, PAWEŁ SZYDZIAK *

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów mikrogeometrii przeciętych powierzchni. Cięcie przeprowadzono ręczną przecinarką plazmową firmy Hypertherm. Do badań użyto próbki wykonane z miedzi, stali 0H18N9 oraz stali niskostopowej S355E. Określono wartości natężenia prądu, przy których uzyskano najmniejszą chropowatość przeciętej powierzchni dla danego materiału.

WPROWADZENIE

We współczesnych gałęziach przemysłu coraz częściej dominują technologie wykorzystujące skoncentrowany strumień energii. Do tych technologii zalicza się między innymi metoda cięcia plazmowego, która ze względu na duże możliwości technologiczne i małe koszty eksploatacyjne jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych procesów cięcia termicznego [4, 6].

Cięcie łukiem plazmowym, zwane potocznie cięciem plazmowym, jest modyfikacją procesu spawania plazmowego GTA. Cięcie plazmowe wprowadzono do przemysłu w latach 50 w celu umożliwienia cięcia stali odpornych na korozję i metali nieżelaznych. Proces cięcia plazmowego polega na stapianiu i usuwaniu metalu ze szczeliny cięcia silnie skoncentrowanym plazmowym łukiem elektrycznym, jarzącym się między elektrodą nietopliwą, a ciętym przedmiotem. W plazmowym łuku elektrycznym gaz silnie jonizuje się o dużej koncentracji energii kinetycznej i cieplnej. Następnie gaz przemieszcza się z dyszy plazmowej, zwężającej się w kierunku szczeliny cięcia, z prędkością bliską prędkości dźwięku. Temperatura strumienia plazmy mieści się w granicach 10 000÷30 000 K i jest zależna od natężenia prądu, stopnia zwężenia łuku oraz rodzaju i składu gazu plazmotwórczego [6].

Możliwe jest cięcie wszystkich materiałów konstrukcyjnych przewodzących prąd elektryczny. Materiały niemetaliczne mogą być cięte jedynie palnikami plazmowymi o łuku niezależnym. Cięcie plazmowe w odróżnieniu od cięcia tlenem umożliwia cięcie takich materiałów jak aluminium i jego stopy oraz stale wysokostopowe [5].

Proces cięcia plazmowego jest stosowany do cięcia ręcznego, zmechanizowanego i zrobotyzowanego stali i metali nieżelaznych, z dużymi prędkościami we wszystkich pozycjach. Dzięki wysokiej temperaturze łuku plazmowego cięcie rozpoczyna się natychmiast, bez podgrzewania. Wadą procesu jest bardzo wysoki poziom hałasu, zagrożenie porażeniem prądem, silne promieniowanie świetlne łuku, duża ilość gazów i dymów.

Obecnie obserwuje się dynamiczny rozwój urządzeń ręcznych i maszyn numerycznych przeznaczonych do cięcia plazmowego. Główne kierunki rozwoju dotyczą poprawy parametrów technicznych urządzeń do cięcia, uzyskania wysokiej jakości powierzchni cięcia oraz zwiększenia dokładności cięcia [5, 8].

MATERIAŁY I PARAMETRY CIĘCIA

Przedmiotem badań były próbki o wymiarach 50 × 5 × 250 mm wykonane z miedzi, stali kwasoodpornej 0H18N9 oraz stali niskostopowej S355E. Do badań przygotowano po 5 próbek z każdego w/w materiału. Cięcie termiczne przeprowadzono na stanowisku zmechanizowanym przecinarką plazmową firmy Hypertherm, model Powermax 1650. Uchwyt do cięcia plazmowego był prowadzony przez wózek spawal-

* Prof. dr hab. inż. Norbert Radek – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Katedra Eksploatacji, Technologii Laserowych i Nanotechnologii, al. 1000-lecia PP 7, 25-314 Kielce, mgr inż. Wojciech Pauli – F.H. BARWA, ul. Warkocz 3-5, 25-253 Kielce, mgr inż. Paweł Szydzia – Tedspaw Sp. z o.o., ul. Bukowa 2, Bilcza, 26-026 Morawica.

niczy. Schemat procesu cięcia przedstawiono na rysunku 1. Parametry cięcia dobrano doświadczalnie. Przyjęto następujące wartości parametrów:

– prędkość cięcia: 0,8 m/min (dla stali 0H18N9 i S355E) oraz 0,5 m/min (dla miedzi),

– natężenie prądu cięcia: 40÷80 A,

– cykl roboczy: 60 %,

– gaz plazmowy: powietrze o ciśnieniu 0,62 MPa,

– znamionowy przepływ powietrza: 250 dcm^3/min.

Przecięte próbki poddano następującym badaniom:

– obserwacji przeciętych powierzchni za pomocą mikroskopu stereoskopowego,

– pomiarom mikrogeometrii.

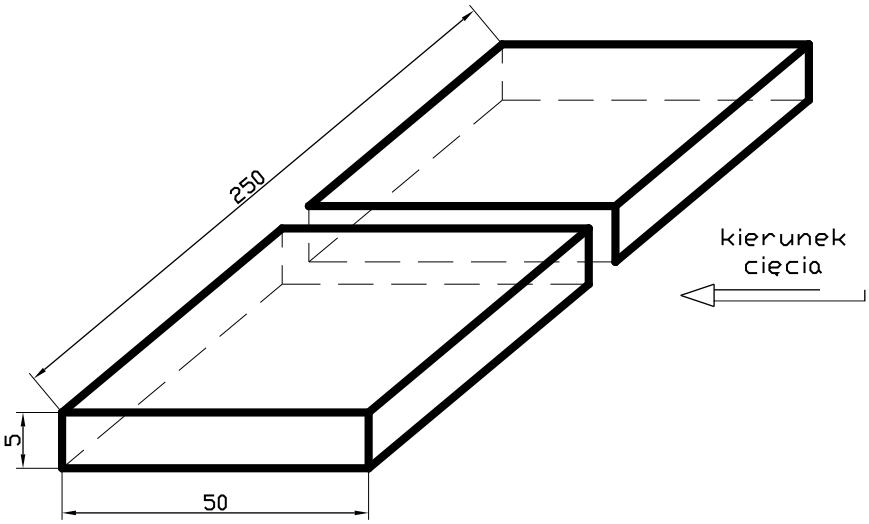
WYNIKI BADAŃ

Pomiary mikrogeometrii przeciętych powierzchni przeprowadzono za pomocą zmodernizowanego przyrządu TALYSURF 4 przy wykorzystaniu programu SUFORM, wykorzystując aktualne informacje dotyczące znormalizowanej oceny chropowatości [1, 2, 3,].

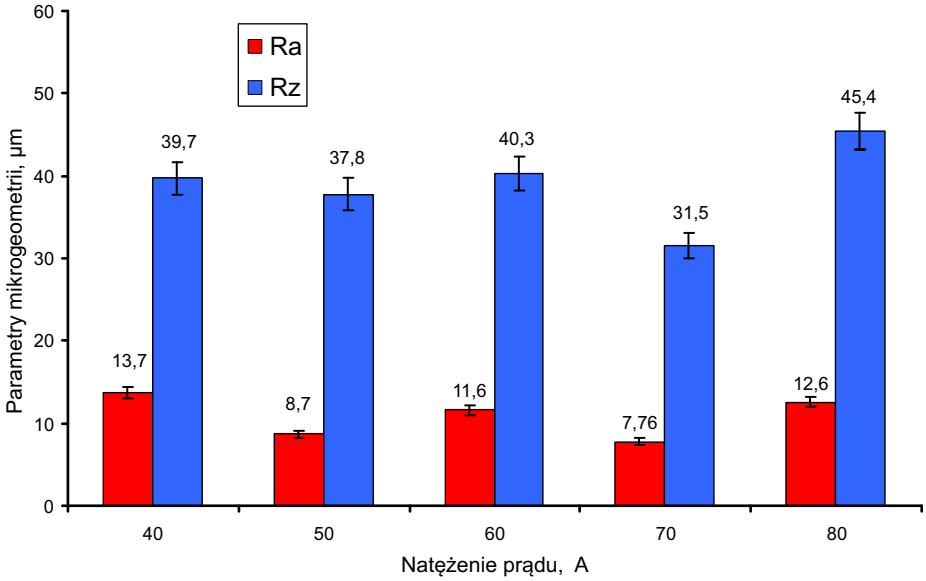
Badania wykonano w Laboratorium Pomiarów wielkości geometrycznych Politechniki Świętokrzyskiej. Wybrane wyniki pomiarów mikrogeometrii dla poszczególnych materiałów przedstawiono w formie wykresów, które zamieszczono na rysunkach 2÷4. Przykładowe protokoły pomiarów parametrów mikrogeometrii badanych próbek przedstawiono na rysunkach 5÷7.

Z wykresu (rys. 2) wynika, że najmniejszą chropowatość przeciętej powierzchni próbek miedzianych uzyskano przy natężeniu prądu cięcia I = 70 A i wynosiła ona Ra = 7,76 μm, największą chropowatość uzyskano przy natężeniu prądu I = 40 A i wynosiła Ra = 13,7 μm.

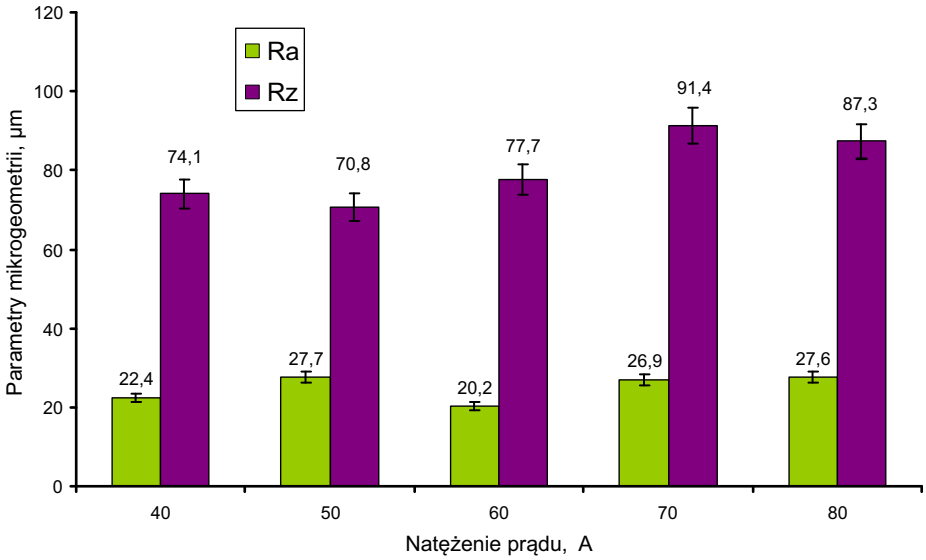
W przypadku przeciętych próbek ze stali 0H18N9 wynika, że najmniejszą chropowatość przeciętej powierzchni Ra = 20,2 μm uzyskano przy natężeniu prądu cięcia I = 60 A (rys. 3). Największa chropowatość przeciętej powierzchni powstała przy natężeniu prądu I = 50 A i wynosiła ona Ra = 27,7 μm.



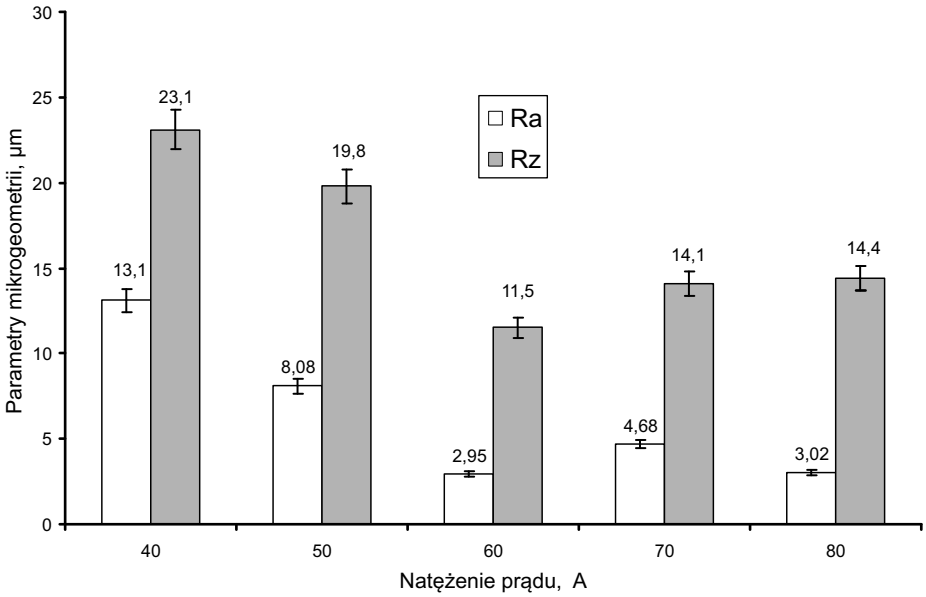
Rys. 1. Schemat procesu cięcia przecinarką plazmową



Rys. 2. Zestawienie wybranych parametrów mikrogeometrii dla próbek miedzianych



Rys. 3. Zestawienie wybranych parametrów mikrogeometrii dla próbek ze stali 0H18N9

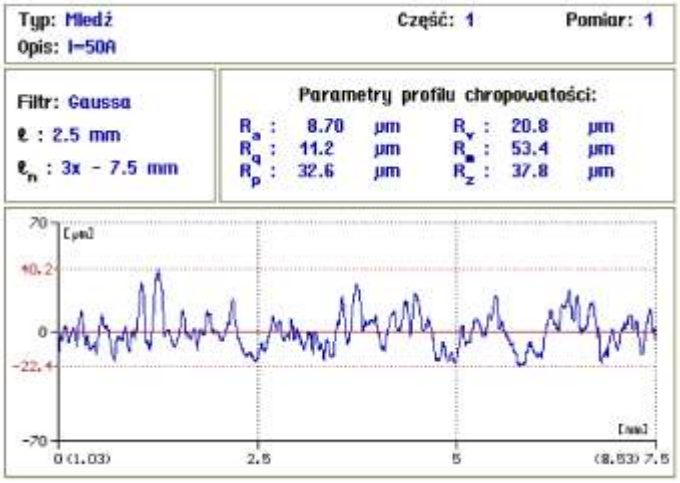


Rys. 4. Zestawienie wybranych parametrów mikrogeometrii dla próbek ze stali S355E

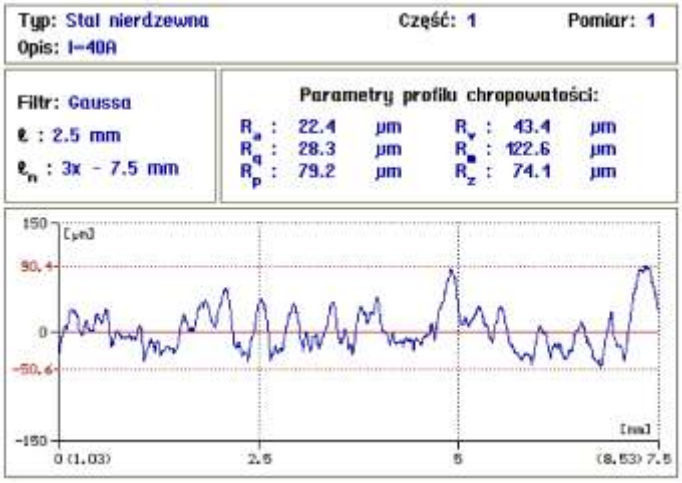
Analizując wykres przedstawiony na rysunku 4 stwierdzono, że najmniejszą chropowatość przeciętej powierzchni *Ra* = 2,95 µm uzyskano przy natężeniu prądu cięcia *I* = 60 A, natomiast największą – *Ra* = 13,1 µm, przy natężeniu prądu cięcia *I* = 40 A.

Analiza wykresów przedstawionych na rysunkach 2÷4 wykazuje, że najmniejsze wartości chropowatości przeciętych powierzchni badanych materiałów występują przy natężeniu prądu cięcia od 60 do 70 A.

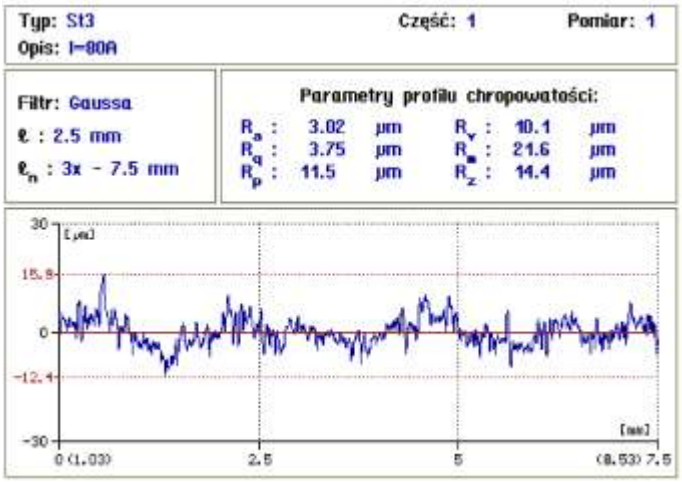
W dalszej części badań dokonano obserwacji stereoskopowych przeciętych powierzchni za pomocą zestawu, w skład którego wchodzi mikroskop stereoskopowy OLYMPUS i aparat cyfrowy. Przykładowe fotografie przeciętych powierzchni próbek z miedzi, stali 0H18N9 oraz stali S355E przedstawiono na rysunkach 8a÷8c.



Rys. 5. Przykłady protokół pomiarów parametrów mikrogeometrii dla powierzchni cięcia (miedź – I = 50 A)



Rys. 6. Przykłady protokół pomiarów parametrów mikrogeometrii dla powierzchni cięcia (stal 0H18N9 – I = 40 A)

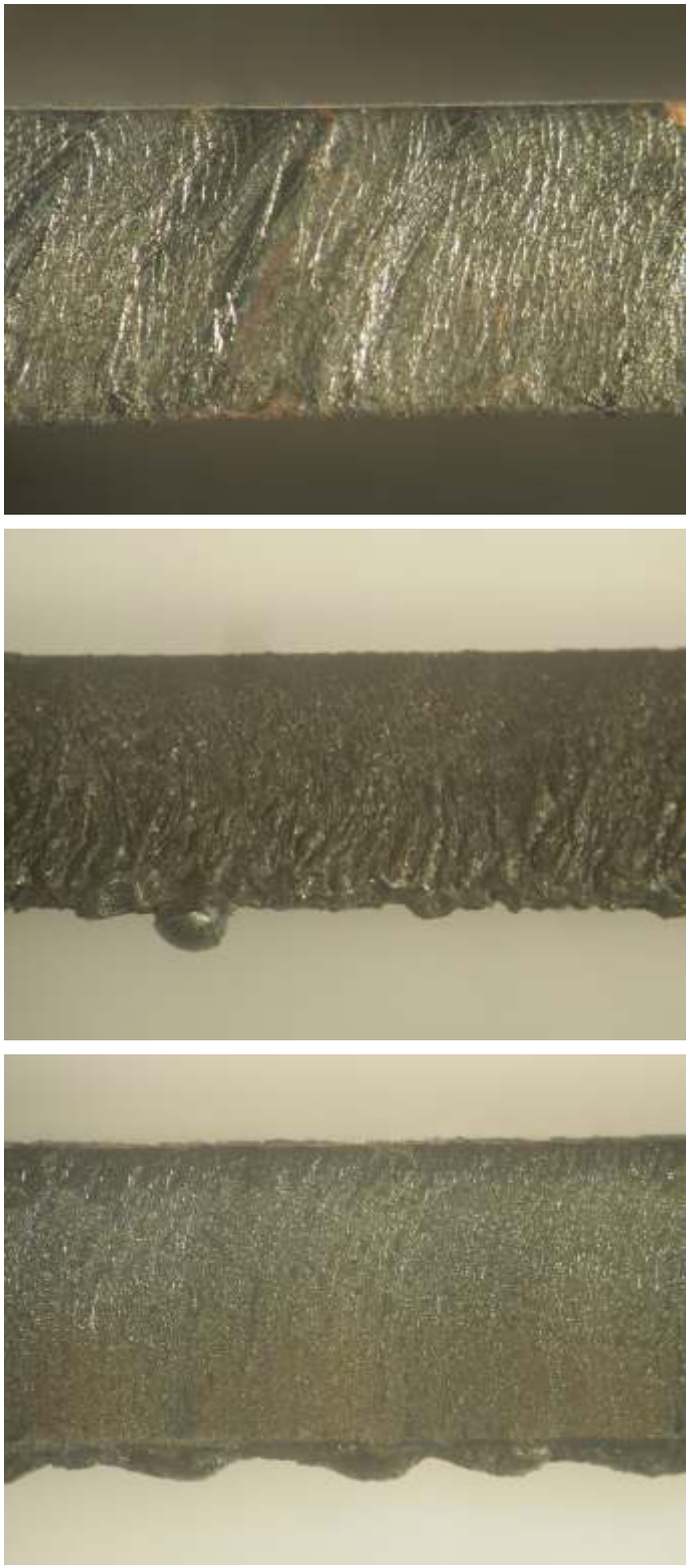


Rys. 7. Przykłady protokół pomiarów parametrów mikrogeometrii dla powierzchni cięcia (stal S355E – I = 80 A)

Analizując fotografie stereoskopowe przeciętych powierzchni można zaobserwować, że przy natężeniu prądu cięcia 80 A próbka z miedzi nie jest przecinana tylko topiona. Na dolnej krawędzi widoczna jest forma utleniona oraz żużel. Zmniejszając natężenie prądu do 70 A otrzymuje się powierzchnię cięcia o niższej chropowatości z niewielką ilością żużla na dolnej krawędzi. Najbardziej dokładną powierzchnię otrzymano przy natężeniu prądu 60 A. Zmniejszenie natężenia prądu cięcia do 50 A spowodowało, że przecięte powierzchnie charakteryzują się znaczną nierównością. Przy natężeniu prądu 40 A nastąpiło niecałkowite przecięcie materiału.

W przypadku analizy fotografii stereoskopowych przeciętych powierzchni próbek ze stali 0H18N9 można zauważyć, że

»»



Rys. 8. Fotografie stereoskopowe powierzchni przeciętych plazmą (pow. × 8): a) próbka z Cu przy I = 60 A, b) próbka ze stali 0H18N9 przy I = 40 A, c) próbka ze stali S355E przy I = 80 A

najkorzystniejszy efekt jakości powierzchni wystąpił podczas cięcia materiału przy natężeniu prądu o wartości 40 A.

Obserwując natomiast fotografie stereoskopowe przeciętych powierzchni próbek ze stali S355E można stwierdzić, że najlepsze rezultaty cięcia otrzymano przy natężeniu prądu 80 A. Najbardziej niekorzystne cięcie wystąpiło przy natężeniu prądu 50 A, o czym świadczy żużel na dolnej krawędzi przeciętej powierzchni.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły dokonać pewnych obserwacji i sformułować wnioski, z których najistotniejsze to:

1. Najmniejsze wartości chropowatości przeciętych powierzchni próbek z miedzi, stali OH18N9 oraz stali S355E otrzymano przy natężeniu prądu 60÷70 A.

2. Analizując fotografie stereoskopowe przeciętych powierzchni próbek możemy zauważyć ślady cięcia w postaci skośnych rowków oraz charakterystyczny nawis żużla na dolnej krawędzi przeciętego materiału.

3. Przy ocenie struktury geometrycznej przeciętych powierzchni w dalszym etapie badań należy wykonać badania składu chemicznego i zmian strukturalnych jakie zachodzą w materiale w wyniku oddziaływania łuku plazmowego.

4. Za celowe wydaje się również wykonanie pomiarów twardości powierzchni cięcia oraz strefy wpływu ciepła.

LITERATURA

1. Adamczak S.: Normalizacja pomiarów struktury geometrycznej powierzchni. Ocena chropowatości i falistości (podstawowe informacje). Cz. 7, Mechanik 5-6 (2005), ss. 492-495.

2. Adamczak S.: Normalizacja pomiarów struktury geometrycznej powierzchni. Ocena chropowatości i falistości (powierzchnie o warstwowych właściwościach funkcjonalnych). Cz. 8, Mechanik 8-9 (2005), ss. 690-692.

3. Adamczak S., Janecki D.: Modernizacja przyrządów do oceny struktury geometrycznej powierzchni. Pomiary chropowatości. Cz. 4, Mechanik 10 (2001), ss.. 666-672.

4. Czech J., Dworak J.: Spawalnicze techniki plazmowe w przemyśle krajowym. Biuletyn Instytutu Spawalnictwa 5 (1995), ss. 54-55.

5. http://www.zakmet.pl

6. Klimpel A.: Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali. Warszawa WNT 1999.

7. Pfeifer T.: Cięcie plazmowe stali wysokostopowych. Przegląd Spawalnictwa 4 (2001), ss. 15-19.

8. Pfeifer T.: Nowoczesne systemy zautomatyzowanego cięcia plazmowego. Przegląd Spawalnictwa 7-8 (2000), ss. 22-25.

WARSAW METALTECH

4.edycja

PTAK WARSAW EXPO

ufi Member

TARGI TECHNOLOGII, MASZYN I NARZĘDZI DO OBRÓBKI METALU

20-22 I 01 2026

ZAREJESTRUJ SIĘ

Aleja Katowicka 62, 05-830 Nadarzyn | info@warsawexpo.eu | www.warsawexpo.eu | / warsawexpo

Centrum nowoczesnych technologii Warsaw MetalTech 2026

W dniach 20–22 stycznia 2026 roku w *Ptak Warsaw Expo* w Nadarzynie odbędzie się czwarta edycja *Targów Technologii, Maszyn i Narzędzi do Obróbki Metalu – Warsaw MetalTech 2026*. Takie wydarzenie przemysłowe w Europie Środkowo-Wschodniej, skupiające liderów technologii, producentów maszyn CNC oraz ekspertów z zakresu automatyzacji i robotyki przemysłowej, jest prezentacją maszyn i technologii – oraz, przede wszystkim – przeglądem kierunków rozwoju nowoczesnego przemysłu metalowego. Łącząc biznes, naukę i innowacje kształtuje konkurencyjność polskiego przemysłu w Polsce oraz w skali międzynarodowej.

Warsaw MetalTech organizowane przez Ptak Warsaw Expo targi łączą świat biznesu, technologii i nauki, stwarzając przestrzeń do wymiany doświadczeń oraz nawiązywania współpracy między producentami, dostawcami i odbiorcami technologii.

Tegoroczna edycja zgromadzi setki marek z Polski i zagranicy, którzy zaprezentują swoje rozwiązania w obszarach takich jak:

– precyzyjna obróbka metalu,

– maszyny CNC i centra obróbcze,

– automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych,

– narzędzia skrawające,

– technologie druku 3D w metalu oraz

– systemy pomiarowe i kontrolne.

W gronie wystawców znajdą się uznane marki i instytucje branżowe, m.in.: Polska Grupa CNC, ISCAR Poland, SciTeeX Sp. z o.o., Ajan, a także Politechnika Warszawska, Uniwersytet Morski w Gdyni oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz. Ich obecność potwierdza nie tylko prestiż wydarzenia, ale i rosnącą rolę Warsaw Metal-Tech jako miejsca promocji nowoczesnych technologii w przemyśle metalowym.

Warsaw Metal Tech to miejsce, gdzie spotykają się najlepsi specjaliści i najnowsze rozwiązania technologiczne. – podkreśla Piotr Szram, prezes zarządu STÜRMER MASZYNY. *To wydarzenie jest kluczowe dla każdego, kto chce być na bieżąco z innowacjami w branży.* – dodaje Rafał Korfel, dyrektor regionalny Dematec Polska.

Targi Warsaw MetalTech stanowią istotny punkt odniesienia dla rozwoju sektora metalowego, maszynowego i produkcyjnego w Polsce. Wydarzenie przyciąga tysiące profesjonalistów – inżynierów, technologów, przedstawicieli zakładów przemysłowych oraz ośrodków badawczych. W dobie dynamicznego rozwoju automatyzacji, robotyzacji i cyfryzacji produkcji, Warsaw MetalTech staje się miejscem, w którym można bezpośrednio obserwować zmiany kształtujące przyszłość przemysłu.

Spawanie laserowe

PAWEŁ LONKWIC, MARCIN CHOŁUJ, IRENEUSZ USYDUS, GRZEGORZ USYDUS *

W artykule zaprezentowano wyniki badań własnych mających na celu porównanie spawanych spoinami doczołowymi próbek pod katem jakościowym wykonanych ze stali w gatunkach: 1.0037 oraz 1.4301, które zostały zespawane metodami: MAG (ze składem mieszanki gazowej 18% CO_2 oraz 82% argonu) oraz laserową. Próbki badano metodami: nieniszczącą penetracyjną oraz niszczącą na maszynie wytrzymałościowej. W ramach dalszych prac porównywano wartości sił niszczących połączenia oraz dokonano analizy wybranych przekrojów w poszczególnych próbkach pod kątem zastosowanej metody spawania.

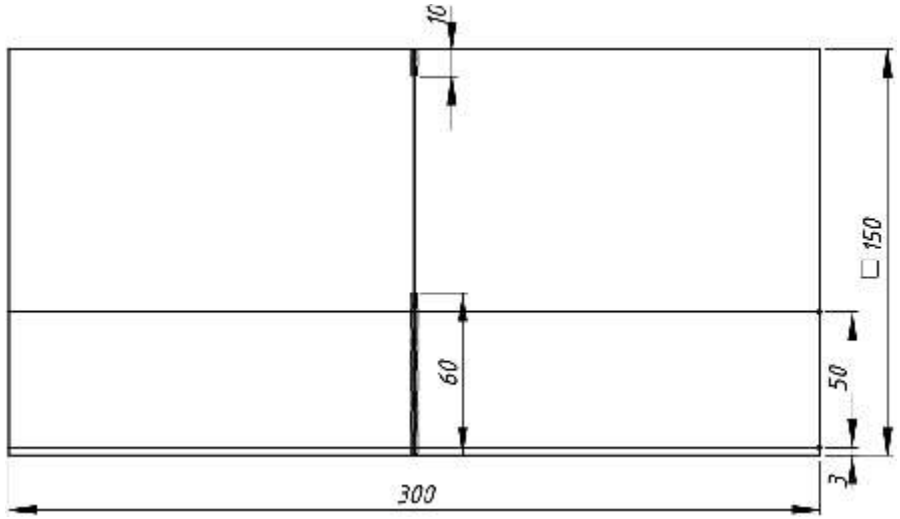
Wstęp

W literaturze związanej z tematyką niniejszego opracowania można znaleźć dużo informacji na temat rewolucyjnej metody spawania laserowego. Z jednej strony rozwój tej metody pokazuje jak jeszcze można wykorzystać lasery w inżynierii mechanicznej, z drugiej zaś, że jej wykorzystanie jest dużo prostsze niż znane dotychczas metody MMA, MIG/MAG czy TIG. Obserwując materiały zawarte w internecie można odnieść wrażenie, że metoda spawania laserowego jest bardzo prosta, a uzyskane połączenia są trwałe oraz w lepszej jakości niż połączenia uzyskane tradycyjnymi metodami.

Przedmiot badań, metodyka badań

Przedmiotem badań były doczołowo spawane próbki metodami: MAG oraz laserową wykonane ze stali 1.0037 (S235) oraz z 1.4301 (0H18N9). Pierwsza z nich – stal 1.0037 to niskowęglowa, niestopowa stal konstrukcyjna o granicy plastyczności Re ⩾ 235 MPa, natomiast stal 1.4301 to austenityczna stal chromowo-niklowa, wykazująca dobrą odporność na korozję. W dalszej części opracowania w oznaczaniach stali używane będą ich numery. Próbki, pokazane na rysunku 2, zostały wycięte z materiału wsadowego pokazanego na rysunku 1.

Materiał wsadowy został wykonany z płytek o wymiarach ≠ 3×150×150 mm. Aby ograniczyć odkształcenia materiału podczas spawania, płytki zostały pospawane z jednej strony na odcinku 60 mm, z drugiej zaś na odcinku 10 mm, co pozwoliło na uzyskanie równoległości krawędzi po spawaniu. Z tak przygotowanego materiału, wykorzystując wycinarkę hydroabrazyjną, dzięki której nie wprowadzono dodatkowego



Rys. 1. Materiał wsadowy użyty do przygotowania próbek do badań z blachy: 1.0037 oraz 1.4301

* Dr inż. Paweł Lonkwic, mgr inż. Marcin Chołuj, dr inż. Ireneusz Usydus – Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Chełmie, Instytut Nauk Technicznych i Lotnictwa, ul. Pocztowa 54, 22-100 Chełm, mgr inż. Grzegorz Usydus – firma AZA-Tech Sp. z o.o., 22-100 Depułtycze Królewskie.

ciepła do materiału, odcięto 3 mm materiału i następnie wycięto próbki o szerokości 50 mm. Dzięki temu usunięto niekorzystny wpływ rozpoczęcia oraz zakończenia procesu spawania, co w badaniach mogło wpływać na jakość otrzymanych wyników.

Z uwagi na przemysłowe wykorzystanie metod spawania, próbki zostały przygotowane w jednym z zakładów przemysłowych współpracujących z PANS w Chełmie. Do badań przygotowano po 3 zestawy próbek w następujących konfiguracjach:

Zestaw A – próbki wykonane ze stali 1.0037 spawane metodą laserową (rysunek 3),

Zestaw B - próbki wykonane ze stali 1.0037 spawane metodą MAG (rysunek 4),

Zestaw C – próbki wykonane ze stali nierdzewnej 1.4301 spawane metodą laserową (rysunek 5),

Zestaw D – próbki wykonane ze nierdzewnej 1.4301 spawane metodą MAG (rysunek 6).

Materiał wsadowy został spawany z wykorzystaniem:

– dla metody MAG – spawarki Lorch S 3 mobil SpeedPulse,

– dla metody laserowej – spawarki MAXT-T65.

W obu przypadkach, zastosowano parametry spawania wskazane przez producentów poszczególnych urządzeń.

Po spawaniu, szerokość lica poszczególnych spawów została pomierzona za pomocą suwmiarki warsztatowej według schematu pokazanego na rysunku 7, a wyniki pomiarów zestawiono w Tabeli 1.

Na rysunkach 8a oraz 8b pokazano wyniki pomiarów lic dla próbek wykonanych ze stali S235 spawanych metodami: laserową oraz MAG.

Na przedstawionych wykresach można zaobserwować pewne trendy wykonawcze. Próbki spawane metodą laserową, posiadały duży rozrzut wymiarowy szerokości lic, natomiast próbki spawane metodą MAG wykazywały się mniejszym rozrzutem wymiarowym. Podobny trend można zaobserwować (na pod-

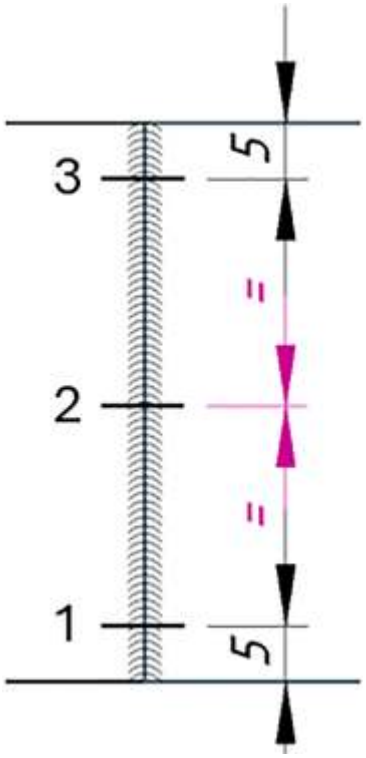
Rys. 2. Wymiary próbek

Rys. 3. Przykład próbki wykonanej ze stali 1.0037, spawany metodą laserową

Rys. 4. Przykład próbki wykonanej ze stali 1.0037 spawany metodą MAG

Rys. 5. Przykład próbki wykonanej ze stali nierdzewnej 1.4301, spawany metodą laserową

Rys. 6. Przykład próbki wykonanej ze stali nierdzewnej 1.4301, spawany metodą MAG



Rys. 7. Miejsca pomiarów szerokości lica spawów na poszczególnych próbkach

stawie danych zawartych w Tabeli 1) przy pomiarach lic próbek wykonanych ze stali 1.4301.

Badania nieniszczące

W kolejnym kroku dokonano oceny spawów z wykorzystaniem badań nieniszczących metodą penetracyjną. Badania wykonano w temperaturze 23°C. Obserwację i ocenę połączeń przeprowadzono przy natężeniu oświetlenia 580 lumenów. Czas penetracji każdej próbek trwał 20 minut, a czas wywołania 15 minut. Ocenę przeprowadzono dla całej długości spoiny. Badania wykonano według poniższego schematu:

– czyszczenie powierzchni izopropanolem 99,9%,

– penetracja preparatem firmy DIEFFU-THERM,

– czyszczenie izopropanolem 99,9%,

– wywołanie preparatem firmy DIEFFU-THERM,

– ocena miejsca spawu.

Na rysunku 9 pokazano próbki wykonane ze stali 1.4301 spawane metodą laserową z naniesionym preparatem firmy DIEFFU-THERM.

Z próbkach wykonanych metodą spawania laserowego nie stwierdzono występowania niezgodności spawalniczych, a przykład takiej próbki po wywołaniu pokazano na rysunku 10.

Po przeprowadzonym badaniu penetracyjnym, w przypadku spawania metodą MAG dla stali 1.0037 stwierdzono wystąpienie rozprysków (co widać na rysunku 11a) oraz niewielkiego podtopienia lica. W badanych próbkach ze stali 1.4301 nie stwierdzono wystąpienia niezgodności spawalniczych od

Tabela 1. Wyniki pomiarów szerokości lica spawów poszczególnych próbek

Próbki A

S235 - laser, próbka I	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	1,17
2	1,23
3	1,77

S235 - laser, próbka II	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	3,26
2	1,09
3	2,18

S235 - laser, próbka III	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	2,73
2	2,47
3	2,25

Próbki B

S235 - MIG, próbka I	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	6,06
2	6,88
3	6,79

S235 - MIG, próbka II	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	6,68
2	6,85
3	5,76

S235 - MIG, próbka III	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	6,55
2	6,75
3	6,85

Próbki C

1.4301 - laser, próbka I	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	3,81
2	3,85
3	4,69

1.4301 - laser, próbka II	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	4,39
2	4,31
3	4,98

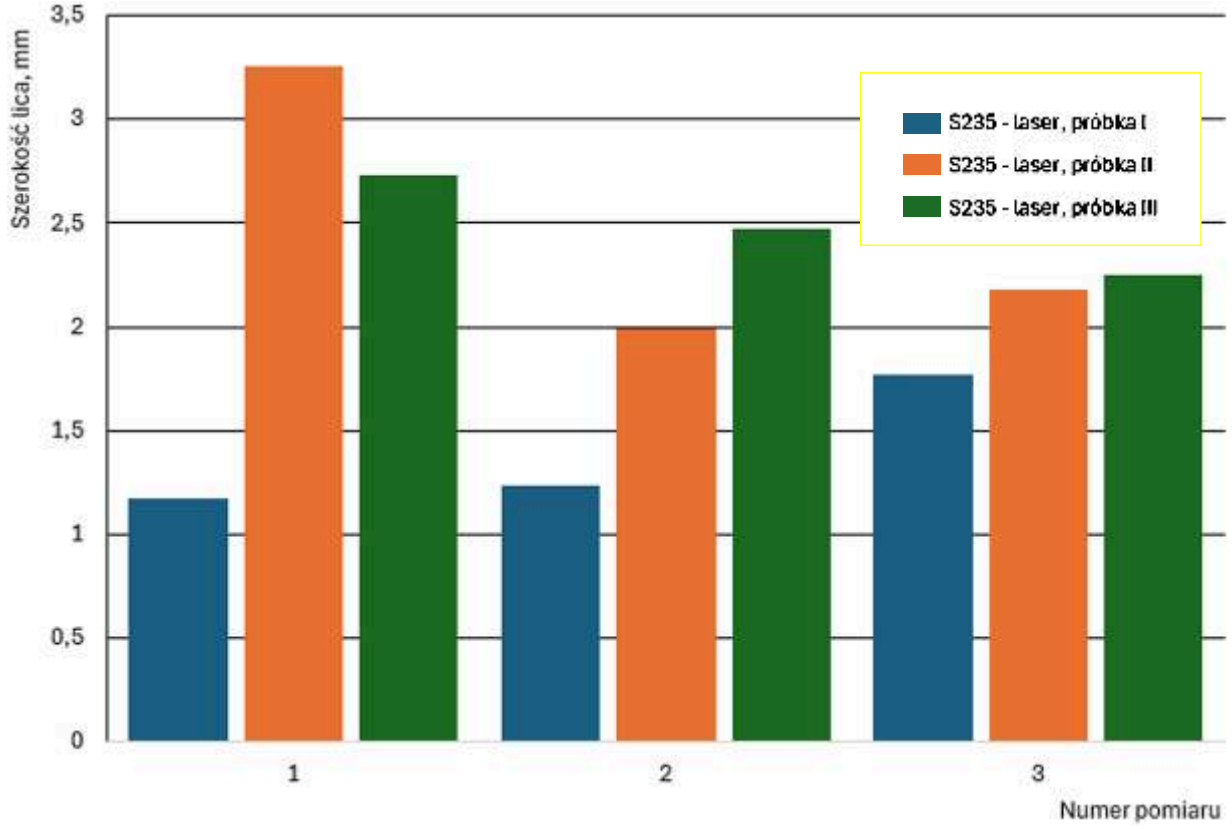
1.4301 - laser, próbka III	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	2,7
2	2,23
3	2,18

Próbki D

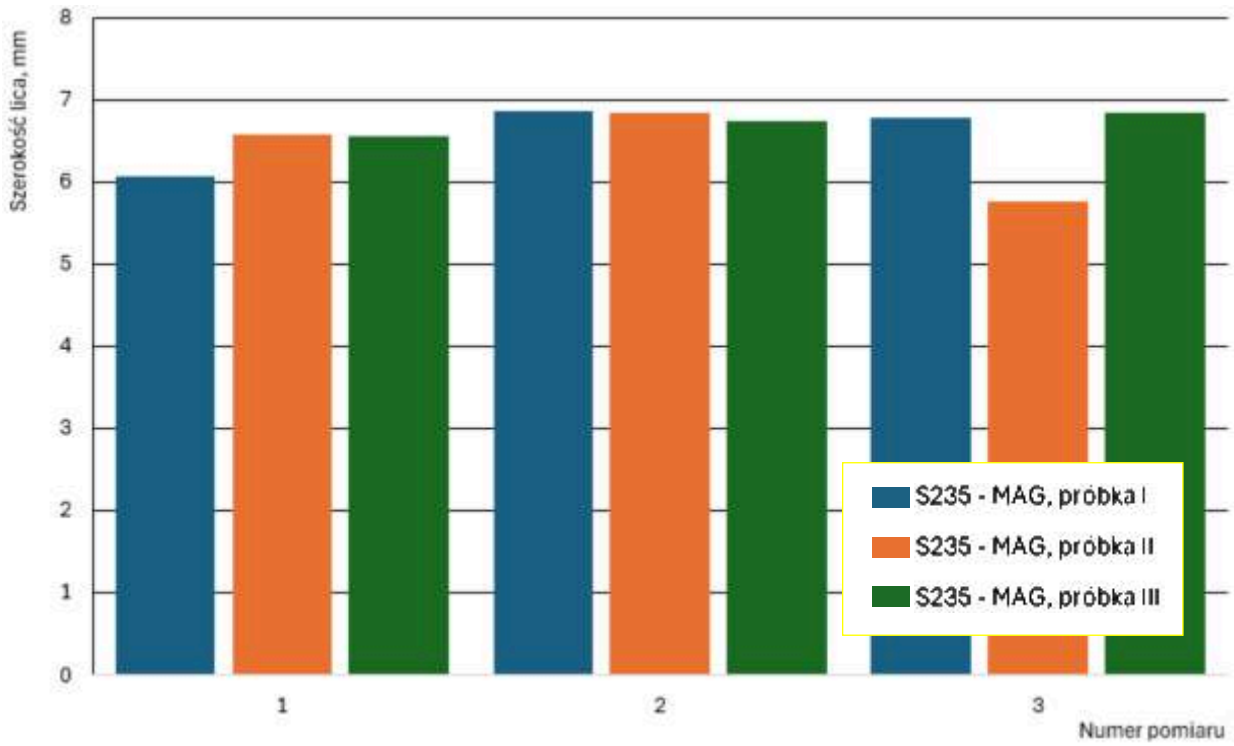
1.4301 - MIG, próbka I	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	11,75
2	9,5
3	9,53

1.4301 - MIG, próbka II	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	8,67
2	8,7
3	9,02

1.4301 - MIG, próbka III	
Nr pomiaru	Szerokość lica
1	8,64
2	8,6
3	8,65



Rys. 8A. Porównanie szerokości lic dla próbek wykonanych ze stali 1.0037 spawanych metodą laserową



Rys. 8B. Porównanie szerokości lic dla próbek wykonanych ze stali 1.0037 spawanych metodą MAG

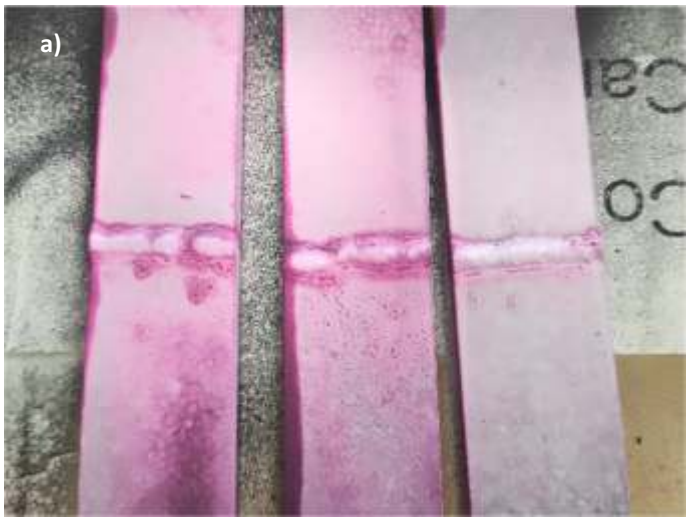
Rys. 9. Przykład spawanych obszarów próbek pokrytych preparatem firmy DIEFFU-THERM

Rys. 10. Przykład próbki spawanej laserowo po przeprowadzonym badaniu penetracyjnym

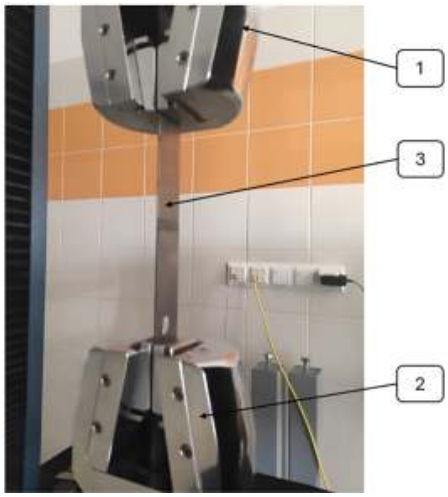
strony lica w obydwu metodach spawania (rysunek 11b). Dla metody MAG zauważono wystąpienie braku przetopu, a od strony grani dla obydwu metod stwierdzono brak przetopu.

Badania wytrzymałościowe

Po oczyszczeniu próbek po badaniach nieniszczących, każdą z próbek poddano próbie zrywania na maszynie wytrzymałościowej typu Hung-Ta typu HT2402 z prędkością 10 mm/min, a ich sposób zamocowania pokazany został na rysunku 12.



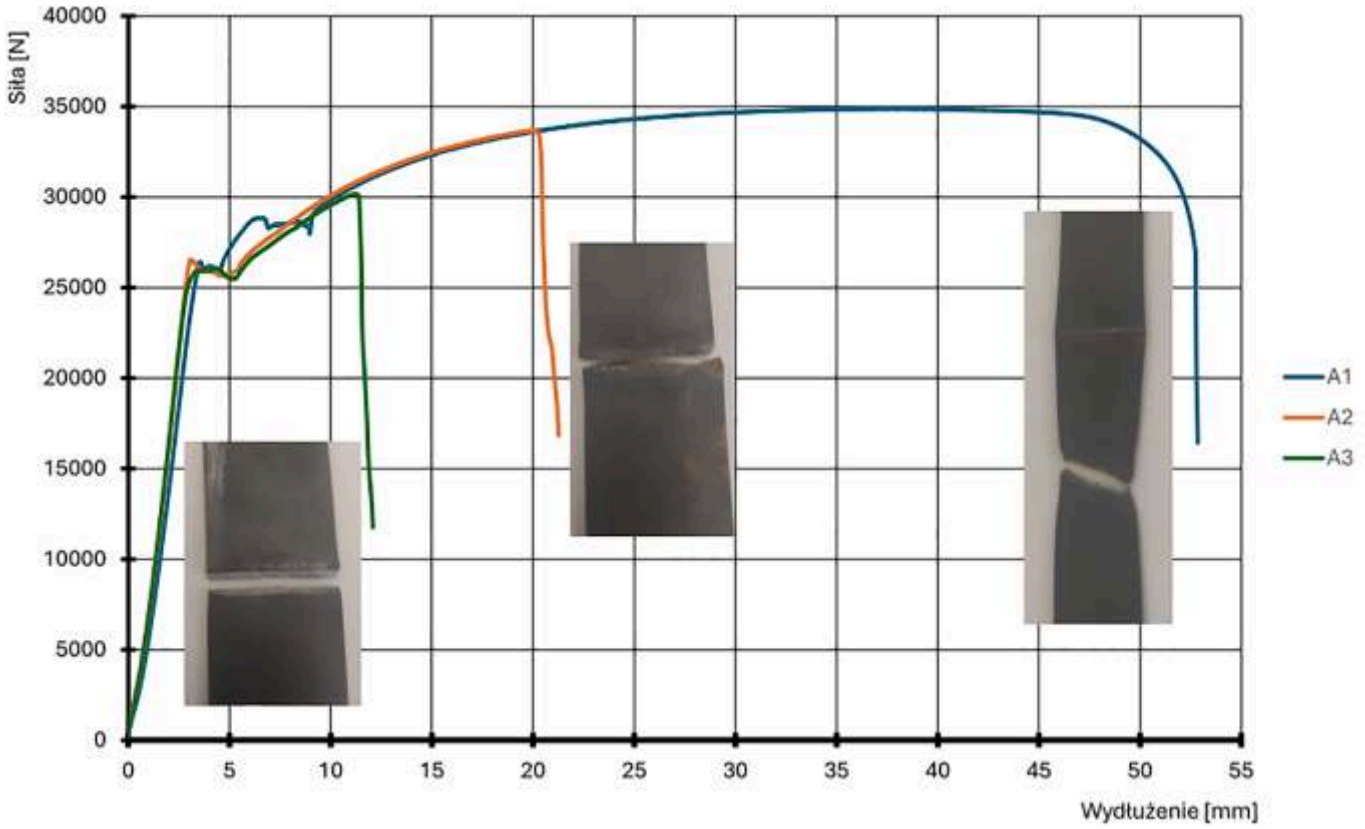
Rys. 11. Przykład próbek spawanych metodą MAG po badaniu penetracyjnym od strony lica: a) stal 1.0037, b) stal 1.4301



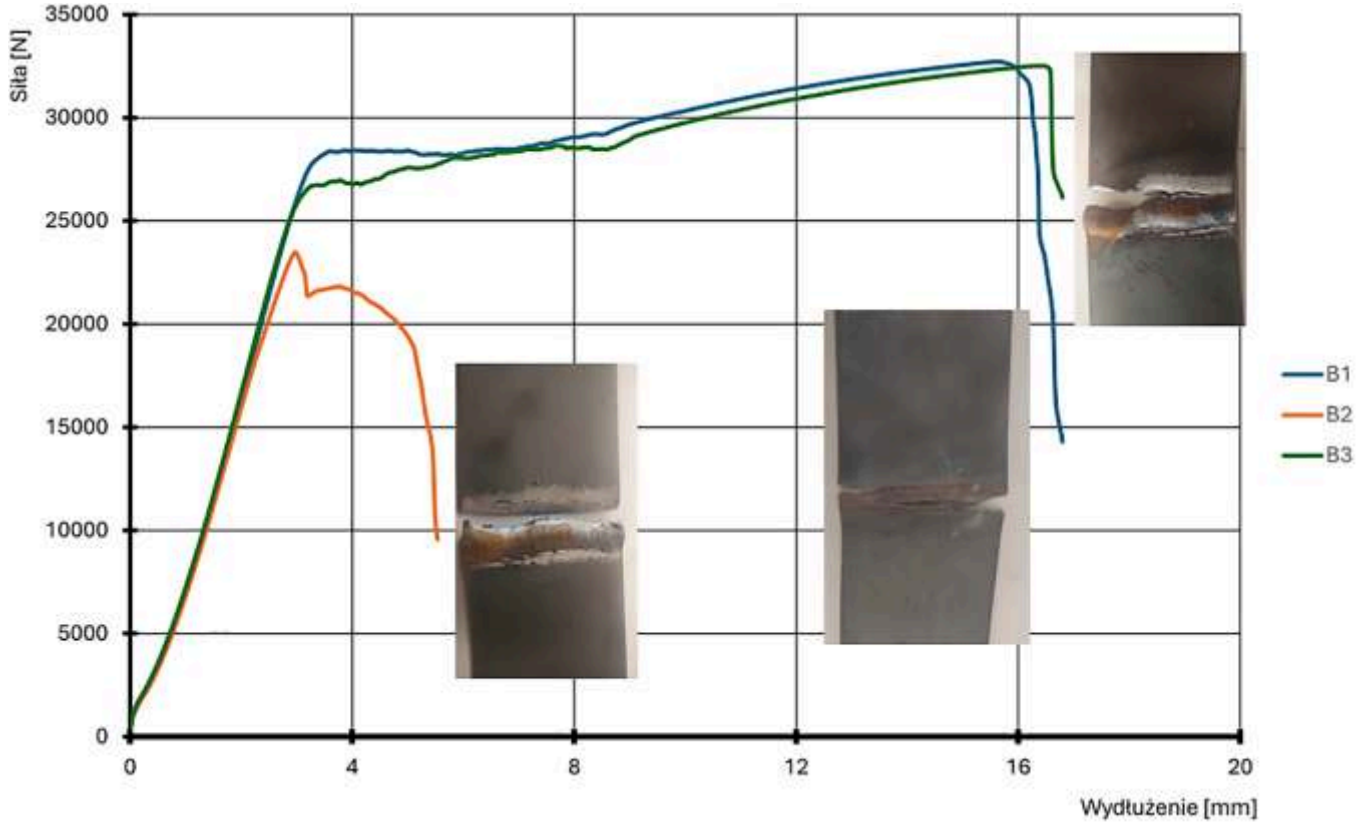
Rys. 12. Sposób mocowania próbek w maszynie wytrzymałościowej: 1 – szczęka górna, 2 – szczęka dolna, 3 – zestaw próbek

Na kolejnych rysunkach 13÷18 pokazane zostały wykresy uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań niszczących wraz z odpowiadającymi im skutkami zniszczenia. Na rysunku 13, zaprezentowano wyniki zrywania próbek wykonanych ze stali 1.0037, spawanych metodą laserową. Próbka A1 uległa znacznemu wydłużeniu w porównaniu do próbek A2 i A3. W próbce A1 połączenie spawane wytrzymało wyższe co do wartości obciążenie, a pęknięcie wystąpiło w materiale. Dodatkowo materiał, z którego wykonane zostały próbki został w procesie przygotowania wycięty wzdłuż włókien walcowania co przyczyniło się do nadmiernego wyciągnięcia podczas badania nieniszczącego. W związku z tym, próbka A1 wydłużyła się 52 mm przy maksymalnej sile 35 000 N. Próbki A2 i A3 osiągnęły wydłużenie odpowiednio około 21 oraz 12 mm przy sile 33 400 N oraz 29800 N. Obie próbki zostały zniszczone bezpośrednio na spawie.

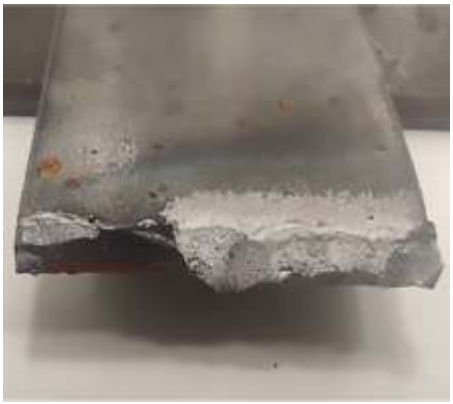
Próbki z grupy B zostały wykonane ze stali 1.0037 i spawane metodą MAG. Próbki B1 oraz B3 pękły częściowo na spawie przy średniej wartości siły 32 400 N osiągając uśrednione wydłużenie 17 cm. Próbka B2 pękła bezpośrednio za spawem przy sile 23 300 N osiągając wydłużenie na poziomie 3 mm (rys. 14). W zerwanej próbce można zauważyć



Rys. 13. Wyniki zrywania próbek wykonanych ze stali 1.0037 spawanych metodą laserową



Rys. 14. Wyniki zrywania próbek wykonanych ze stali 1.0037 spawanych metodą MAG



Rys. 15. Miejsce pęknięcia próbki B2 wykonanych ze stali 1.0037 spawanych metodą MAG

częściowy brak wtopu w materiał (rys. 15), który skutkował przyklejeniem i uzyskaniem najmniejszej wartości maksymalnej siły w próbie statycznego rozciągania.

Próbki C oraz D zostały wykonane ze stali nierdzewnej 1.4301 i zespawane odpowiednio metodą laserową oraz MAG. Próbki C1 oraz C3 pokazane na rysunku 16 osiągnęły wydłużenie 39 oraz 32 mm przy sile zrywania 49 500 oraz 45 100 N. W obu przypadkach, uzyskano postępujące w czasie pęknięcia w okolicy spawu, co przełożyło się na większą wartość wydłużenia niż dla D3 – 61 mm przy 54 000 N. W próbce D2, w której połączenie spawane wytrzymało maksymalne obciążenie pęknięcie wystąpiło dla siły równej 56 500 N przy wydłużeniu 90 mm. Przykład pęknięcia próbki spawanej laserowo blachy 1.4301 pokazano na rysunku 19.

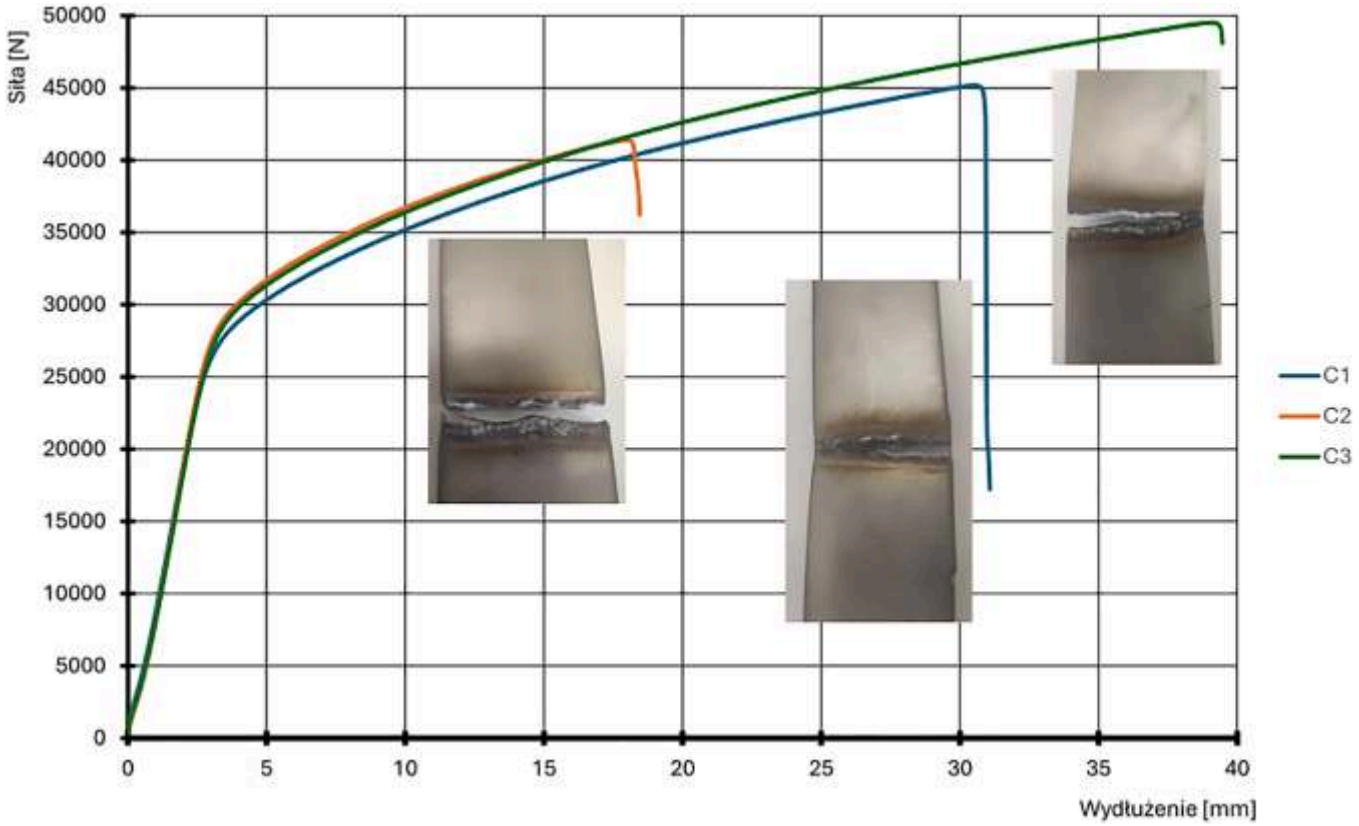
Wnioski

Przeprowadzone badania oraz uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków końcowych:

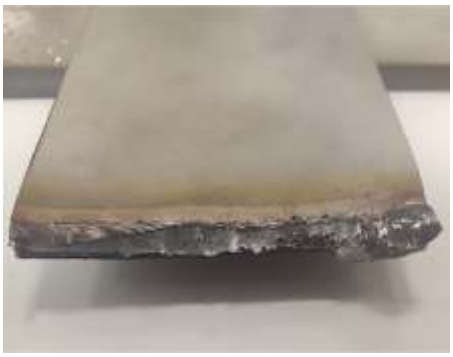
– przygotowane zestawy próbek w warunkach warsztatowych nie były modyfikowane mechanicznie pod kątem uzyskanych geometrii spoin;

– przygotowane w warunkach warsztatowych spawy, nie posiadały jednakowej geometrii lica, co niewątpliwie miało swój wpływ na jakość połączeń pod kątem wytrzymałości;

– zarówno stal z gatunku 1.0037 oraz 1.4301 są stalami, które można spawać metodą laserową;



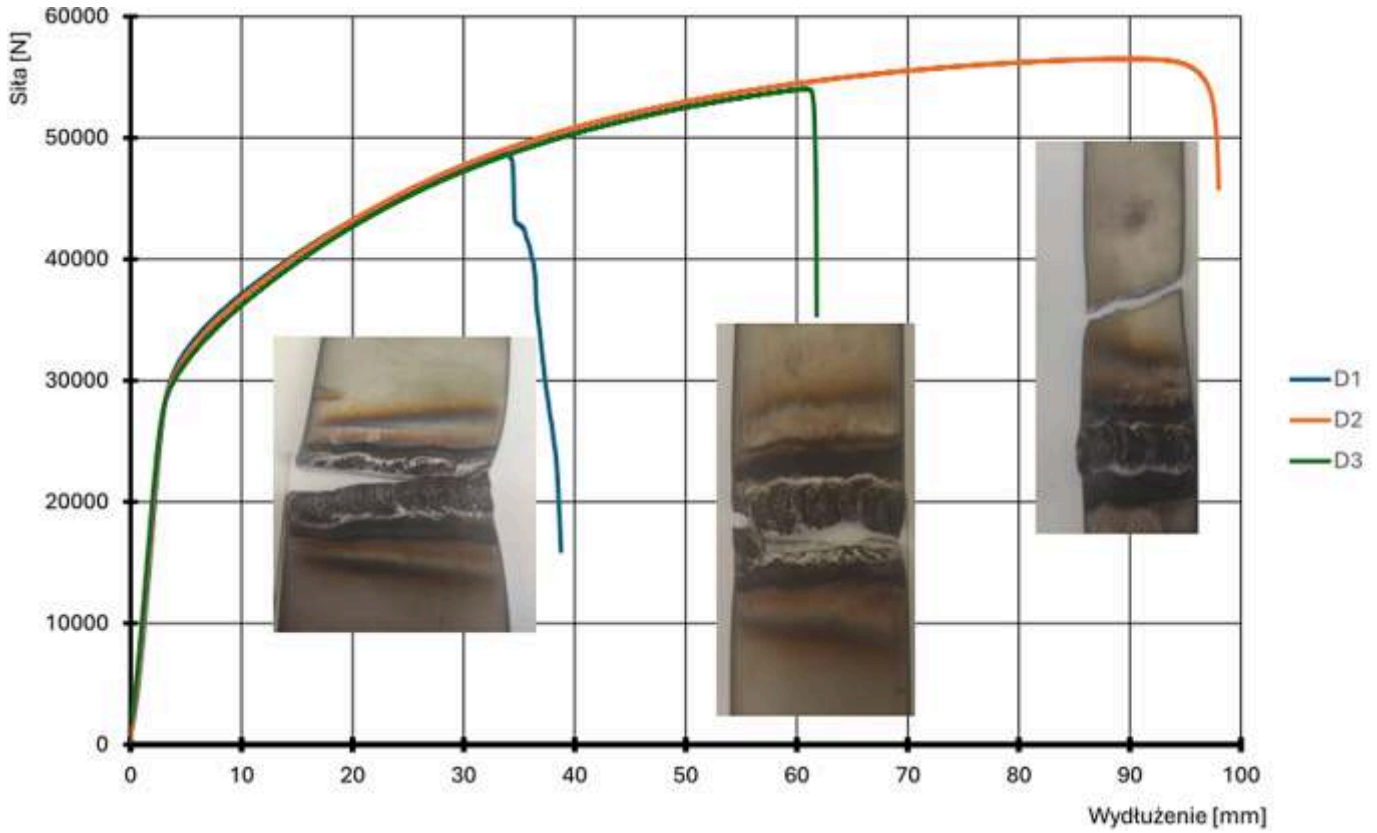
Rys. 16. Wyniki zrywania próbek wykonanych ze stali 1.4301 spawanych metodą laserową



Rys. 17. Miejsce pęknięcia próbki C3 wykonanych ze stali 1.4301 spawanych metodą laserową

próbki C2. Próbka C2 pękła przy sile 41 700 N osiągając wydłużenie 18 mm. W tym przypadku pęknięcie nastąpiło wzdłuż linii spawu. Przykład pęknięcia próbki spawanej laserowo blachy 1.4301 pokazano na rysunku 17.

Próbki z grupy D zachowały się podobnie jak próbki z grupy A. Próbki D1 i D3 pękły wzdłuż spawu, a w próbce D2 pęknięcie wystąpiło w materiale poza strefą spoiny (rys. 18). Próbki D1 osiągnęła wydłużenie 34 mm przy sile zrywania 48 600 N oraz



Rys. 18. Wyniki zrywania próbek wykonanych ze stali 1.4301 spawanych metodą MAG

– spawanie laserowe wyróżnia się mniejszą strefą wpływu ciepła niż metoda MAG użyta w badaniach;

– zestawy wykonane ze stali 1.4301 charakteryzowały się wyraźniejszą granicą zerwania niż stal 1.0037 bez względu na metodą spawania;

– porównując metody: MAG oraz laserową pod kątem czasu spawania, metoda spawania laserowego wymagała w przybliżeniu 60% mniej czasu zaangażowania spawacza niż metoda MAG;

– metodą spawania laserowego z powodzeniem można stosować w konstrukcjach mechanicznych.

Rys. 19. Miejsce pęknięcia próbki D3 wykonanych ze stali 1.4301 spawanych metodą laserową

Bibliografia

1. Başyiğit, A., Gül, A., Kurt, H. İ.: Mechanical and Microstructural Investigation of Dissimilar S235 and S32205 Steel Sheets After TIG Welding. Turk. J. Mater. 8(2)/2023, pp. 10-14.

2. Wang P.E., Ghassemi-Armaki H., Pour M., Zhao X.: Applicable and generalizable machine learning for intelligent welding in automotive manufacturing. Welding in the World, vol. 69, 2025, pp. 1349–1384.

3. Eyres, D. J., Bruce, G. J.: Welding and cutting processes used in shipbuilding. Ship Construction, vol. 7, 2012, pp. 81-101.

4. Sanati, S., Farshidianfar, A.: Laser wobble welding modeling process: A comprehensive review of fundamentals, methods, heating, and solidification modes. Journal of Manufacturing Processes 131(4)2024, pp. 1703-1739.

5. Madavi, K. R., Jogi, B. F., Lohar, G. S.: Metal inert gas (MIG) welding process: A study of effect of welding parameters. Materials Today: Proceedings, vol. 51, part 1, 2022, pp. 690-698.

6. Klimpel A.: Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali: technologie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2009.

Fastener 2025: wąska branża – bogactwo ofert

Połowa października w EXPO Kraków upłynęła pod znakiem międzynarodowego spotkania ekspertów rynku elementów złącznych z ich użytkownikami z wielu branż przemysłu. 8. Międzynarodowe Targi Elementów Złącznych i Technik Łączenia FASTENER POLAND®, organizowane przez firmę Targi w Krakowie, udowodniły po raz kolejny, że Polska to ważny rynek dla producentów i dostawców elementów złącznych, a Kraków stanowi doskonałe miejsce do biznesowych spotkań i rozmów w doskonałej atmosferze.

To właśnie spotkania i rozmowy były głównym celem odwiedzających, którzy licznie przybyli w dniach 15–16 października na Targi FASTENER POLAND®. Tegoroczną edycję wydarzenia odwiedziło 3054 gości z 36 krajów, z czego 35% stanowiły firmy z zagranicy. Najliczniejszą reprezentację firm spoza Polski stanowili przedsiębiorcy z Czech, Słowacji, Włoch, Niemiec i Rumunii. Nie zabrakło także gości z tak odległych krajów jak Arabia Saudyjska, Japonia i Korea Południowa. Wszyscy oni mogli się zapoznać z bogatą ofertą elementów złącznych prezentowaną przez ponad 170 wystawców z 17 krajów. Wśród produktów, które można było obejrzeć na stoiskach, były m.in. śruby o zwiększonej wytrzymałości na rozciąganie, nity strukturalne i łączniki dwustronne, nitownice, optyczny system do pomiaru śrub oraz elementy złączne dla branży automotive. Aspekt biznesowej atmosfery podkreślił Davide Garimoldi, Sales Manager z firmy Brugola OEB Industriale S.p.A.: *[…] było nam naprawdę miło być tutaj przez te dwa dni, ponieważ mieliśmy możliwość spotkać wielu obecnych oraz poten-cjalnych klientów. Uważamy, że była to świetna okazja, aby spotkać ludzi i wymienić się pomysłami na temat przyszłości tego rynku.* Podobną opinię wyraził Sebastian Kowalski, Menadżer ds. rozwoju z firmy TOP Magnesy: *Targi FASTENER POLAND® to idealne miejsce do spotkania potencjalnych klientów z całej branży produkcyjnej i sektora łączeń.*

Ważnym punktem targów była konferencja pt. *Rynek elementów złącznych – wyzwania i szanse.* Konferencję zainaugurowało wystąpienie doktora Marka Łangalisa, właściciela firmy Olfor Sp. z o.o., który w interesujący sposób przedstawił szanse na rozwój polskiego rynku elementów złącznych w dobie

przemysłowego spowolnienia w Europie. Kolejną prezentację na temat tego, jak przejść od chaosu do standardu i zwiększyć produkcję tym samym zespołem, przedstawił Krzysztof Pawłowski, Partner zarządzający, Lean Action Plan. W temat wykorzystania pomocy Asystenta AI w celu doboru klasy własności, powłok oraz metod montażu śrub, wprowadził słuchaczy dr inż. Tomasz Dubiel, właściciel firmy Tomasz Dubiel Bolted In. Podczas konferencji nie zabrakło też ważnego i ciągle aktualnego tematu ceł węglowych. Na temat tego, jak przygotować się do wprowadzanych od 2026 r. przepisów CBAM opowiedział Gabriel Rozenberg, współzałożyciel i CEO CBAMBOO: *CBAM to bardzo istotny temat dla całej branży elementów złącznych. Uznaliśmy, że targi to doskonałe miejsce do promocji naszego oprogramowania i jesteśmy naprawdę podekscytowani, że możemy tu być.*

Każdego roku organizatorzy, wsłuchując się w opinie wystawców, wybierają temat przewodni ekspozycji. W tym roku, szczególny nacisk położono na promocję dostawców elementów złącznych dla sektora automotive. Pomimo wielu wyzwań i trudności, przed którymi w ostatnim czasie stoją firmy motoryzacyjne, ich udział w rynku jest nadal bardzo wysoki. Wykorzystują także wiele specjalistycznych elementów złącznych. Wystawcy Targów FASTENER POLAND® zaprezentowali szereg rozwiązań, stosowanych w produkcji pojazdów i części, jak chociażby śruby do bagażników samochodowych, systemy preaplikowane czy śruby do opasek i obejm, stosowanych w automotive.

Nowością tegorocznej edycji były warsztaty *Marketing dla produkcji i przemysłu*, przeprowadzone przez ekspertów z agencji marketingowej MOKO. Podczas całodziennego spotkania specjaliści ds. marketingu z sektora B2B, pod okiem doświadczonych ekspertów, dowiedzieli się jak budować skuteczną kampanię marketingową.

Organizatorzy już dziś zapraszają na 9. edycję Międzynarodowych Targów Elementów Złącznych i Technik Łączenia FASTENER POLAND®, które odbędą się w dniach 14–15 października 2026 r. w EXPO Kraków.

Środowiskowy aspekt obróbki lin górniczych wyciągów szybowych

MICHAŁ STYP-REKOWSKI, EUGENIUSZ MAŃKA *

W artykule przeanalizowano czynniki determinujące przebieg i intensywność procesu zużywania lin górniczych mechanizmów wyciągowych. Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych liny wyrównawczej takiego mechanizmu wykazano, że bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na rodzaj i skutki procesu zużywania są środowiskowe warunki w jakich mechanizm funkcjonuje. Stwierdzono, że podstawowym powodem degradacji cech wytrzymałościowych lin jest proces korozyjny, przede wszystkim korozja elektrochemiczna lecz także jej chemiczna odmiana. Identyfikacja mechanizmu zużywania stanowi istotną wskazówkę dotyczącą obróbki lin, zarówno całości jak również ich elementów składowych, pozwalającą zmniejszyć intensywność procesu zużywania.

1. WPROWADZENIE

Proces zużywania powoduje degradację cech wytrzymałościowych materiału, z którego wykonane są elementy mechanizmu albo maszyny – ogólnie nazywanych obiektami technicznymi. Przekroczenie dopuszczalnych wartości cech istotnych dla funkcjonowania obiektu (symptomów diagnostycznych) powoduje jego przejście ze stanu zdatności do niezdatności [2]. W sytuacji gdy niezdatność ta ma charakter trwały fakt ten wyznacza jednocześnie trwałość obiektu. Takie następstwo zdarzeń i ich skutki powodują, że każdy użytkownik dowolnego obiektu dąży do tego aby graniczne wartości cech osiągnięte zostały w możliwie długim czasie, co jest równoznaczne z uzyskaniem możliwie dużej trwałości.

Proces destrukcji następuje w rezultacie oddziaływania na obiekt w czasie jego eksploatacji wymuszeń, które mogą mieć charakter: siłowy, termiczny lub chemiczny. W wielu przypadkach wymienione wymuszenia oddziałują jednocześnie przyczyniając się do przyspieszenia procesu zużywania. Taka sytuacja występuje podczas użytkowania obiektu w środowisku chemicznie aktywnym, a przykładem mogą być maszyny pracujące w kopalniach. Badania, potwierdzające powyższą tezę, przeprowadzono na przykładzie górniczego wyciągu linowego, którego schemat przedstawiono na rys. 1.

W niniejszej pracy opisano badania lin wyrównawczych wyciągu przedstawionego schematycznie na rysunku 1. Podstawowym celem poznawczym badań było określenie przyczyn przyspieszonego procesu zużywania lin, który spowodował konieczność wymiany. Identyfikacja przyczyn pozwoli na zastosowanie odpowiednich, efektywnych metod obróbki zmniejszających intensywność zużywania. Osiągnięcie celu będzie miało duże znaczenie praktyczne, gdyż rezultaty badań stanowić mogą stanowić wskazówkę dla producentów lin, a także dla użytkowników odnośnie sposobu eksploatacji takich mechanizmów [7].

2. OBIEKT BADAŃ I WARUNKI JEGO FUNKCJONOWANIA

Trwałość lin wyrównawczych pracujących w wyciągach szybowych zdeterminowana jest przede wszystkim synergicznym oddziaływaniem takich czynników konstrukcyjnych, jak: materiał z jakiego wykonano druty i rdzeń liny oraz cechy zastosowanego smaru. Ważne w tym aspekcie są również: smarowanie rdzenia i drutów w procesie produkcji liny, skok zwicia liny, jej odprężenie i nieodkrętność [1]. W przypadku mechanizmów linowych pracujących w górnictwie, zwłaszcza podziemnym, istotnym czynnikiem wpływającym na trwałość lin jest środowisko w jakim one funkcjonują. Dla lin pracujących w środowisku silnie korozyjnym znaczenie ma więc przede wszystkim jakość pokrycia drutów, w tym: grubość, równomierność i przyczepność powłoki antykorozyjnej do drutów na całej ich długości.

* Prof. dr hab. Inż. Michał Styp-Rekowski, m.styprekowski@wp.pl, Kujawska Szkoła Wyższa, ul. Okrzei 94A, 87-800 Włocławek, dr inż. Eugeniusz Mańka – Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego, ul. Lędzińska 8, 43-143 Lędziny. .

Dla potwierdzenia istotności wpływu środowiska pracy na intensywność procesu zużywania przeprowadzono badania liny wyrównawczej wyciągu górniczego, której podstawowe katalogowe parametry są następujące:

– typ (oznaczenie) liny – 45,0–33x7+A_0-Z/z-n-N–G-1180-ZN-80/019-5021-170,

– konstrukcja liny – 6×7×2,30+11×7×2,30 +16×7×2,30,

– przekrój nośny – 959,80mm^2,

– masa nominalna 1 metra – 8,9 kg.

Charakteryzowała się ona poniższymi cechami wytrzymałościowymi:

– siła zrywająca linę w całości – 1009,00 kN,

– wyznaczona siła zrywająca druty liny wg świadectwa. wytwórcy –1286,23 kN,

– wyznaczona siła zrywająca druty liny wg użytkownika – 1273,47 kN,

– współczynnik bezpieczeństwa przy nałożeniu – 13,23.

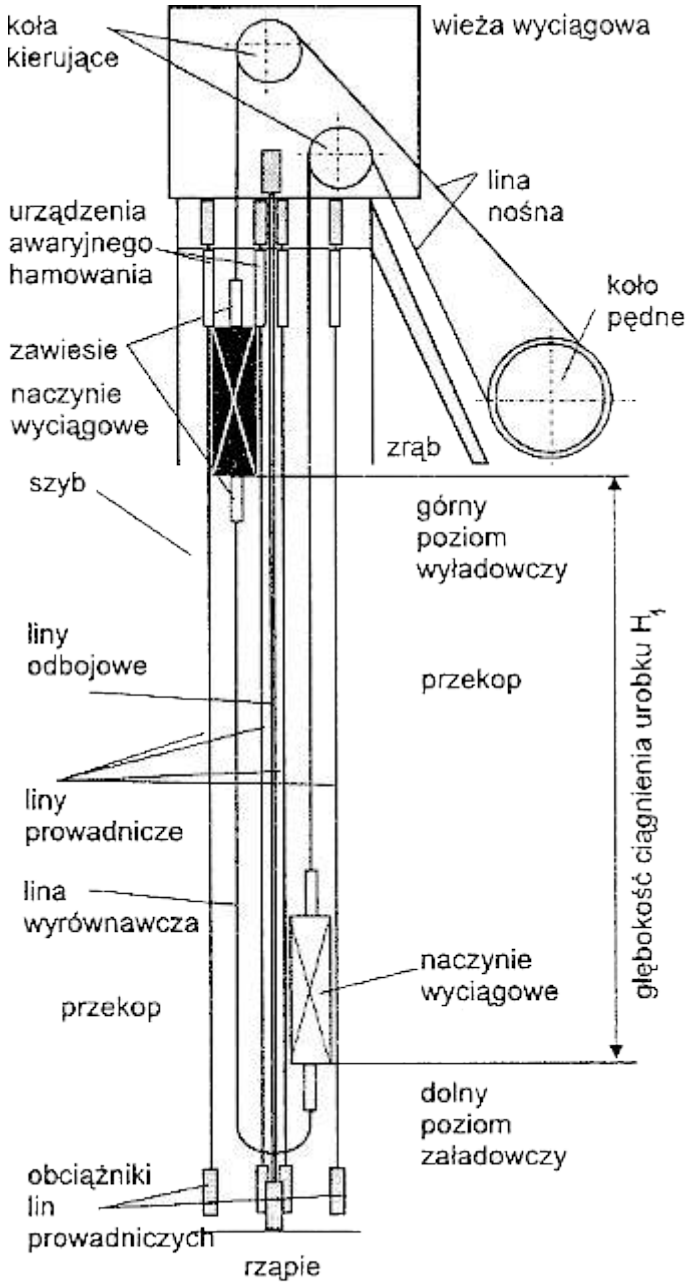
Badana lina pracowała w warunkach określonych poniższymi wybranymi wielkościami eksploatacyjnymi:

– maksymalne obciążenie statyczne liny – 76,256 kN,

– długość liny od górnego położenia naczynia do nawrotu – 870m,

– rodzaj smaru zastosowanego do konserwacji lin – Nyrosten N 113.

W rozpatrywanym w niniejszej pracy przypadku, eksploatacja liny odbywała się w średnio-mokrym wdechowym szybie materiałowo-zjazdowym. Napęd cierny zapewniała 2-linowa maszyna wyciągowa usytuowana na zrębie szybu. Dla zrównoważenia momentu statycznego na wale maszyny, zastosowano 2 liny wyrównawcze okrągłe Ø 45 mm. Głębokość ciągnienia wynosi 850 m, natomiast maksymalna długość liny od osi kół linowych do głowicy naczynia wyciągowego na podszybiu wynosi 883 m. Po ok. 32 miesiącach eksploatacji, ze średnim natężeniem pracy ok. 200 wyciągów na dobę, lina wykonała ok. 64 000 cykli i ze względu na zmniejszenie się wartości współczynnika bezpieczeństwa o ok. 29,5%, została wymieniona.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny górniczego wyciągu linowego

3. BADANIA LIN

Zgodnie z obowiązującą standardową procedurą badania lin zawiera ona trzy rodzaje badań: organoleptyczne, magnetyczne i wytrzymałościowe. W niniejszym opracowaniu zostaną one w takiej kolejności zaprezentowane.

Szczególną wartość praktyczną mają rezultaty badań wytrzymałościowych, gdyż jako badania niszczące – można je przeprowadzić jedynie w przypadku wymiany liny. Na podstawie ich wyników można jednoznacznie i dokładnie określić stopień destrukcji liny oraz zmniejszenia jej cech wytrzymałościowych, co jest podstawowym kryterium przy podejmowaniu decyzji o dalszym losie tego newralgicznego elementu wyciągu. Wymienione cechy powodują, że badania wytrzymałościowe charakteryzują się największą informatywnością [5, 6].

3.1. Badania organoleptyczne

W wyniku przeprowadzonych oględzin stwierdzono korozję wżerową drutów warstwy zewnętrznej przechodzącą na druty warstwy środkowej, szczególnie na odcinkach nawrotów – gdy klatki znajdowały się na poziomie 850 m pod obu naczyniami. Ślady procesu ich zużywania korozyjnego pokazano na

rys. 2, na którym przedstawiono fragment częściowo rozplecionej liny. Stwierdzono miejscowe braki lub lutowania drutów warstw zewnętrznej i wewnętrznej, jednakże w ilości nie większej niż 3 druty na długości ośmiu średnic liny (~270 mm). Ubytków materiału drutów w wyniku tarcia i wgniotów na styku warstw nie stwierdzono.

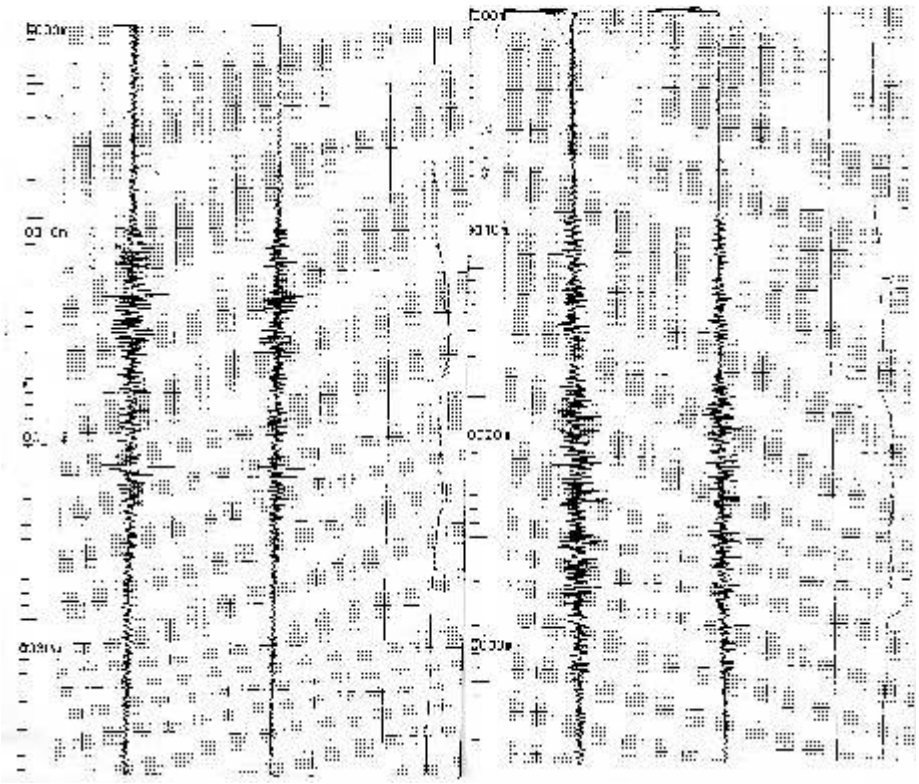
Wyłamany drut warstwy zewnętrznej po oczyszczeniu miał średnicę ok. 2,0 mm, co stanowi 13% zmniejszenie średnicy drutów i odpowiednio 24,4% zmniejszenie ich przekroju, jednak oględziny wykazały, że stwierdzony ubytek nie był spowodowany zużywaniem ściernym lecz korozyjnym, którego produkty zostały częściowo usunięte przy oczyszczaniu drutów.

Rys. 2. Fragment liny przygotowanej do badań z widocznymi śladami korozji

3.2. Badania magnetyczne

Badania magnetyczne mają charakter nieniszczący i dlatego są szczególnie zalecane w tych przypadkach gdy niezbędne jest podjęcie decyzji odnośnie dalszej pracy mechanizmu linowego. Z duża dokładnością (oczywiście uwzględniając skalę obiektu) można wskazać miejsca największego osłabienia liny, można także oszacować stopień tego osłabienia [3]. Fragment zapisu rezultatów badań przedstawiono na rysunku 3. Przedstawiony na rysunku zapis dotyczy odcinków liny w miejscach nawrotów (10÷30) m pod obu naczyniami.

Na podstawie obliczeń wykorzystujących wskazania integratora cewki wewnętrznej [3, 8], stwierdzono, że ubytki przekroju metalicznego (suma przekrojów poszczególnych drutów) wynoszą od 15,1 do 29,5% w stosunku do liny nowej. Stwierdzone na podstawie badań magnetycznych zmiany w linie (ubytki przekroju) stanowią potwierdzenie obserwacji poczynionych wcześniej – podczas badań organoleptycznych.



Rys. 3. Zapis rezultatów badań magnetycznych w miejscu największego osłabienia badanej liny (parametry badań w główce zapisu)

3.3. Badania wytrzymałościowe drutów badanej liny

Badania drutów wykonano w Laboratorium Badań Nieniszczących Ośrodka Rzeczoznawstwa i Dozoru Urządzeń Górniczych w Mysłowicach. Próby zrywania wykonano na maszynach wytrzymałościowych typu FM-1000 produkcji firmy Rauenstein oraz typu 10/Z/1032 firmy Amsler. Zakres i metodyka badań dotyczących zrywania, zginania oraz

skręcania drutów były przeprowadzone zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami.

Badano druty z rozplecionego dwumetrowego odcinka liny, pochodzącego z nawrotu pod klatką wschodnią. Badaniom poddano 100% drutów z wyciętego odcinka liny, które wcześniej wyprostowano, oczyszczono z resztek smaru i częściowo, mechanicznie – z produktów korozji – rys. 4.

Badanie drutów na rozciąganie

Badania w tym zakresie, podobnie zresztą jak i dalsze (na zginanie i skręcanie), przeprowadzono z podziałem próbek na pochodzące z różnych warstw liny: zewnętrznej, środkowej i wewnętrznej.

Przeprowadzone próby zrywania drutów z poszczególnych warstw liny wykazały, że tylko 16 drutów warstwy zewnętrznej nie spełniało wymagań normy odnośnie minimalnej siły zrywającej. Uzyskana w badaniach sumaryczna siła zrywająca druty dla liny odłożonej wynosiła 1 220 490 N, natomiast siła ta dla nowej liny wynosiła 1 286 230 N. Różnica wartości (ubytek) wynosi więc 65 740 N, i stanowi 5,11% wartości początkowej.

Podawana w świadectwie wytwórcy sumaryczna siła zrywająca linę, jest wartością obliczoną wykorzystując wzór:

$$P_{zr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=99} P_{zri}}{99} \cdot n_d \qquad (1)$$

gdzie:

P_{zr} – sumaryczna siła zrywająca linę, N,

P_{zri} – siła zrywająca pojedynczy drut liny, N,

n_d – liczba drutów w badanej linie.

Wartość średnia, wyznaczona z próby 99-elementowej jest zgodna z wymaganiami normy dla lin II klasy.

Badanie drutów na zginanie

W próbie na dwukierunkowe przeginanie wymagana minimalna liczba przegięć drutów dla wszystkich warstw wynosi 12. Przeprowadzone badania wykazały, że nie wszystkie druty poszczególnych warstw spełniają to kryterium wytrzymałościowe, przy czym zmiany te dla poszczególnych warstw były zróżnicowane:

– ze 112 drutów warstwy zewnętrznej 26 (23,2%) nie spełniało wymaganego kryterium.

– na 77 drutów warstwy środkowej 21 drutów (27,3%) nie zrealizowało wymaganej liczby przegięć,

– dla warstwy wewnętrznej – na 42 druty tylko 5 (11,9%) nie spełniało kryterium.

Łącznie, na 231 drutów całej liny 52 nie spełniało wymagań normy, co stanowi 22,5% wszystkich drutów.

Badanie drutów na skręcanie

Wymagana liczba skręceń w znormalizowanej próbie skręcania, dla drutów wszystkich warstw, wynosi 16. Podobnie jak w próbie zginania liczba drutów nie spełniających tego kryterium była poszczególnych warstwach zróżnicowana. Wyniki badań w tym zakresie były następujące:

– w warstwie zewnętrznej żaden ze 112 drutów tej warstwy nie zrealizował wymaganej liczby skręceń.

Rys. 4. Przygotowane do badań druty warstwy: a) zewnętrznej, b) środkowej c) wewnętrznej oraz d) rdzeń

– na 77 drutów warstwy środkowej 67 (87,0%) nie spełniało kryterium,

– w warstwie wewnętrznej 10 drutów, z ogólnej ich liczby 42 (23,8%), nie spełniało wymagań normy.

Łącznie, na 231 drutów badanej liny 189 nie spełniało wymagań normy, co stanowi 81,8% wszystkich drutów.

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ I ICH INTERPRETACJA

Wyniki opisanych w poprzednim rozdziale badań zestawiono w Tabeli 1. Zawarte w niej wyniki ukazują obraz zmian cech wytrzymałościowych drutów tworzących badaną linę a pośrednio i całej liny. Pogorszenie cech wytrzymałościowych spowodowane jest przede wszystkim warunkami w jakich liny pracowały [4, 8]. Stwierdzone za pomocą badań magnetycznych miejsca największego osłabienia liny występują w miejscach nawrotu liny – gdy naczynia wyciągowe znajdują się w pozycji górnej lub dolnej – rys. 1. W miejscach tych, podczas postoju (załadunek lub wyładunek naczynia) lina jest nieruchoma i działają na nią wymuszenia środowiskowe, np. wilgoć przedostająca się z obmurza i gazy zawarte w złożu. Agresywność chemiczna gazów stanowiących jeden z elementów środowiska pracy lin zależy od rodzaju szybu, czy jest on wdechowy czy wydechowy, przy czym jest ona większa dla tych drugich. W tych miejscach liny są też narażone na mechaniczne uszkodzenia przez kawałki urobku. Wymienione czynniki powodują, że proces zużywania zachodzi w tych miejscach szybciej niż w innych.

O agresywności środowiska w jakich działają mechanizmy górnicze mogą świadczyć wyraźne ślady korozji na konstrukcji wyciągu – rys. 5. Z bardzo dużym prawdopodobieństwem można zatem stwierdzić, że jedną z przyczyn powodujących osłabienie liny jest działanie czynników środowiskowych. Potwierdzeniem tego jest stwierdzone większe osłabienie liny w warstwie zewnętrznej niż w pozostałych, co wynika z oczywistego faktu, że do tego fragmentu liny wodne i gazowe składowe środowiska mają lepszy dostęp niż do wnętrza liny.

Analizując formy i skutki oddziaływania wymuszeń środowiskowych, można stwierdzić, że zaobserwowane na powierzchni liny oraz jej pojedynczych drutów produkty korozji są wynikiem przede wszystkim korozji elektrochemicznej. Uwzględniając w analizie warunki w jakich działają mechanizmy linowe można dodatkowo stwierdzić, że produkty korozji powstały w rezultacie powstania na powierzchniach liny i drutów wielu tlenowych mikroogniw stężeniowych, które powstawały w miejscach osiadania na linie cząsteczek wody. Fakt, że w środowisku działania mechanizmów wyciągowych (zwłaszcza szybów wydechowych) występowały także liczne pierwiastki, tworząc z powietrzem i zawartą w nim wilgocią medium reaktywne, generował także korozję chemiczną co intensyfikowało niewątpliwie proces korozyjny. Aby móc ocenić udział poszczególnych odmian korozji w procesie destrukcji liny należałoby przeprowadzić szczegółowe analizy chemiczne lecz wyniki tych analiz dla rozpatrywanego zagadnienia i tak miałyby znaczenie drugorzędne.

Rys. 5. Fragment konstrukcji nośnej wyciągu z widocznymi śladami korozji

Tabela 1. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych drutów liny

Badany fragment liny	Całkowita liczba drutów	Próba zginania		Próba skręcania	
		Liczba drutów nie spełniających kryterium	Procentowa zmiana (ubytek) %	Liczba drutów nie spełniających kryterium	Procentowa zmiana (ubytek) %
Warstwa zewnętrzna	112	26	23,2	112	100,0
Warstwa środkowa	77	21	27,3	67	87,0
Warstwa wewnętrzna	42	5	11,9	10	23,8
Cała lina	231	52	22,5	189	81,8

Oddziaływania wymuszeń siłowych, w przypadku lin wyrównawczych ma mniejsze znaczenie w aspekcie procesu ich zużywania [4]. Jak już wcześniej stwierdzono zadaniem lin wyrównawczych jest równoważenie momentu statycznego pochodzącego od ciężaru lin nośnych. Wartość tego obciążenia, zależna od długości liny i ciężaru jednostkowego, w porównaniu do obciążenia roboczego jest niewielka (ok. kilka procent) dlatego też czynnik ten ma tylko mały udział w stwierdzonym osłabieniu liny.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły sformułować szereg uwag dotyczących procesu zużywania lin wyrównawczych mechanizmu wyciągowego oraz skutków tego procesu. Do najistotniejszych można zliczyć poniższe:

– proces zużywania badanych lin wyrównawczych ma charakter przede wszystkim korozyjny z przewagą korozji elektrochemicznej,

– wymuszenia siłowe oddziałujące na liny mają niewielki wpływ na intensywność procesu zużywania.

Wynikiem tych badań są także poczynione obserwacje dotyczące możliwości zmniejszenia intensywności procesu zużywania lin wyciągów górniczych za pomocą odpowiedniej obróbki zarówno całych lin jak również ich elementów składowych. Znając mechanizm zużywania można trafniej wybrać metodę przeciwdziałania temu procesowi.

LITERATURA

1. Hankus J.: Budowa i właściwości mechaniczne lin stalowych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 1990.

2. Hansel J.: Metodyka poprawy niezawodności i bezpieczeństwa systemów maszynowych transportu pionowego. Materiały XXXV Zimowej Szkoły Niezawodności, Szczyrk 2007.

3. Kawecki Z., Stachurski J.: Defektoskopia magnetyczna lin stalowych. Wydawnictwo „Śląsk" Katowice, 1969.

4. Mańka E., Skrok T., Styp-Rekowski M.: Eksploatacyjne czynniki determinujące proces zużywania lin górniczych wyciągów szybowych. Materiały XVI Między-narodowej Konferencji TEMAG 2008. Katowice – Ustroń 2008, s. 227-237.

5. Mańka E., Styp-Rekowski M.: Analiza informatywności badań lin w aspekcie możliwości jej zwiększenia. Materiały V Międzynarodowej Konferencji „Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie". Gliwice–Ustroń 2009 materiały na CD.

6. Polański Z.: Metody optymalizacji w technologii maszyn. PWN Warszawa, 1977.

7. Styp-Rekowski M., Mańka E., Lipowska M., Jabłoński K.: Logistyczne aspekty eksploatacji górniczych wyciągów szybowych. Obróbka Metalu nr 3/2025, ss. 27-31.

8. Tytko A.: Eksploatacja lin stalowych. Wydawnictwo „Śląsk". Katowice 2003.

reklama

Modernizacja śrutownic 25% wyższa wydajność

Zabezpieczenie dostaw częszci zamiennych i lepsza wydajność śrutowania – to powody, dla których producent pił taśmowych zainwestował w ultranowoczesne turbiny do śrutownicy taśmowej. Klient wybrał wysokowydajne turbiny Rutten Gamma 330-HD firmy Rösler nie tylko ze względu na ich wyjątkowo odporną na zużycie konstrukcję. Był również pod wrażeniem o 25% wyższej wydajności śrutowania przy jednoczesnym niższym zużyciu energii. W międzyczasie klient zdecydował się wyposażyć inne maszyny do śrutowania w swojej firmie produkcyjnej w wysokowydajne turbiny Rösler.

Taśmy tnące produkowane przez tę firmę są znane na całym świecie ze swojej doskonałej jakości. Te stalowe taśmy charakteryzują się doskonałą precyzją, na przykład dokładnymi wymiarami krawędzi i idealną płaskością. Aby utrzymać wysokie standardy jakości, firma produkuje wszystkie swoje produkty w Niemczech, mimo że około

Turbina IMG Rutten Gamma 330. W zależności od zastosowanego ścierniwa, turbiny Rutten o wysokiej wydajności gwarantują od 10 do 16 razy dłuższy czas sprawności niż konwencjonalne turbiny strumieniowe.

90% z nich jest eksportowanych do innych krajów. Kluczowym etapem procesu produkcyjnego jest śrutowanie w oczyszczarce taśmowej.

Lepsza wydajność śrutowania i bezpieczne dostawy części zamiennych

Maszyna używana do tej operacji śrutowania, dostarczona przez producenta z Europy Południowej, wymagała pilnej modernizacji. W związku z tym inżynier odpowiedzialny za usprawnienie procesów produkcyjnych omówił wymagania klienta z zespołem Rösler podczas wizyty na targach Deburring Expo. Tematem rozmowy były nie tylko bezpieczne dostawy części zamiennych i najwyższej klasy serwis techniczny, ale także poprawa wydajności śrutowania w celu zapewnienia większej przepustowości detali. Na podstawie szczegółowych parametrów procesu dostarczonych przez klienta, Rösler opracował koncepcję techniczną i przedstawił ofertę na modernizację turbin w istniejącej śrutownicy. Oferta obejmowała montaż dwóch wysokowydajnych turbin Rutten Gamma typu 330-HD, każda o mocy 7,5 kW. Odpowiada to mocy oryginalnych turbin. Praktyczność oferowanych turbin została potwierdzona obszernymi próbami w Centrum Doświadczalnym Klienta w Rösler, przeprowadzonymi na rzeczywistych elementach klienta.

Łopatki rzutowe w kształcie litery Y, stosowane w turbinach Rutten Gamma, wykonane są ze stopu stali o wysokiej odporności na zużycie, dzięki czemu gwarantują wyjątkowo długi czas sprawności.

Szybsze cykle śrutowania przy mniejszym zużyciu energii i niższym zużyciu narzędzi

Wysoka wydajność turbin Rutten Gamma wynika z ich specjalnej konstrukcji. Wyposażone są one w cztery łopatki wyrzutowe w kształcie litery Y o precyzyjnie obliczonej krzywiźnie. Gwarantuje to niezwykle precyzyjne przyspieszenie i podawanie ścierniwa przy maksymalnej prędkości wyrzutu, a w porównaniu z turbinami konwencjonalnymi, znacznie lepszą wydajność śrutowania. Nowe turbiny zwiększyły wydajność śrutowania istniejącej oczyszczarki o około 25%, a tym samym znacząco zwiększyły wydajność śrutowania. Co więcej, wydajne podawanie ścierniwa pozwala

»»

zaoszczędzić do 25% energii. Łopatki wyrzutowe wykonane są z wyjątkowo odpornego na zużycie stopu stali, a ich specjalna konstrukcja pozwala na wykorzystanie obu stron łopatki. Dzięki temu, w zależności od zastosowanego ścierniwa, wysokowydajne turbiny Rutten gwarantują od 10 do 16 razy dłuższą żywotność niż turbiny konwencjonalne. Te cechy techniczne, w połączeniu z niezawodnym i szybkim serwisem części zamiennych firmy Rösler, zapewniają znacznie dłuższy czas sprawności urządzeń przy jednoczesnym obniżeniu kosztów konserwacji.

Przydatność wysokowydajnych turbin Rutten Gamma typu 330-HD w tym konkretnym zastosowaniu u klienta została potwierdzona obszernymi próbami przetwarzania przeprowadzonymi w Centrum Doświadczalnym Klienta Rösler w Untermerzbach.

Szybka wymiana turbiny i optymalizacja całej oczyszczarki strumieniowej

Wymiana turbiny w śrutownicy, pierwotnie dostarczonej przez innego producenta, została przeprowadzona w krótkim czasie. Poza stosunkowo niewielką adaptacją oryginalnego kołnierza montażowego, nie wymagała ona żadnych dodatkowych modyfikacji. Jednocześnie z wymianą turbin, zespół konserwacyjny klienta oraz inżynierowie firmy Rösler dostosowali istniejącą śrutownicę do wyższej wydajności śrutowania. Między innymi, komora śrutownicza została wyłożona dodatkowymi płytami ciernymi.

Około rok po zainstalowaniu nowych turbin, ten dostawca pił taśmowych jest niezwykle zadowolony z wysokowydajnych turbin Rutten. W związku z tym planuje modernizację kolejnych śrutownic w swojej firmie produkcyjnej, które zostały dostarczone przez producenta z Europy Południowej.

ITM INDUSTRY EUROPE przyspiesza do 2026

Po „Good game, well played" czas na Level Up!

Wywiad z nowym dyrektorem ITM INDUSTRY EUROPE, Miłoszem Jankowiakiem, to rozmowa o strategicznym redefiniowaniu przestrzeni targowej, wykorzystaniu wieloletniego doświadczenia w zarządzaniu projektami oraz entuzjazmie do innowacji, które kształtują przyszłość polskiego i międzynarodowego przemysłu. Edycja targów 26–29 maja 2026 r. ma być platformą łączącą ludzi, pomysły i ułatwiającą biznes.

Dołączył Pan do zespołu ITM INDUSTRY EUROPE jako nowa twarz, ale w strukturach Grupy MTP jest Pan postacią doskonale znaną z organizacji projektów o ogromnej skali i sukcesie, takich jak Polagra, Poznań Game Arena czy Caravans Salon. Jak to wieloletnie doświadczenie, z sukcesem zarządzane, przełoży się na targi przemysłowe?

Miłosz Jankowiak: To dla mnie ogromny zaszczyt dołączyć do targów ITM, które są organizowane na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich od dekad. Nawiązując do bliskiego mi żargonu „gamerów" mogę powiedzieć o dotychczasowych edycjach ITM : „Good game, well played". Wierzę jednak, że każda dobrze rozegrana gra może być jeszcze lepsza!

Moje wieloletnie doświadczenie w zarządzaniu największymi imprezami na MTP,

jak choćby Polagra czy Poznań Game Arena, nauczyło mnie, że za sukcesem targów stoją ludzie – otwarci, chętni do współpracy i gotowi, by działać razem. Dołączam z nową energią i świeżym spojrzeniem, aby wspierać zespół. To czas na inspirujące rozmowy z liderami i wsłuchiwanie się w potrzeby branży. My, jako Organizatorzy, staramy się robić to, co umiemy najlepiej: łączymy ludzi, ich pomysły i ułatwiamy biznes.

Wiemy, że po ubiegłorocznej edycji zespół zebrał cenne ankiety od uczestników. Jednym z wyzwań, mimo niekwestionowanego atutu, okazał się rozległy teren Międzynarodowych Targów Poznańskich. Jak planujecie odnieść się do tego w edycji 2026, aby być jeszcze bliżej wystawców?

– To prawda. Rozległy teren pozwala na swobodną aranżację przestrzeni dla kilkuset wystawców, ale dla odwiedzających, którzy chcą zobaczyć ich stoiska w krótkim czasie, może być utrudnieniem. Dlatego, aby być bliżej innowacyjnego serca branży, planujemy zlokalizować gros ekspozycji ITM w tzw. czteropaku. To najbardziej nowoczesne cztery hale targowe, których przestrzenie będą idealnie współgrały z innowacyjnym charakterem targów. To zapewni bliskość komunikacyjną pawilonu 5 i 5A, a nieco dalej, w „trójkach", odbędą się targi logistyki MODERNLOG. Kluczowe dla obu sektorów jest dostosowanie się do zmieniających się warunków rynkowych i technologicznych. ITM to miejsce, gdzie w pigułce, przez 4 dni, można na żywo zobaczyć nowoczesne rozwiązania, a co najważniejsze – podjąć strategiczne decyzje zakupowe optymalizujące m.in. procesy produkcyjne.

ITM INDUSTRY EUROPE to kompleksowe wydarzenie. Proszę powiedzieć, jakie salony tematyczne w 2026 roku będą stanowić główne filary tej innowacyjnej ekspozycji?

– Targi ITM INDUSTRY EUROPE 2026 to cztery potężne filary innowacji, które w pełnym zakresie pokażą transformację przemysłu. Mamy AUTOMA – Salon Automatyki, Robotyki i Pneumatyki, gdzie zaprezentujemy automatyzację procesów produkcyjnych, roboty przemysłowe, coboty, nowoczesne systemy sterowania oraz najnowsze osiągnięcia w pneumatyce. Następnie jest MACH-TOOL – Salon Obrabiarek i Narzędzi, serce obróbki, prezentujące centra obróbcze, frezarki, tokarki, szlifierki CNC, a także technologie obróbki blachy, w tym systemy laserowe i prasy krawędziowe, z mnóstwem pokazów maszyn na żywo, demonstrujących precyzję. Trzecim filarem jest SURFEX – Salon Technologii Obróbki Powierzchni, skupiający się na lakierowaniu, powłokach ochronnych, galwanizacji i obróbce cieplno-chemicznej, minimalizującej wpływ na środowisko, oczywiście wraz z pokazami obróbki powierzchni i malowania na żywo. Wreszcie, mamy WELDING – Salon Innowacji Spawalniczych, gdzie uwaga skupi się na zrobotyzowanych stanowiskach spawalniczych – automatycznych systemach łączenia materiałów, oraz na systemach zabezpieczających, które poprawiają bezpieczeństwo tych procesów.

Co z programem towarzyszącym i powracającymi wystawcami?

Bardzo nas cieszy, że na kilka miesięcy przed targami wystawcy składają zamówienia na swoje stoiska, co pozwala nam precyzyjnie planować przestrzeń. Zadbamy też o sprawdzone i licznie odwiedzane strefy tematyczne, których partnerzy potwierdzili już obecność. Firma Schmalz zadba o Strefę Robotów Współpracujących, a Troax o Strefę Bezpieczeństwa w Przemyśle. Powróci też Strefa Demobusów, choć nie zdradzę na razie szczegółów nowej aranżacji. Nasz stały wystawca PNEUMAT już dziś planuje przestrzeń pneumatycznych gier oraz zawody dla szefów utrzymania ruchu. Kontynuujemy też jeden z filarów programu – konferencję Kobiety Fabryki Przyszłości realizowaną z firmą DBR 77 i ekspertką marketingu B2B Agnieszką Wnuk. To za jej namową, choć do targów zostało jeszcze kilka miesięcy, w październiku tego roku nasze przestrzenie ugościły uczestników pionierskiej konferencji LinkedIn Local dla Przemysłu. Wydarzenie przerosło nasze oczekiwania i planujemy je powtórzyć w trakcie targów. To tylko utwierdza nas mocno w przekonaniu, że za sukcesem czy to konferencji czy targów stoją ludzie, ich kreatywność i pasja.

Chociaż sporo się mówi o spowolnieniu w przemyśle to bazując na analizach Głównego Urzędu Statystycznego prognozy na 2026 r. wskazują na poprawę sytuacji w branży. Czy firmy są gotowe gotowe na inwestycje? I czy targi ITM je mogą ułatwić?

– Osoby podążające za trendami w przemyśle na pewno nie wyjadą z Poznania zawiedzione! Odnosząc się do analiz Głównego Urzędu Statystycznego, prognozy na 2026 r. wskazują na poprawę sytuacji w branży. Przedsiębiorstwa, które skutecznie wdrożą innowacje, zoptymalizują procesy i odpowiedzą na nowe oczekiwania klientów, wzmocnią swoją pozycję konkurencyjną.

Niezwykle ważna będzie postępująca cyfryzacja – rozwój rozwiązań AI, edge computing i systemów MES/SCADA będzie sprzyjał modernizacji parku maszynowego. Obok tego, kluczowa jest zielona transformacja, czyli nacisk na efektywność energetyczną i Gospodarkę Obiegu Zamkniętego (GOZ), co wymusi zmiany konstrukcyjne w maszynach i urządzeniach. Wreszcie, spodziewamy się wzrostu eksportu, bo rosnąca konkurencyjność polskich producentów powinna zaowocować większą obecnością na rynkach zagranicznych. ITM INDUSTRY EUROPE 2026 będzie żywą wizytówką tych innowacji.

Polskie MŚP mają szansę na przeprowadzenie cyfrowej rewolucji. Pojawiły się programy wspierające rozwój typu Dig.IT Transformacja Cyfrowa, projekt dla mikro, małych i średnich przedsiębiorstw przemysłowych i usług produkcyjnych.

Budżet to aż 140 mln zł, a firmy mogą ubiegać się o granty od 150 000 zł do 850 000 zł, pokrywające do 50% kosztów kwalifikowanych. To oznacza, że połowę wydatków na systemy ERP, oprogramowanie produkcyjne czy narzędzia do analizy danych można sfinansować z zewnętrznych środków, a targi ITM będą idealnym miejscem do znalezienia i wybrania tych technologii. Nabór wniosków zakończono w październiku ale kolejny planowany jest na czerwiec 2026. Są też programy wsparcia w ramach Funduszy Europejskich dla wybranych województw jak choćby dla innowacyjnych inwestycji przedsiębiorstw, zwłaszcza w zakresie automatyzacji i robotyzacji dla Pomorza Zachodniego. Wprowadzenie do tych innowacji będzie można rozpocząć tutaj, w Poznaniu. Jesteśmy gotowi ułatwiać biznes i inspirować branżę do kolejnego, strategicznego kroku naprzód.

Narzędzia skrawające i ściernice z materiałów supertwardych w przemyśle motoryzacyjnym (cz. I)

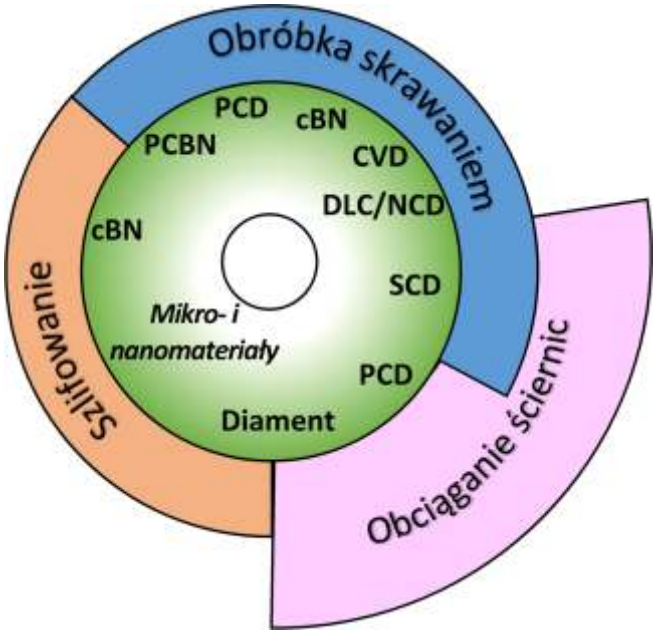
MARCIN GOŁĄBCZAK *

W części pierwszej artykułu scharakteryzowano właściwości użytkowe supertwardych narzędzi skrawających z ostrzami: z diamentu syntetycznego PCD (*Polycrystalline Diamond*) wytwarzanego w ekstremalnie wysokich temperaturach i ciśnieniach, z diamentu syntetycznego wytwarzanego metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD (*Chemical Vapour Deposition*), z polikrystalicznego regularnego azotku boru PCBN (*Polycrystalline Cubic Boron Nitride*), z powłokami diamentowymi DLC (*Diamond Like Carbon*) wytworzonymi metodą PACVD (*Plasma Activated CVD*) oraz ściernic ze ścierniwem diamentowym i borazonowym cBN (*Cubic Boron Nitride*).

WSTĘP

W celu poprawy wydajności i jakości obróbki skrawaniem komponentów motoryzacyjnych, wykonywanych często z zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych, konieczna jest ich obróbka z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi skrawających. Aby być konkurencyjnym, produktywność musi być duża, a ilość odrzutów lub braków bardzo mała lub zerowa. Narzędzia skrawające z określoną krawędzią z PCD i PCBN oraz ściernice diamentowe i cBN to produkty obróbcze, które coraz częściej spełniają wymagania stawiane przez przemysł motoryzacyjny. Umożliwiają ekonomiczną obróbkę z większymi prędkościami skrawania, zapewniając jednocześnie lepszą wydajność i jakość obrabianych powierzchni oraz powtarzalność wymiarów. Coraz częściej materiały te są stosowane łącznie, aby jeszcze bardziej zwiększać wydajność produkcji, stąd synergiczne zastosowanie diamentu i PCBN/cBN staje się coraz bardziej powszechne [1].

Współczesne procesy produkcyjne charakteryzuje presja na zwiększenie pro-



Rys. 1. Zakres stosowania materiałów supertwardych materiałów narzędziowych w przemyśle motoryzacyjnym; wg [1]

* Dr hab. inż. Marcin Gołąbczak, prof. uczelni, Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Instytut Obrabiarek i TBM, Zakład Technologii Maszyn, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź, Polska, marcin.golabczak@p.lodz.pl .

duktywności, przy jednoczesnej poprawie jakości produktu. Doskonałym przykładem jest przemysł motoryzacyjny, gdzie stale dąży się do poprawy wydajności i niezawodności wytwarzanych komponentów. Doprowadziło to do stosowania nowych i bardziej zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych, które często są trudniejsze w obróbce, wymagają jednocześnie uzyskania powtarzalności zawężonych tolerancji wymiarowych. Zastosowanie supertwardych materiałów ściernych – diamentu i cBN oraz narzędzi skrawających z PCD, spełnia te wymagania, zwłaszcza w przemyśle motoryzacyjnym, umożliwiając, m.in. stosowanie większych prędkości skrawania, uzyskanie większej wydajności obróbki, przy jednoczesnym zachowaniu zawężonych tolerancji i powtarzalności wymiarowej [1].

Asortyment produkowanych narzędzi z materiałów supertwardych już jest szeroki, a w odpowiedzi na potrzeby rynku i pojawiające się możliwości – przez wiodących producentów stale poszerzany. Na rysunku 1 przedstawiono główne grupy supertwardych materiałów narzędziowych dostępnych dla zastosowań inżynierskich, w tym: PCD, PCBN, CVD, diamentu syntetycznego PCD (*Polycrystalline Diamond*), diament naturalny i cBN w formie ziarnistej oraz mikro- i nanomateriały, np. grafen o wwymiarach ziaren 2,4 µm, wysokowydajne komponenty z mikronowanego węglika wolframu, o ziarnach 0,2÷10 µm, diamenty detonacyjne DND (*Detonation Nanodiamond*) i UDD (*Ultradispersed Diamond*) o wymiarach ziaren 4÷6 nm). W każdej klasie tych materiałów istnieje ponadto duży wybór typów, rozmiarów i charakterystyk, dostosowanych do konkretnych zastosowań [13]. Wiele kluczowych czynników napędzających zastosowania tych materiałów w branży motoryzacyjnej jest zgodnych z możliwościami produktów supertwardych – zwiększona wydajność, duża precyzja obróbki oraz produkcja zgodna z zasadami *Lean manufacturing.* Są to cele inżynierów zajmujących się procesami obróbki nowoczesnych tworzyw konstrukcyjnych. Połączenie zalet różnych materiałów supertwardych i ich wspólne wykorzystanie w obróbce coraz nowszych komponentów samochodowych umożliwia osiągnięcie nowych, wyższych poziomów doskonałości produkcyjnej.

SUPERTWARDE MATERIAŁY DIAMENTOWE I cBN STOSOWANE W NARZĘDZIACH SKRAWAJĄCYCH

Materiały diamentowe

Obecnie dostępne na rynku są trzy grupy narzędziowych materiałów diamentowych:

– diament syntetyczny PCD (*Polycrystalline Diamond*),

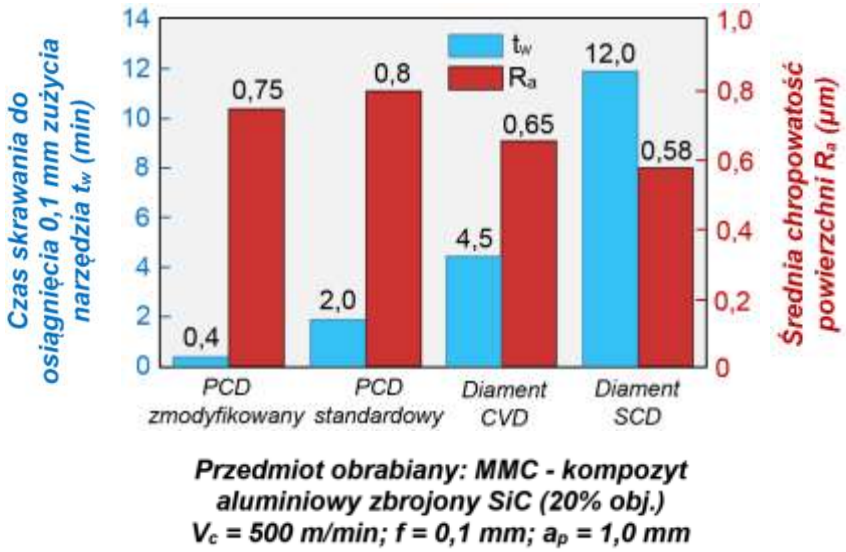
– diament CVD,

– diament monokrystaliczny SCD (*Single Crystal Diamond*).

Materiały te różnią się właściwościami obróbkowymi i parametrami narzędzi skrawających [3]. W przemyśle motoryzacyjnym PCD jest obecnie najczęściej stosowanym materiałem narzędziowym. Ponad czterdzieści lat po wprowadzeniu na rynek, jego wykorzystanie wciąż dynamicznie rośnie. W ciągu ostatnich lat obserwuje się trend w kierunku stosowania PCD o większych ziarnach (ok. 25 μm). Szeroko zakrojone badania i rozwój produktów wykazały, że podczas obróbki kompozytów i stopów aluminium, gdy wymagana chropowatość powierzchni nie jest krytyczna, PCD o dużej ziarnistości zwykle zapewnia najlepszą kombinację odporności na ścieranie, ostrości krawędzi, trwałości i wytrzymałości ostrza [3].

Materiały PCD średnioziarniste (ok.10 μm) są również szeroko stosowane jako materiały uniwersalne – charakteryzują się doskonałym połączeniem właściwości użytkowych i technologicznych. Wiele narzędzi obrotowych, które wymagają dobrej jakości krawędzi ostrza i dużej odporności na zużywanie, ale jednocześnie podlegają intensywnej obróbce narzędziowej, wykonuje się właśnie z PCD o ziarnie średnim.

Drobnoziarniste PCD (ok. 2 μm) stosuje się do uzyskania najlepszej jakości krawędzi skrawającej. Gatunki PCD różnicuje się zwykle na podstawie rozmiaru ziaren i stopnia ich wzajemnego przerastania. Modyfikacje te wpływają na udarność, odporność na ścieranie i jakość krawędzi. Dostępność SCD oraz diamentu CVD dodatkowo zwiększa potencjalne zastosowania materiałów diamentowych w branży motoryzacyjnej. Nowsze materiały oferują poprawę odporności na ścieranie i jakość obrabianych krawędzi. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki badań obróbki trudno-



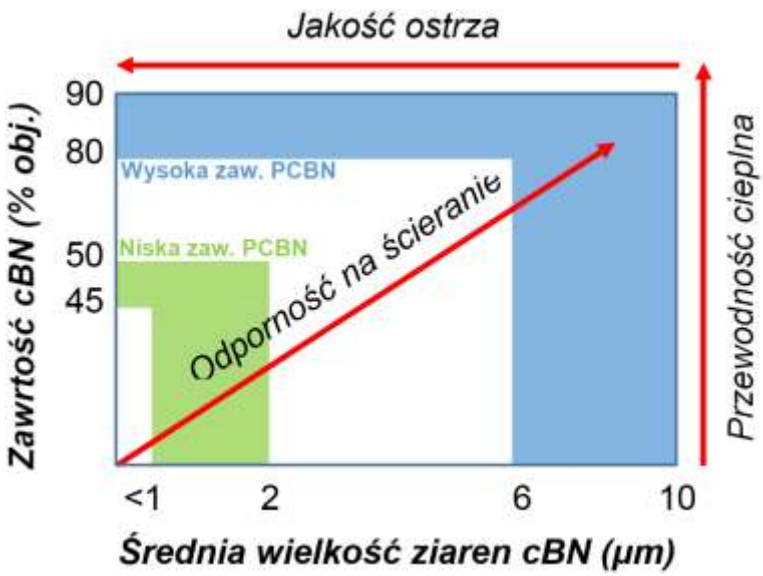
Rys. 2. Zużycie ostrza i chropowatość powierzchni kompozytu MMC po obróbce narzędziami z różnego typu materiałów diamentowych; wg [1]

obrabialnego metalowego kompozytu MMC (*Metal Matrix Composite*), stosowanego w niektórych komponentach samochodowych, z użyciem różnego typu narzędzi diamentowych [2]. Kompozyty z osnową metalową MMC to nowoczesne lekkie tworzywa konstrukcyjne, które składają się z twardej metalowej osnowy (np. aluminium) wzmocnionej innym tworzywem, takim jak ceramika (np. węglik krzemu).

Materiały cBN i PCBN

Zakres dostępnych narzędzi skrawających z cBN (w literaturze spotyka się także akronim CBN) stale rośnie. Kluczowe czynniki różnicujące gatunki materiałów narzędziowych z cBN to wymiary ziarna, procentowy udział zawartości cBN oraz rodzaj spoiwa. Pozwala to na dużą elastyczność przy projektowaniu nowych materiałów narzędziowych. Postęp w przetwarzaniu proszków submikronowych, syntezie produktów o dużej i małej zawartości cBN oraz zastosowaniu zaawansowanych ceramik powoduje, że zakres możliwych składów PCBN jest ogromny. Wpływ niektórych z tych komponentów na właściwości użytkowe narzędzi z PCBN przedstawiono na rys. 3.

Wykorzystanie materiałów PCBN do produkcji narzędzi skrawających w branży motoryzacyjnej szybko zwiększa się. W praktyce oferuje się tylko niewielką liczbę gatunków PCBN (4÷5). Rosnąca popularność obróbki toczenia przedmiotów hartowanych sprawia, że potrzebne są dwa gatunki do obróbki wykończeniowej: jeden zoptymalizowany pod kątem wytrzymałości krawędzi w warunkach skrawania przerywanego, drugi, o lepszej odporności na ścieranie, do obróbki ciągłej i z dużą prędkością. Wydajna obróbka żeliwnych komponentów samochodowych pozostaje bardzo opłacalna przy użyciu narzędzi z litych, gruboziarnistych i wysokogatunkowych produktów PCBN. Grube ziarno (ok. 8 μm) z dużą zawartością cBN zapewnia dobrą odporność na ścieranie, a pełny format pozwala na dwustronne wykorzystanie krawędzi produkowanych płytek ostrzowych. Obróbkę zgrubną wykonuje się także materiałami o dużej zawartości cBN. Produkty z dużą zawartością cBN, o średnich gabarytach ziarna i podkładzie z węglika spiekanego zapewniają kombinację dużej wydajności z dobrą obrabialnością narzędzi oraz ich uniwersalność [1].



Rys. 3. Wpływ zawartości cBN i wielkości ziarna na właściwości narzędzi z PCBN; wg [1]

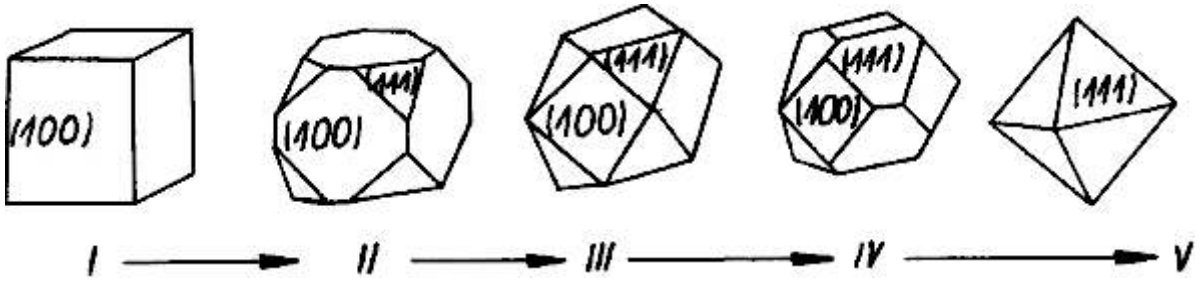
SUPERTWARDE MATERIAŁY ŚCIERNE Z DIAMENTU I cBN

Materiały diamentowe

Diament naturalny ND (*Natural Diamond*) jest alotropową formą węgla o nieregularnej strukturze i sieci Fd3m. Posiada sześciokątną sieć krystalograficzną zawierającą 18 atomów węgla. Naturalne materiały ścierne z diamentu są produkowane poprzez mielenie większych, wadliwych kryształów uzyskanych podczas wydobycia. Ziarna ścierne mają zazwyczaj strukturę krystaliczną w formie płaskich lub owalnych kryształów oraz cząstek nieizometrycznych w formie igieł, blaszek lub płytek. Zastosowanie tego materiału ściernego do produkcji ściernic jest jednak ograniczone ze względu na cenę i dostępność tego surowca.

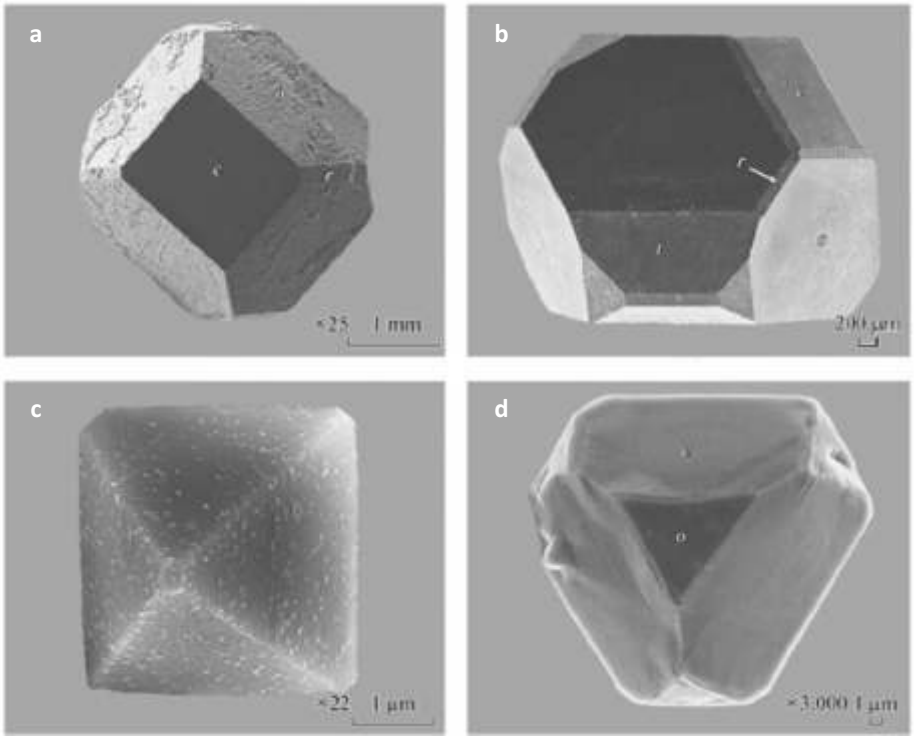
Do produkcji diamentów syntetycznych stosuje się dwie podstawowe technologie: HPHT – *High Pressure High Temperature* (wysokociśnieniowe osadzanie w wysokiej temperaturze) i CVD – *Chemical Vapour Deposition* (chemiczne osadzanie z fazy gazowej). Tradycyjna metoda wzrostu diamentów, zwana HPHT, polega na wytwarzaniu diamentów syntetycznych z materiału węglowego w warunkach dużego ciśnienia i wysokiej temperatury w urządzeniach. Nowsza metoda CVD polega na wypełnieniu komory próżniowej gazem zawierającym węgiel, który krystalizuje na zarodku diamentu syntetycznego. Gęstość diamentu wynosi około 3,52 g/cm³. Diament syntetyczny krystalizuje się w formie ośmiościanu (111), sześcianu (100) lub ich kombinacji (rys. 4÷6) [6, 14].

Światowa produkcja diamentów syntetycznych dynamicznie rośnie. Obecnie największym producentem diamentów syntetycznych są Chiny i Rosja, które dominują na globalnym rynku diamentów przemysłowych. Wiodącymi producentami diamentów syntetycznych na rynku są firmy: Sumitomo Electric (Japonia), Chatham (USA), Advanced Optical Technology Corporation – AOTC Group (USA), IIa Technologies (Singapur), De Beers (Wielka Brytania), New Diamond Technology (Rosja) oraz wielu innych producentów z Niemiec, Indii, Rosji, Ukrainy, USA i Tajwanu [6].

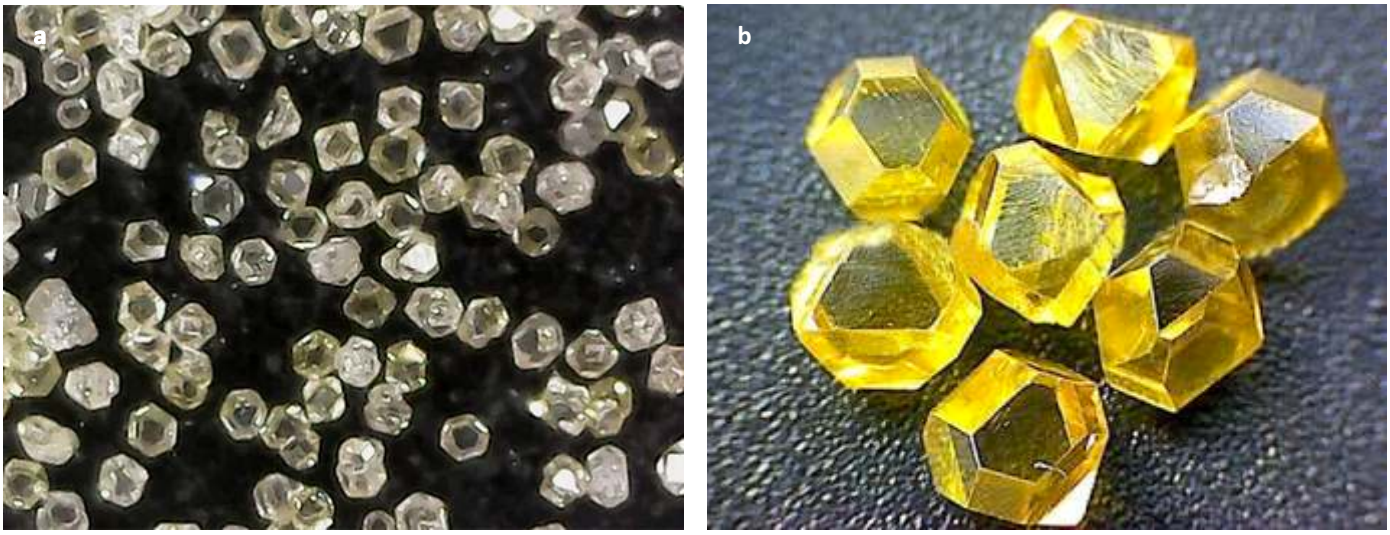


Rys. 4. Rodzaje form krystalograficznych syntetycznego diamentu: I – sześcian, II – sześcian z ściętymi ścianami ośmiościanu, III – sześcio-ośmiościan, IV – sześcian z ściętymi ścianami sześcianu, V – ośmiościan [2]

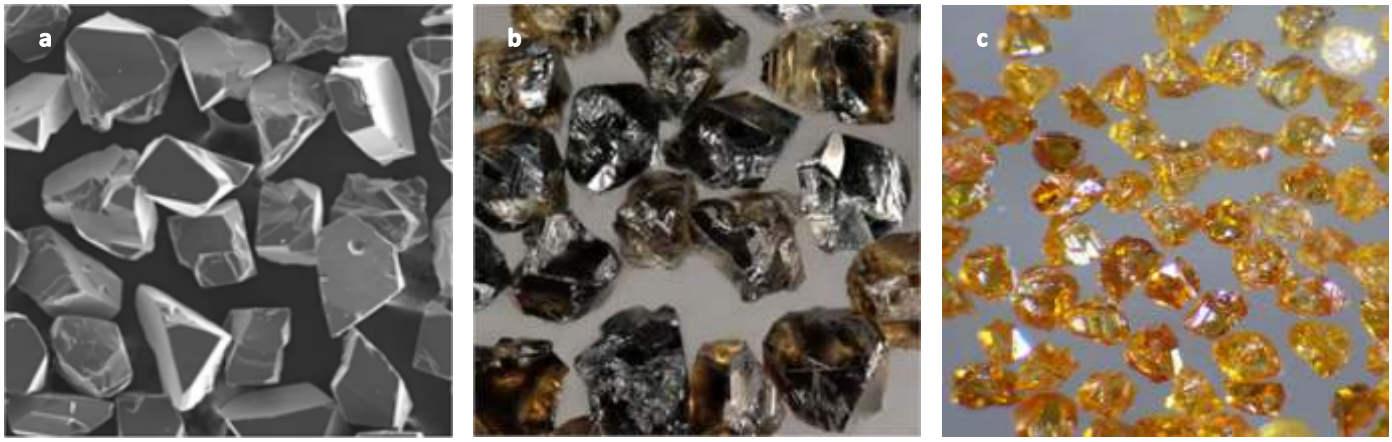
Zakres produktów diamentowych jest szeroki – od bardzo wytrzymałych, krystalicznych materiałów stosowanych głównie w narzędziach metalicznie spajanych i galwanicznych, po ostre, nieregularne ziarna oraz kruszący się diament mikrołamiący, stosowany głównie w narzędziach ze spoiwem żywicznym. Wybór produktu zależy od rodzaju obrabianego materiału, warunków obróbki i głównych wymagań procesu (duża wydajność skrawania, dobra jakość powierzchni, wąskie tolerancje itp.). Materiały o dużej wytrzymałości są stosowane w warunkach dużych sił skrawania, gdzie utrzymanie wystających ziaren z powierzchni spoiwa jest kluczowe dla zachowania trwałości narzędzia w warunkach dużych prędkości skrawania materiału. Materiały bardziej nieregularne, o mniejszej odporności na uderzenia, a także diament naturalny, sprawdzają się dobrze w narzędziach galwanicznych i tam, gdzie siły skrawania są mniejsze – zapewniają „lekko



Rys. 5. Zdjęcia mikroskopowe SEM ziaren diamentu syntetycznego: a), b) wytworzonego metodą HPHT; c), d) wytworzonego metodą CVD [11]



Rys. 6. a) Ziarna przezroczystego diamentu syntetycznego SCD; b) Ziarna żółtego diamentu syntetycznego PCD [10]



Rys. 7. Mikroskopowy widok ziaren: a) cBN, b) czarnego cBN 15, c) bursztynowego cBN 40 [10]

tnącą" pracę narzędzia i dobrą retencję ziarna. Kruszący się diament (często metalicznie powlekany) stosuje się głównie w narzędziach z żywicznym spoiwem do obróbki twardych, kruchołamliwych materiałów, takich jak węgliki spiekane i ceramika.

Materiały cBN

Regularny azotek boru cBN jest coraz częściej stosowany w obróbce twardych materiałów konstrukcyjnych. Ekonomika szlifowania cBN uległa znacznej poprawie dzięki rozwojowi szlifowania z dużymi prędkościami oraz technik szlifowania głębokiego (np. CFD – *Creep feed grinding lub* DF – *Deep grinding*). Umożliwiło to obróbkę ze znacznie większymi szybkościami usuwania materiału bez pogarszania trwałości ściernicy. Ważną rolę odgrywają też lepsze środki chłodzące, nowsze metody dostarczania chłodziwa (np. MQL – *Minimum Quantity Lubrication*) oraz nowoczesne rozwiązania w budowie szlifierek [15].

Wraz z rosnącą liczbą zastosowań poszerza się również gama ścierniw cBN. Ziarna cBN przybierają kształty identyczne z kształtami diamentu (od sześcianu do ośmiościanu) – rys. 7, mają też podobną gęstość – 3,48 g/cm³.

Początkowo wybór odpowiednich ziaren cBN opierano jedynie na odporności na uderzenia, lecz obecnie dostępne są bardzo wytrzymałe ziarna o dużej stabilności termicznej i ostrym charakterze łamania, zapewniające „lekko tnącą" pracę w ciężkich warunkach. Stosuje się je w wymagających zastosowaniach, takich jak szlifowanie wałków rozrządu i wałów korbowych ściernicami ze spoiwem ceramicznym. Ostre, kanciaste ziarna, które stopniowo przełamują się na świeże krawędzie, są również odpowiednie do obróbki bardziej ciągliwych stopów niklu i do narzędzi galwanicznych. Ziarna metalicznie powlekane stosuje się często w ściernicach żywicznych, a wraz z rozwojem ściernic ceramicznych wykorzystuje się je w mniej wymagających zastosowaniach. W wydajnych spoiwach żywicznych również coraz częściej stosuje się ostre i wytrzymałe ziarna cBN.

Powłoki diamentowe DLC

Powłoki DLC (*Diamond Like Carbon*) na narzędzia skrawające w przemyśle motoryzacyjnym stosuje się ze względu na ich wyjątkową twardość, mały współczynnik tarcia oraz dobrą odporność na zużywanie i korozję. Poprawiają one żywotność narzędzi i wydajność produkcji poprzez zmniejszenie zużycia i zapobieganie przywieraniu materiału. Zastosowanie powłok DLC w przemyśle samochodowym obejmuje, m.in. narzędzia do obróbki elementów silników, części przekładni, kompozytowych elementów aerodynamicznych i innych precyzyjnych elementów [4, 5, 7, 8, 9, 12]. Powłoki DLC wytworzono w Politechnice Łódzkiej metodą PACVD (*Plasma Activated Chemical Vapour Deposition*). Technologia ta polega na rozkładzie węglowodoru (metanu) w polu elektrycznym dużej częstotliwości 13.56 MHz, uzyskiwanym przy ciśnieniu w komorze roboczej 10÷20 Pa i temperaturze około 150°C (423 K). Stanowisko badawcze do realizacji metody PACVD składa się z: komory reaktora plazmowego chłodzonej wodą, elektrody dużej częstotliwości zamontowanej w płycie podstawy i połączonej przez kondensator (zapewniający ujemny potencjał polaryzacji) z generatorem dużej częstotliwości (umożliwiającym wytworzenie plazmy o dużej gęstości i utrzymującym częstotliwość na stałym poziomie), układu próżniowego oraz układu pomiarowo-sterującego (rys. 8).

Widok wytworzonych diamentowych powłok DLC pokazano na rysunku 9.

Na rysunku 10 przedstawiono zbiorcze, ilościowe zestawienie wyników analizy spektrogramów Ramana badanych powłok DLC wytworzonych na metalowym substracie.

Widać na nim, że głównym składnikiem powłoki jest supertwardy diament nanokrystaliczny oraz poprawiający tarcie grafit alfa [8].

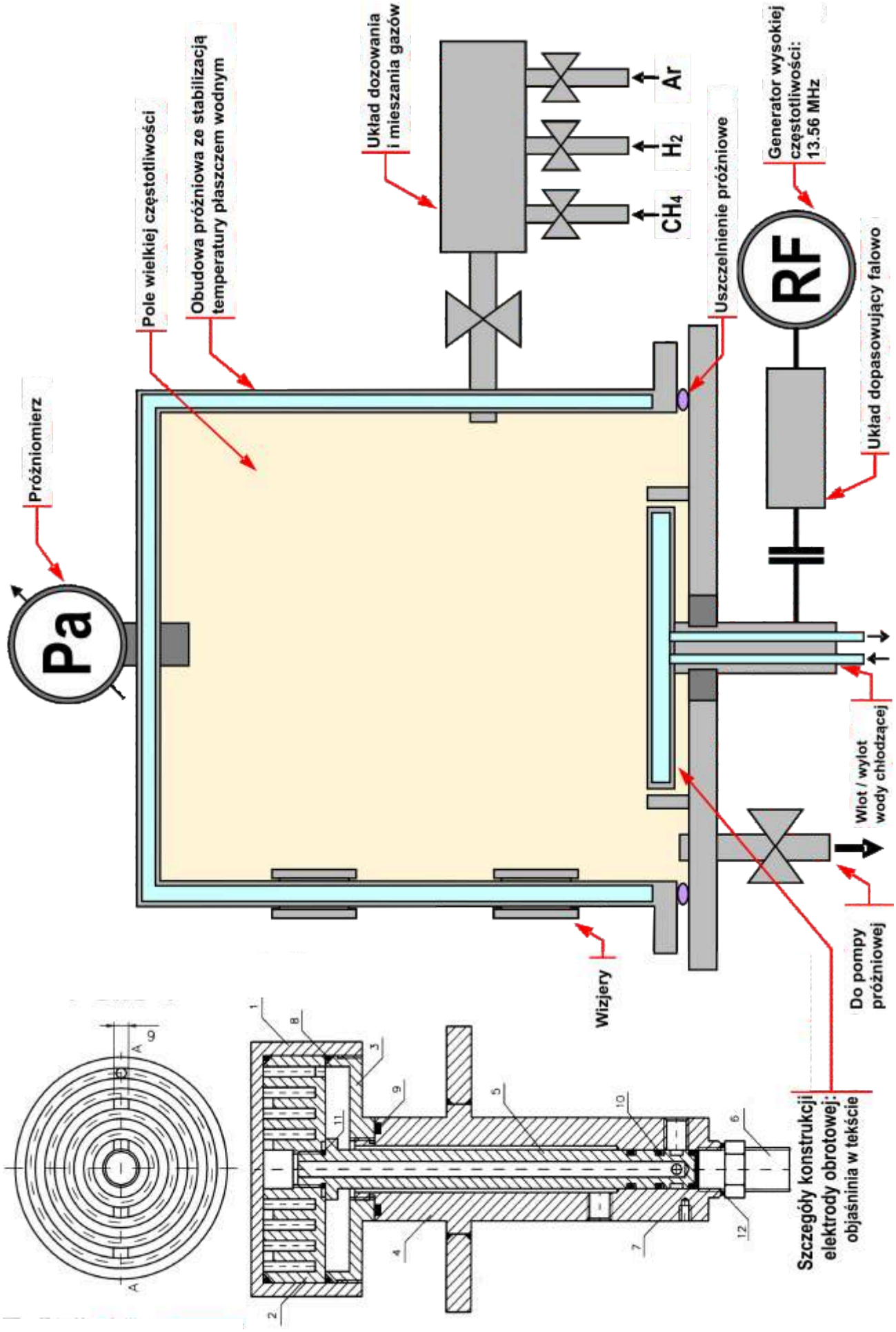
PODSUMOWANIE

W tej części opracowania przedstawiono charakterystykę właściwości użytkowych dostępnych na rynku supertwardych materiałów stosowanych do produkcji narzędzi skrawających i ściernic.

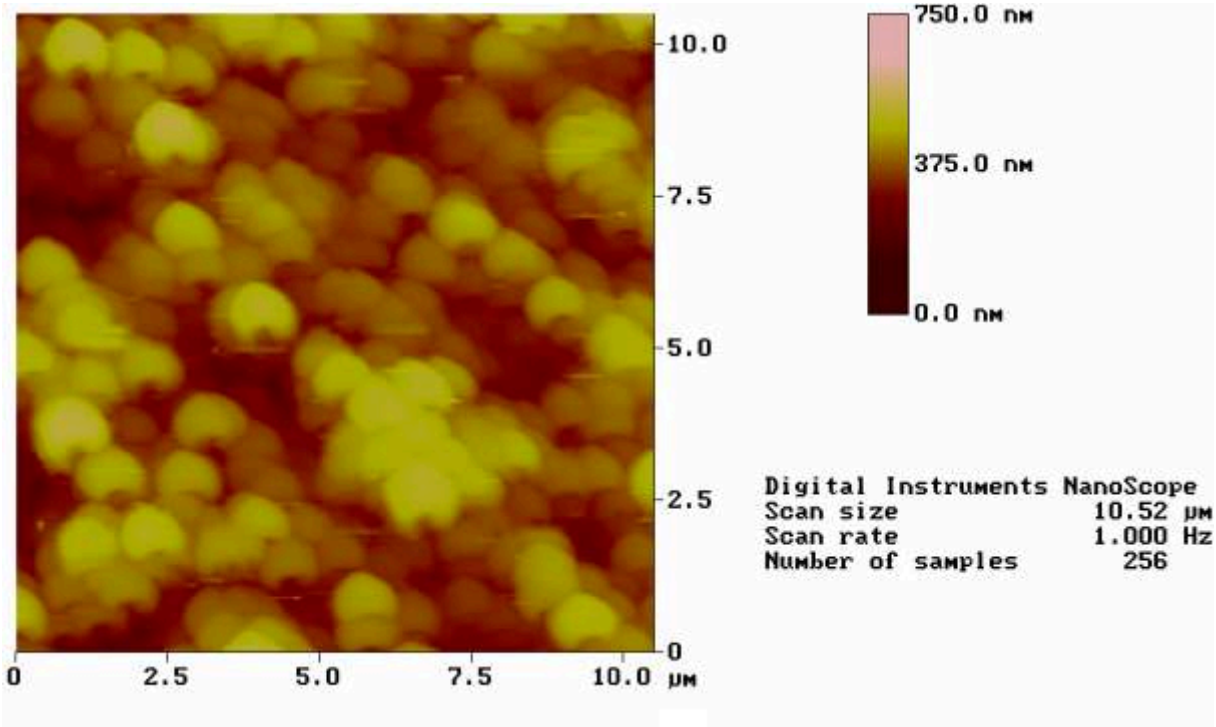
Na podstawie syntezy informacji literaturowych oraz własnych doświadczeń stwierdzono, że supertwarde narzędzia obróbkowe wykonane z materiałów takich jak diament syntetyczny i borazon zapewniają wyjątkowo dużą twardość ostrzy, odporność na zużywanie i dobrą wydajność obróbki.

Opracowana na Politechnice Łódzkiej metoda osadzania cienkich powłok diamentopodobnych DLC na metalowych substratach jest obiecującą technologią, która może znaleźć zastosowanie w produkcji narzędzi skrawających stosowanych m.in. w przemyśle motoryzacyjnym. Powłoki te zwiększają ich

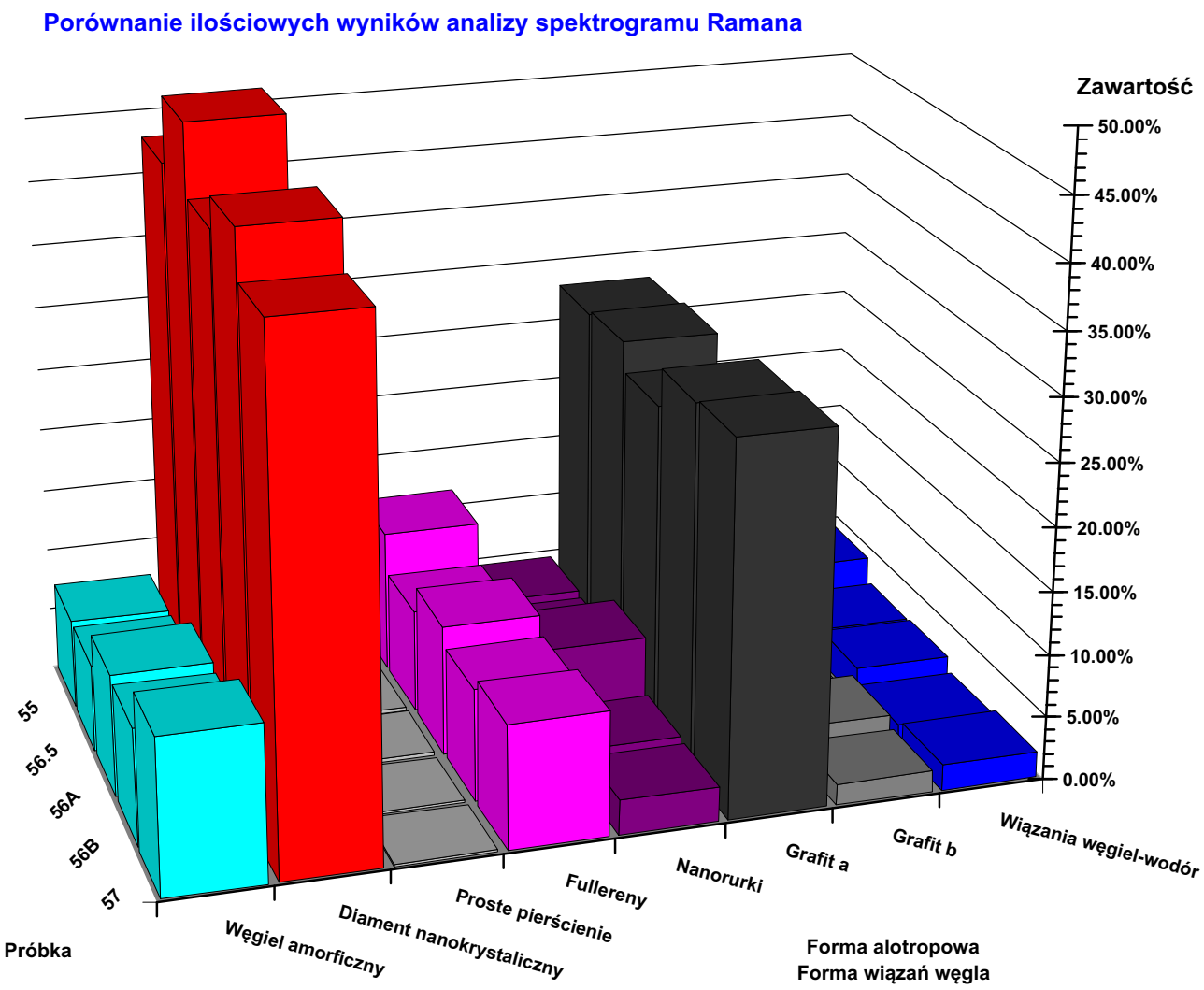
»»



Rys. 8. Schemat stanowiska do syntezy warstw węglowych metodą PACVD [5, 12]



Rys. 9. Obrazy diamentowej powłoki DLC otrzymane metodą AFM wytworzonej na metalowym substracie [4, 7]



Rys. 10. Zbiorcze, ilościowe zestawienie analizy spektrogramów Ramana badanych powłok DLC [8, 9]

twardość, odporność na zużycie, korozję i zmniejszają tarcie. Poprawiają tym samym żywotność narzędzi, wydajność procesu skrawania i pozwalają zachować precyzję podczas obróbki skomplikowanych części silnika, takich jak np. wałki rozrządu.

LITERATURA

[1] Bailey M.W., Juchem H.O., Cook M.W. Collins J.L., Butler-smith P.: The Increasing Importance of PCD/diamond /CVDD and PCBN/cBN Tooling in the Automotive Industry. Industrial Diamond Review, Vol. 62(592), 2002, pp. 53-60.

[2] Collins J. L., Cook M.W.: Machining MMC's with Diamond Tools. Tribology 2000, TEA, Ostfilden, Germany.

[3] Cook M. W., Bossom P. K.: Trends and Recent Developments in the Material Manufacture and Cutting Tool Application of PCD and PCBN. Proceedings of international Conference Advances in Hard Materials Production, Turin, Italy, 1999.

[4] Gołąbczak M.: Estimation of Carbon Coatings Manufactured on Magnesium Alloys. Special Issues on Magnesium Alloys, InTech, Croatia, 2011, pp. 41–66.

[5] Gołąbczak M.: Investigation of Corrosion Resistance of Carbon Coatings Deposited on Magnesium Alloys by PACVD Method. Mechanics and Mechanical Engineering, 12(2), 2008, pp. 157–164.

[6] Gołąbczak M.: Performance Properties of Superhard Grinding Wheels in Erosive Dressing Processes. Springer Briefs in Applied Science and Technology, Springer Nature, Switzerland, 2024.

[7] Gołąbczak M.: Properties of Hard Carbon Coatings Manufactured on Magnesium Alloys by PACVD Method. Advanced Knowledge Application in Practice, Sciyo, Croatia, 2010, pp. 61–84.

[8] Gołąbczak M.: Wytwarzanie i badania właściwości użytkowych warstw węglowych i TiN na stopach magnezu oraz warstw niskotarciowych na stali X38CrMoV5-1. Rozprawa habilitacyjna, Politechnika Łódzka, Łódź, Polska, 2013.

[9] Gołąbczak M., P. Couvrat P.: Investigations of Carbon Layers Manufactured on Magnesium Alloys Using PACVD Method. Engineering of Biomaterials, No. 43-44, 2005, pp. 25–29.

[10] http://en.diabrasives.com/ (Dostęp: 21 listopada 2025).

[11] Kvasnytsya V. M.: Morphology of Diamond Crystals and Mechanism of Their Growth. Journal of Superhard Materials, Vol. 43(2), 2021, pp. 75-84.

[12] Olson J. Windisschmann M.: The Development of High-Performance CVD Diamond Coated Cutting Tool Inserts. Diamond Films and Technology, Vol. 8(2), 1999, pp. 105–124.

[13] Sen P. K., Clark I. E.: Advances in the Development of Superabrasive Cutting Tool Materials. Superabrasive Materials Conference, Windsor, Ontario, 1998.

[14] Uhlmann E., Brücher M.: Wear Behaviour of CVD Diamond Tools. CIRP Annals 51(1), 2002, pp. 49–52.

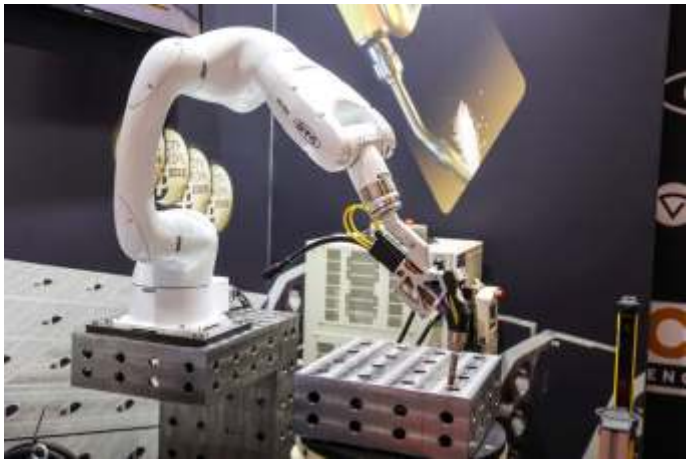
[15] Youkang Y., Ming Ch.: Analysis of Grindability and Surface Integrity in Creep-Feed Grinding of High-Strength Steels: Materials, Vol. 17(8), 2024, p.1784.

reklama

Przemysłowa Wiosna 2026

Najlepsze targi dla przemysłu w sercu Polski

Ponad 600 wystawców z 30 krajów, blisko 1000 pracujących maszyn i dziewięć hal wypełnionych najnowszymi technologiami – tak wyglądała Przemysłowa Wiosna 2025. Te liczby pokazują, że wydarzenie w Kielcach jest dziś jednym z najważniejszych spotkań przemysłowych w Europie Środkowo-Wschodniej. Edycja 2026 zapowiada się jeszcze bardziej imponująco – z wyselekcjonowaną grupą branżowych gości, dynamicznymi pokazami i atutem lokalizacji. Targi spod znaku STOM już w marcu w Targach Kielce.



Fot. Przemysłowa Wiosna 2025

Branżowi zwiedzający – gwarancja jakości spotkań

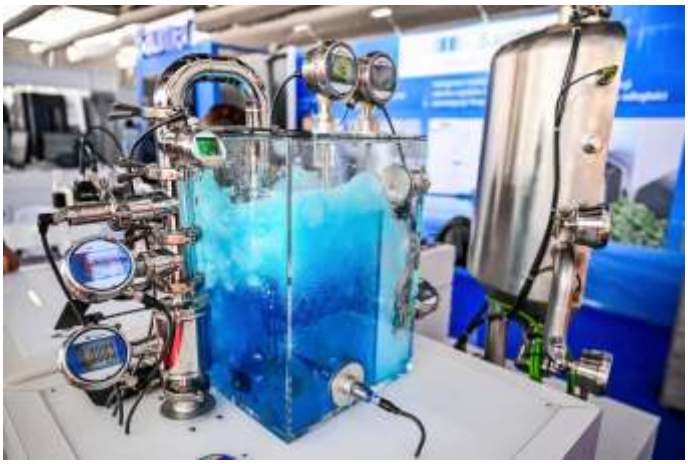
O sile Przemysłowej Wiosny decydują nie tylko liczby, ale przede wszystkim ludzie. Wydarzenie odwiedzają wyłącznie profesjonaliści – inżynierowie, dyrektorzy produkcji, menedżerowie zakupów czy właściciele firm, którzy przyjeżdżają do Kielc w poszukiwaniu konkretnych rozwiązań i partnerów biznesowych. To właśnie dzięki tej selekcji spotkania na stoiskach są merytoryczne i przekładają się na realne wdrożenia.

Tu wszystko pracuje i jest dynamicznie

Przemysłowa Wiosna to nie tylko wystawa – to ogromna fabryka działająca na żywo. Hale targowe na kilka dni zamieniają się w przestrzeń pełną energii i ruchu, gdzie można zobaczyć spawanie, cięcie, gięcie, obróbkę laserową i pracę robotów w praktyce. To wyjątkowe doświadczenie, które pozwala porównać technologie i podejmować decyzje w oparciu o realne prezentacje.

Kielce – doskonała lokalizacja

Niezwykle istotnym atutem wydarzenia jest położenie Kielc. Centralna lokalizacja w Polsce i dogodna dostępność komunikacyjna sprawiają, że Przemysłowa Wiosna przyciąga wystawców i gości

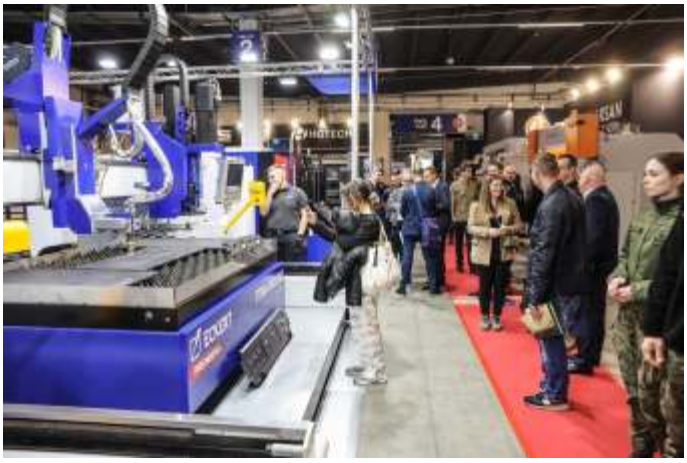


z całego kraju oraz coraz szersze grono zagranicznych partnerów. To właśnie Kielce stają się naturalnym miejscem spotkań przemysłu – blisko, wygodnie i w pełni profesjonalnie.

Siła specjalizacji

Na sukces Przemysłowej Wiosny składają się także wyspecjalizowane wydarzenia, odpowiadające na potrzeby konkretnych sektorów: STOM-BLECH&CUTTING, STOM-TOOL, STOM-LASER, STOM-ROBOTICS, STOM-FIX, KIELCE FLUID-POWER, EXPO-SURFACE, SPAWALNICTWO, DNI DRUKU 3D, CONTROL-STOM, Targi TEiA oraz WIRTOPROCESY. Każde z nich daje branżowym specjalistom możliwość skoncentrowania się na najnowszych technologiach i rozwiązaniach dedykowanych ich dziedzinie. Czy wyszczególnienie konkretnego wydarzenia dla konkretnej branży to przepis na sukces? Jak pokazują doświadczenia ostatnich lat – zdecydowanie tak. To właśnie ta formuła jest szczególnie ceniona przez wystawców, którzy zyskują pewność, że spotykają właściwych partnerów i klientów.

Przemysłowa Wiosna 2026 to gwarancja spotkań na najwyższym poziomie, inspirujących pokazów i wyjątkowej atmosfery, która co roku przyciąga tysiące specjalistów Zapraszamy do Targów Kielce od 24 do 27 marca 2026 roku.



Nagrody ANCA Tool of the Year 2025 na targach EMO Hannover

Hanower, listopad 2025 r. – Już po raz ósmy rozdano prestiżowe nagrody ANCA Tool of the Year, wyróżniające innowacyjność i doskonałość techniczną w produkcji narzędzi skrawających. Ceremonia wręczenia nagród odbyła się na stoisku firmy ANCA podczas targów EMO Hannover 2025, gromadząc najlepszych producentów z całego świata. Wydarzenie było prawdziwym świętem kreatywności, precyzji i pasji klientów ANCA.

KATEGORIA „MADE ON ANCA"

Pierwsze miejsce w kategorii „Made on ANCA" zdobyła firma Xiamen Golden Egret Special Alloy Co., Ltd (XGE) za swój innowacyjny frez kulisty, zaprojektowany i wyszlifowany z najwyższą precyzją. Narzędzie wyposażono w promienie R0,06 mm oraz R0,07 mm, co znacząco zmniejsza zużycie ściernicy wykończeniowej, jednocześnie zapewniając wyjątkową dokładność i trwałość. Sferyczna końcówka została wyszlifowana zgodnie z nominalnym profilem, a płaszczyzna gashingu płynnie łączy się z średnicą zewnętrzną, gwarantując mocną krawędź i optymalną pracę końcówki kulistej.

„Jesteśmy zaszczyceni zdobyciem tytułu ANCA Tool of the Year 2025" – powiedział Jianyuan Chen, inżynier procesowy w XGE. – „To wyróżnienie jest dowodem zaangażowania naszego zespołu i 20-letniego partnerstwa z ANCA. Szlifierki i oprogramowanie ANCA pomagają nam przekształcać pomysły w narzędzia światowej klasy. Innowacyjność zawsze była naszą siłą napędową – i nadal będziemy tworzyć rozwiązania, które przynoszą wartość branży oraz wspierają użytkowników na całym świecie."

Wszyscy zwycięzcy konkursu

WIRTUALNE NARZĘDZIE ROKU

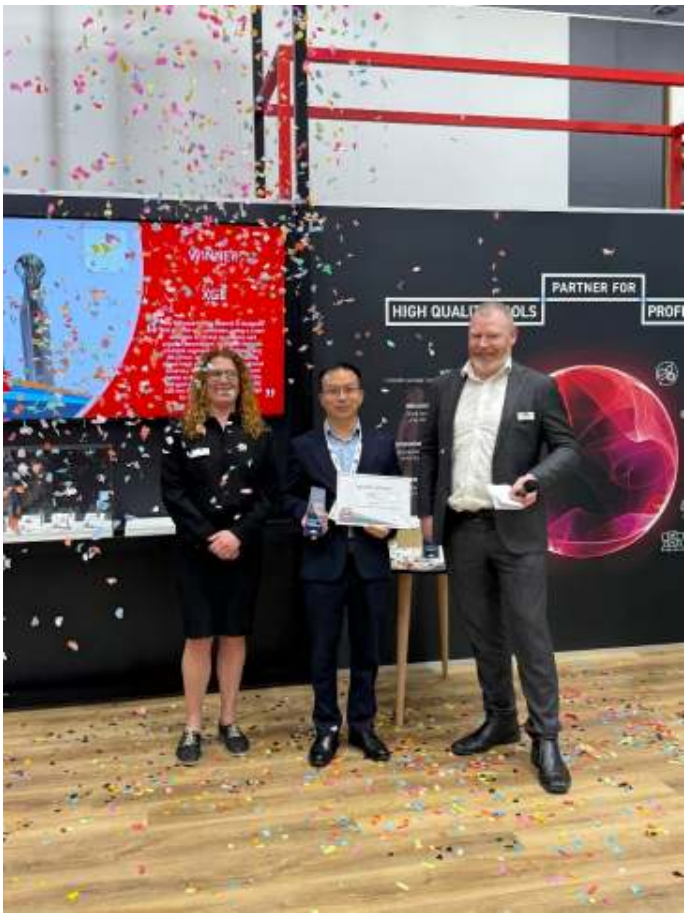
W kategorii narzędzi wirtualnych zwyciężyła firma Zhuzhou Huarui Precision Tools Co., Ltd, która zachwyciła jury ceremonialnym berłem, symbolizującym władzę i pomyślność. Projekt rozpoczął się od szkiców wykonanych ręcznie, po czym został zaprogramowany w oprogramowaniu ToolRoom i zwizualizowany w 3D za pomocą CIM3D. Doskonały dobór procedur szlifowania umożliwił stworzenie złożonych geometrii, łączących precyzję techniczną z artystycznym kunsztem.

„To dla mnie ogromny zaszczyt otrzymać tytuł ANCA Tool of the Year 2025 – Virtual Tool" – powiedział Siqiang Liu, programista w Zhuzhou Huarui Precision Tools. – „Nagroda ta jest uznaniem nie tylko mojej pracy, lecz także wsparcia ze strony firmy i platformy ANCA, która pozwala rozwijać kreatywność i innowacyjność. To nie koniec, a nowy początek – inspiracja, by przekraczać granice i dążyć do doskonałości."

KOBIETA-MECHANIK ROKU 2025

Nagroda „ANCA Kobieta-Mechanik Roku 2025" trafiła do Nayeli Martínez z firmy OSG GmbH – w uznaniu za jej wiedzę techniczną, przywództwo i zaangażowanie w promowanie różnorodności i integracji w branży. Historia Nayeli pokazuje determinację młodej kobiety, która z sukcesem odnalazła się w środowisku zdominowanym przez mężczyzn, zdobywając zaufanie klientów poprzez udoskonalenie procesów produkcyjnych, poprawę precyzji i wydajności narzędzi. Z pasją inspiruje kolejne pokolenie kobiet, udowadniając, że również one mogą osiągać sukcesy w inżynierii i nowoczesnej produkcji.

„Jestem zaszczycona, że otrzymałam tytuł Kobiety-Mechanika Roku 2025" – powiedziała Nayeli Martínez. – „To wyróżnienie jest hołdem dla wszystkich kobiet w branży produkcyjnej. Dziękuję ANCA za to, że daje nam głos w środowisku, w którym wciąż stanowimy mniejszość. Dzięki wsparciu moich kolegów, mentorów i rodziny ta nagroda jest nie końcem, a początkiem nowego etapu – inspiracją do dalszego działania i wnoszenia innowacji w świat narzędzi skrawających."



Nasz zwycięzca w kategorii *Produkt na ANCA*: XGE z Johanna i Edmund Bolan.

Laureatka nagrody *ANCA Female Machinist of the Year 2025*: Nayeli Martínez z Johanna Boland

WYNIKI 2025

Made on ANCA. 1. miejsce – XGE: Frez kulisty o precyzyjnych promieniach i płynnych przejściach średnicy zewnętrznej, minimalizujący zużycie ściernicy przy zachowaniu wyjątkowej dokładności i wytrzymałości. 2. miejsce – Spreyer: Narzędzie kombinowane łączące geometrie średnicy zewnętrznej i czołowej, wykorzystujące inteligentne szlifowanie i kompensację LaserUltra dla najwyższej precyzji krawędzi. 3. miejsce – Werkö: Wiertło stopniowe z wyrównaniem krawędzi tnących i otworami chłodzącymi zapewniającymi lepsze odprowadzanie wiórów; konstrukcja Weldon umożliwia wymianę narzędzi i efektywną pracę tokarek CNC.

Najbardziej innowacyjne narzędzie wirtualne. 1. miejsce – Huarui: Ceremonialne berło symbolizujące władzę i pomyślność, zaprojektowane w ToolRoom i zwizualizowane w CIM3D dla uzyskania skomplikowanych kształtów. 2. miejsce – JG Group: Symulowany mikrometr stworzony przy użyciu oprogramowania iGrind oraz CIM3D, z precyzyjnymi, szczegółowymi podziałkami podkreślającymi kreatywność i dokładność. 3. miejsce – Rann Tools: Precyzyjne wycięcia liter wykonane małą ściernicą kubkową, prezentujące najwyższy poziom kunsztu i detalu.

Kobieta-Mechanik Roku 2025. Zwycięzcą: Nayeli Martínez – OSG GmbH
Finalistki: Janire Uriarte (Erdeko Herramienta) Yağmur Zamur (Tungcut Kesici Takimlar).

ZAPRASZA
mtp
GRUPA

ITM

INDUSTRY EUROPE

26-29.05.2026

Międzynarodowe
Targi Poznańskie

INNOWACJE
TECHNOLOGIE
MASZYNY

SALONY TARGÓW

AUTOMA | MACH-TOOL | SURFEX | WELDING

www.itm-europe.pl

temrex

Radosnych Świąt Bożego Narodzenia, wielu pięknych chwil w gronie najbliższych oraz energii i wytrwałości w nadchodzącym Nowym Roku

polski producent automatów wydających

i systemów do pionowego składowania

dla przemysłu

pełna kontrola 24/7

KONTAKT: + 48 22 755 59 49 info@temrex.pl

TEMREX-DYNATECH Sp. z o.o., Aleja Katowicka 261, 05-830 URZUT

www.temrex.pl