

dr hab. inż. Robert Kruzel, prof PCz¹⁾

ORCID 0000-0002-8534-7286

dr inż. Joanna Wachowicz^{2)*}

ORCID 0000-0002-7942-3959

dr inż. Tomasz Dembiczak³⁾

ORCID 0000-0003-2751-3749

dr inż. Zbigniew Balaga⁴⁾

ORCID 0000-0002-7004-7037

New tools for the processing of wood materials in the construction industry

Nowe narzędzia do obróbki materiałów drewnopochodnych stosowanych w budownictwie

DOI: 10.15199/33.2025.10.19

Abstract. Wood-based materials, due to their characteristic features: high resistance to pests; temperature and humidity fluctuations, and relatively low price, are commonly used in both the furniture industry and construction. However, they are difficult to process. They are characterized by varying density in cross-section and contain mineral impurities, which are the main factor causing wear on cutting tools. The article proposes the use of commonly known WC-Co carbides for the machining of chipboard, but obtained using a new FAST (Field Assisted Sintering Technology). The aim of the analyses was to determine the basic durability properties of WC-Co blades and to compare their wear with commercially available carbide blades of similar chemical composition. The tests showed twice the durability of blades made of carbides consolidated with innovative sintering technology.

Keywords: sintering; WC-Co cemented carbides; wood-based materials, Field Assisted Sintering Technology FAST.

Streszczenie. Materiały drewnopochodne, ze względu na swoje charakterystyczne cechy: dużą odporność na działanie szkodników; wahania temperatury i wilgotności oraz dosyć niską cenę, są powszechnie stosowanym materiałem zarówno w przemyśle meblarskim, jak i w budownictwie. Są one jednak trudne w obróbkę. Charakteryzują się zróżnicowaną gęstością w przekroju poprzecznym oraz mają zanieczyszczenia mineralne, które są głównym czynnikiem powodującym zużywanie się narzędzi skrawających. W artykule zaproponowano do obróbki skrawaniem płyt wiórowych, powszechnie znane węgliki WC-Co, ale otrzymywane za pomocą nowej technologii typu FAST (Field Assisted Sintering Technology). Celem analiz było określenie podstawowych właściwości trwałościowych ostrzy WC-Co oraz porównanie ich zużycia do komercyjnie dostępnych ostrzy węglkowych o podobnym składzie chemicznym. Badania wykazały dwukrotnie większą trwałość ostrzy wykonanych z węglików konsolidowanych innowacyjną technologią spiekania.

Słowa kluczowe: spiekanie; węgliki spiekane WC-Co; materiały drewnopochodne; Field Assisted Sintering Technology FAST.

Wood is the oldest and most commonly used raw material, not only for building houses but also for interior decoration. Its advantages include aesthetic appeal and insulating properties. However, its disadvantages include its susceptibility to moisture, mechanical damage, and threats from pests such as insects and fungi. Therefore, in situations where aesthetics are not a significant factor, wood-based materials are commonly used as they are much cheaper and more resistant to pests, as well as temperature and humidity fluctuations. Wood-based materials are primarily used in the furniture industry, but they are also used in construction for covering wall structures and insulating floors and roofs, among other things. Wood-based materials can be divided into three main categories: plywood, fibreboard and particleboard.

Drewno jest najstarszym i najczęściej stosowanym surowcem nie tylko do budowy domów, ale także do wykończenia wnętrz. Ma ono wiele zalet, do których należą przede wszystkim estetyka oraz właściwości izolacyjne. Wadami są natomiast podatność na wilgoć, uszkodzenia mechaniczne i zagrożenia ze strony szkodników (owady i grzyby). Z tego powodu tam, gdzie estetyka nie odgrywa istotnej roli, powszechnie stosuje się materiały drewnopochodne, które są znacznie tańsze, bardziej odporne na działanie szkodników oraz na wahania temperatury i wilgotności niż drewno. Główną gałęzią zastosowania materiałów drewnopochodnych jest przemysł meblarski. Z powodzeniem wykorzystywane są również w budownictwie, m.in. do obijania konstrukcji ściennych oraz izolacji podłóg i dachów. Wśród materiałów drewnopochodnych można wyróżnić kilka podstawowych grup: sklejkę; płyty pilśniowe oraz płyty wiórowe.

Płyty wiórowe produkowane są z drobnych cząstek drewna, łączonych w procesie prasowania oraz za pomocą klejów syntetycznych. Znajdują one zastosowanie przede wszystkim w meblarstwie jako zamiennik drewna do produkcji mebli. Rozwój w ostatnich latach specjalistycznych metod produkcji płyt wiórowych, z zastosowaniem nowoczesnych klejów oraz różnego rodzaju dodatków technologicznych, spowodował, że mogą być one z powodzeniem stosowane w przemyśle budowlanym. Płyty

¹⁾ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Instytut Nauk Drzewnych i Meblarstwa

³⁾ Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych

⁴⁾ Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

^{*)} Correspondence address: joanna_wachowicz@sggw.edu.pl

Particleboard is made from fine wood particles that are pressed together and bonded with synthetic adhesives. It is primarily used in furniture manufacturing as an alternative to wood. Recent developments in specialised particleboard production methods using modern adhesives and various technological additives mean it can now be used successfully in the more demanding construction industry. Construction-grade particleboard differs significantly from that used in the furniture industry. Boards used in construction should be characterised by increased resistance to atmospheric and biotic factors. They should also have relatively high dimensional stability when exposed to changes in air humidity, as well as optimal strength parameters. Particleboard is used in construction as an internal cladding and insulation material, as well as for producing window sills, wall panels, floors, door leaves and worktops [1]. Wood-based materials such as particleboard are difficult to machine. They consist of lignocellulosic particles and an adhesive system, as well as other chemicals that improve the board's properties. These materials vary in machinability and density. They also contain mineral impurities, which are the main cause of tool wear when cutting particleboard. Particleboard is a poor heat conductor, and liquid coolants cannot be used when cutting it due to the hygroscopic properties of lignocellulose particles. The cutting edges of blades used for cutting particleboard are exposed to very high temperatures and, as a result, experience rapid wear [2].

The basic material used for tools is cemented carbide, consisting of refractory metal carbides (65–95%) and a binding metal. Cobalt is the most commonly used binder in the production of cemented carbides due to its properties. WC-Co carbides offer significant resistance to high temperatures and abrasion, as well as high hardness [3, 4]. Cemented carbides are produced using powder metallurgy. This technology has a number of advantages. One of these is undoubtedly the high utilisation of raw materials (up to 95%). Since machining is eliminated, it is considered a material-saving technology. Another advantage is the wide range of adjustments that can be made to the chemical composition, properties and structure of sintered materials. However, certain disadvantages can be encountered when analysing this technology, including the production of porous materials, which reduces strength. It can also be difficult to obtain materials with complex shapes due to uneven pressure distribution during pressing. The process of obtaining sintered materials involves several steps.

The first is the production of carbide powder. Next, the powder is purified and ground. Next, the wetting liquid is evaporated and the powder is sieved and pressed. This is followed by preliminary sintering at a temperature of 800–1000°C. The material is then cut and formed into the desired shape before going to the final stage: final sintering at a temperature of 1400–1500°C. Induction or resistance heating furnaces are typically employed to consolidate WC-Co carbides.

In recent years, growing customer expectations relating to reduced sintering times and greater energy efficiency have

wiórowe wykorzystywane w budownictwie różnią się znacznie od ich odpowiedników stosowanych w przemyśle meblarskim. Cechują się one zwiększoną odpornością na działanie czynników atmosferycznych oraz biotycznych. Ponadto powinny mieć dużą stabilność wymiarową przy zmianach wilgotności powietrza oraz optymalne parametry wytrzymałościowe. Wykorzystuje się je w budownictwie jako wewnętrzny materiał okładzinowo-izolacyjny oraz do produkcji parapetów, paneli ściennych, podłóg, skrzydeł drzwiowych oraz blatów roboczych [1]. Materiały drewnopochodne takie jak płyty wiórowe są trudne w obróbce. Składają się bowiem z cząstek lignocelulozowych, substancji klejącej i innych środków chemicznych poprawiających właściwości płyt, które różnią się skrawalnością oraz gęstością. Ponadto występują w nich zanieczyszczenia mineralne, będące głównym czynnikiem materiałowym przy zużywaniu się narzędzi skrawających. Płyty wiórowe źle przewodzą ciepło ze względu na właściwości higroskopijne cząstek lignocelulozowych, dlatego też przy ich skrawaniu nie można wykorzystać środka chłodzącego w postaci cieczy, a krawędzie tnące ostrzy pracujących w narzędziach skrawających są narażone na bardzo wysoką temperaturę, a w efekcie szybkie zużywanie [2].

Podstawowym materiałem wykorzystywanym na narzędzia są węgliki spiekane, które składają się z węglików metali trudno topliwych (65–95%) oraz metalu wiążącego. Najczęściej stosowanym spoiwem w procesie wytwarzania węglików spiekanych jest kobalt. Zaletą węglików WC-Co jest duża odporność na pracę w wysokiej temperaturze, duża twardość i odporność na ścieranie [3, 4]. Obok wielkości ziarna WC, zawartość kobaltu odgrywa istotną rolę, ponieważ wpływa jednocześnie na twardość i trwałość ostrzy z węglików spiekanych. Wraz ze spadkiem zawartości kobaltu zwiększa się twardość. Duży wpływ na tę właściwość ma także wielkość ziarna. Im drobniejsze ziarno WC, tym większa twardość. Wytrzymałość na zginanie zwiększa się natomiast wraz ze wzrostem zawartości spoiwa Co oraz zmniejszeniem wielkości ziarna. Ponadto wraz ze spadkiem twardości i wzrostem wielkości ziarna zwiększa się współczynnik odporności na kruche pękanie.

Węgliki spiekane są otrzymywane za pomocą metalurgii proszków. Technologię tę cechuje wiele zalet. Jedną z nich jest niewątpliwie duże wykorzystanie surowców (do 95%). Dzięki wyeliminowaniu obróbki skrawaniem uchodzi ona za technologię materiałowooszczędną. Kolejną zaletą metalurgii proszków jest duży zakres regulacji składu chemicznego, właściwości spieków oraz struktury. Niestety, analizując tę technologię, można też napotkać pewne wady, m.in. otrzymywanie materiałów o dużej porowatości, co skutkuje zmniejszeniem wytrzymałości. Wadą tej metody jest również trudność w otrzymywaniu materiału o skomplikowanym kształcie na skutek nierównomiernego rozkładu ciśnienia podczas prasowania.

Proces otrzymywania spieków składa się z kilku operacji. Pierwszą z nich jest wytworzenie proszku węglików. W kolejnej proszek zostaje oczyszczany i rozdrabniany. Następnie następuje odparowanie cieczy zwilżającej i proszek zostaje przesiany oraz sprasowany. Kolejny etap to spiekanie wstępne w temperaturze 800–1000°C. Materiał zostaje cięty, formowany i w oczekiwanej postaci trafia do ostatniego etapu, którym jest spieka-

led to increased interest in modern sintering methods. One example of this technology is FAST (Fast Assisted Sintering Technology), which heats the powder mixture using electrical pulses [5, 6]. The powder intended for sintering is placed in a graphite mould between two punches (Figure 1). The carbide sintering process is then carried out under pressure in a vacuum. Advantages of FAST include very short sintering times, homogeneous material and high energy efficiency, mainly due to direct heat generation inside the material. To effectively utilise all the advantages of FAST technology, the new U-FAST device uses short electrical pulses with a voltage several dozen times higher than that used in typical devices. A key feature of U-FAST is its ability to carry out the sintering process at a much lower temperature than other available methods. This reduces grain growth and ensures significantly better material parameters.

In the case of the conventional sintering method, the material is heated from the sinter's surface to its core through a combination of radiation and convection. This results in a slow and inefficient heating process. Consequently, a significant temperature gradient is created inside the mould, resulting in heterogeneity in the sintered material (Figure 2).

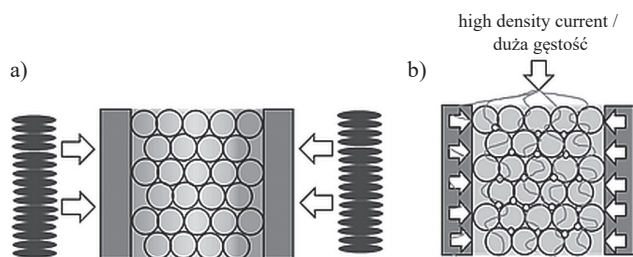


Fig. 2. Heating mechanism of the material: a) free sintering; b) spark plasma sintering [7]

Rys. 2. Sposób nagrzewania w spiekaniu: a) swobodnym; b) typu SPS [7]

The main disadvantage of this process is that higher temperatures and longer times are required to obtain a high-density sinter. These conditions affect grain growth in the consolidated sintered material, resulting in reduced parameters such as tensile strength and hardness. The high temperature and long duration of the sintering process also present challenges when sintering materials with a high affinity for oxygen. The long duration also increases the cost of sintering and limits the number of processes that can be carried out per day [8].

The study aimed to determine the basic durability properties of WC-Co inserts produced using the FAST technique, and to compare these with those of commercially available WC-Co cutting inserts.

nie końcowe, odbywające się w temperaturze 1400–1500°C. Zazwyczaj do konsolidacji węglików WC-Co stosuje się piece z nagrzewaniem indukcyjnym lub oporowym.

W ostatnich latach, ze względu na coraz większe oczekiwania klientów, związane z ograniczeniem czasu spiekania oraz energooszczędnością, zwiększa się zainteresowanie nowoczesnymi metodami spiekania. Przykładem takiej technologii jest FAST (Fast Assisted Sintering Technology), która do nagrzewania mieszanki proszkowej wykorzystuje impulsy elektryczne [5, 6]. Proszek przeznaczony do spiekania umieszcza się w grafitowej matrycy, pomiędzy dwoma stemplami (rysunek 1). Proces spiekania węglików prowadzi się w próżni pod naciskiem. Do zalet FAST należy bardzo krótki czas spiekania i jednorodność otrzymanego materiału oraz duża efektywność

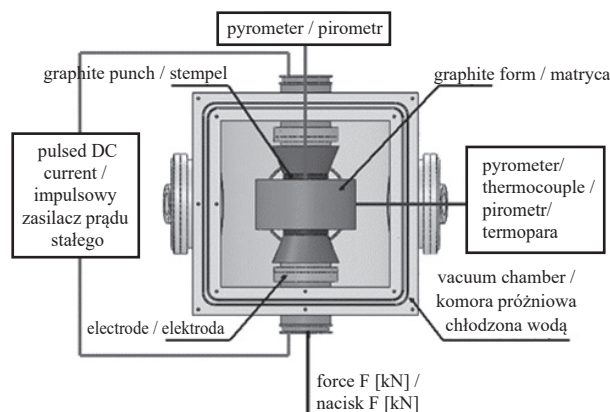


Fig. 1. Diagram of the U-FAST device [6]

Rys. 1. Schemat urządzenia U-FAST [6]

energetyczna związana głównie z bezpośrednim wytwarzaniem ciepła wewnątrz materiału. W celu efektywnego wykorzystania zalet technologii FAST, w nowym urządzeniu U-FAST zastosowano krótkotrwałe impulsy elektryczne o napięciu kilkadziesiąt razy wyższym, niż ma to miejsce w innych typowych urządzeniach. Kluczym aspektem technologii U-FAST jest możliwość prowadzenia procesu spiekania w znacznie niższej temperaturze niż inne dostępne metody. Wpływa to pozytywnie na ograniczenie rozrostu ziarna oraz zapewnia znacznie lepsze parametry spiekanych materiałów.

W przypadku konwencjonalnej metody spiekania, materiał nagrzewany jest od powierzchni spieku do rdzenia przez promieniowanie oraz konwekcję. Szybkość i efektywność nagrzewania jest zatem mała. W efekcie wewnątrz formy występuje znaczny gradient temperatury, co przekłada się na uzyskanie niejednorodności w spiekany materiale (rysunek 2). Podstawową wadą tego typu procesów jest konieczność stosowania wyższej temperatury i dłuższego czasu w celu uzyskania spieku o większej gęstości, niż w przypadku technologii FAST. Warunki te wpływają na rozrost ziarna w konsolidowanym spieku, wpływając m.in. na pogorszenie takich parametrów, jak wytrzymałość na rozciąganie i twardość. Wysoka temperatura i długi czas procesu spiekania sprawiają również problemy przy spiekaniu materiałów o dużym powinowactwie do tlenu. Długi czas zwiększa też koszty wytwarzania spieków oraz ogranicza możliwości przeprowadzenia wielu procesów spiekania w ciągu doby [7].

Celem pracy prezentowanej w artykule było określenie podstawowych właściwości trwałościowych ostrzy WC-Co, otrzymanych za pomocą techniki typu FAST oraz porównanie ich z komercyjnie dostępnymi ostrzami skrawającymi WC-Co.

Research material

The study used blades manufactured using innovative U-FAST technology, as well as commercially available blades with similar properties (Table 1). Photo 1 shows scanning electron microscope (SEM) images of WC-Co carbide fractures obtained using U-FAST technology. The WC grains are irregular polygons and the Co phase is uniformly distributed.

Figure 3b shows the geometry of the WC-Co blades, which were mounted in a double-edged spindle cutter (Figure 3a).

Research stance and methodology

Durability tests were carried out using a Buselato Jet 100 machine tool. This device has three axes of movement: X, Y and Z. The workpiece was secured to the beam table using vacuum blocks to ensure stability, ensuring safety during machining. The cutting depth was 4 mm. The machining parameters used are summarised in Table 2. The wear on the contact surface was measured every 1 mm of feed travel using a workshop microscope, which corresponded to the length of the blank. The blade's condition was monitored using a workshop microscope until the $VB_{\max} = 0.2$ mm bluntness criterion was reached. The milling process was performed on an 18-millimetre raw three-layer particleboard panel. Figure 6 shows

Table 1. Basic properties of cutting blades
Tabela 1. Podstawowe właściwości ostrzy skrawających

Name / Charakterystyka	Commercial / Nazwa handlowa	Obtained by the U-FAST method / Otrzymywany metodą U-FAST
Material / Materiał	submicron WC-Co	submicron WC-Co
Grain size indicated by the manufacturer (μm) / Wielkość ziarna oznaczona przez producenta [μm]	0,5–0,8	0,8
Cobalt content (%) / Zawartość kobaltu [%]	4,2	4
Hardness (HV30) / Twardość [HV30]	1920	2030

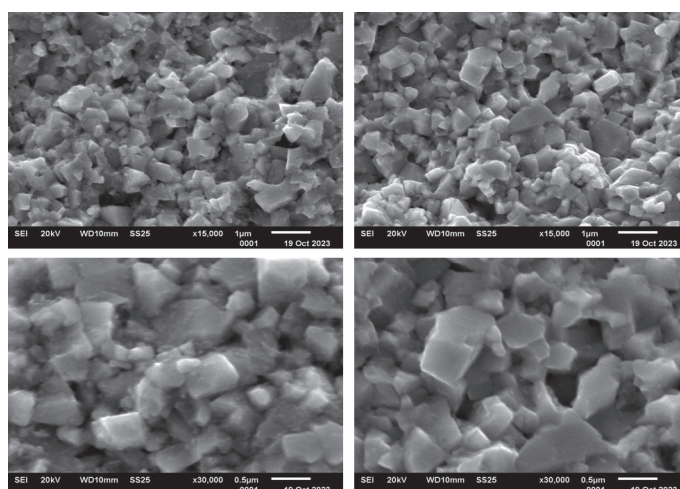


Photo 1. SEM micrographs of microstructure with U-FAST sintered WC-Co composites

Fot. 1. Obraz SEM przełamów węglików WC-Co otrzymywanych metodą U-FAST

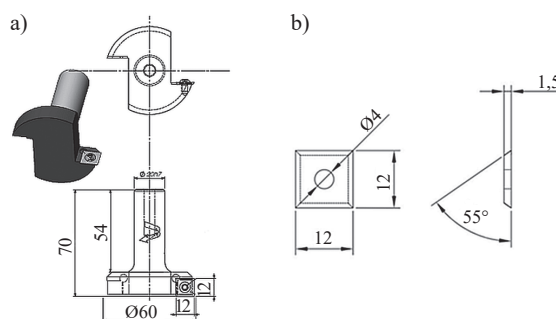


Fig. 3. Diagram of a two-flute end mill: a) mill dimensions and shape; b) blade geometry

Rys. 3. Schemat trzpieniowego freza dwuostrzowego: a) wymiary i kształt freza; b) geometria ostrza

Table 2. Milling parameters
Tabela 2. Parametry frezowania

Test No. / Nr próby	Spindle rotation n [rpm] / Prędkość obrotowa wrzeciona n [obr/min]	Feed per tooth Δ_z [mm] / Posuw na ząb Δ_z [mm]	Feed rate u [m/min] / Prędkość posuwu u [m/min]
P2	18 000	0.25	4.5

Materiał do badań

Do badań wykorzystano ostrza wykonane z użyciem innowacyjnej technologii U-FAST oraz ostrza handlowe o podobnych właściwościach (tabela 1). Na fotografii 1 przedstawiono obrazy SEM przełamów węglików WC-Co, otrzymywanych w technologii U-FAST. Ziarna WC są nieregularnymi wielokątami, a faza Co jest równomiernie rozłożona po granicach ziaren WC. W węglikach nie stwierdza się wyraźnie nieprawidłowego wzrostu cząstek WC.

Geometrię ostrzy WC-Co, które zamocowane były w trzpieniowym frezie dwuostrzowym (rysunek 3a), przedstawiono na rysunku 3b.

Stanowisko badawcze i metoda badań

Badania trwałości zostały przeprowadzone za pomocą obrabiarki Buselato Jet 100. Urządzenie charakteryzuje się trzema osiami ruchu X, Y, Z. Materiał obrabiany mocowany jest za pomocą bloków podciśnieniowych na stole belkowym, co zapewnia stabilność i bezpieczeństwo podczas obróbki. Głębokość skrawania wynosiła 4 mm. Zastosowane parametry obróbki zestawiono w tabeli 2. Pomiaru starcia powierzchni przyłożenia dokonywano co 1 m drogi posuwu, która odpowiadała długości formatki, stosując mikroskop warsztatowy. Stan ostrza monitorowany był również za pomocą mikroskopu warsztatowego do czasu osiągnięcia kryterium stępienia $VB_{\max} = 0,2$ mm. Procesowi frezowania poddana

its density profile, while Table 3 lists its basic properties. The image of the blade edges after the milling process was taken using a SEM-FEI QUANTA 200 scanning electron microscope.

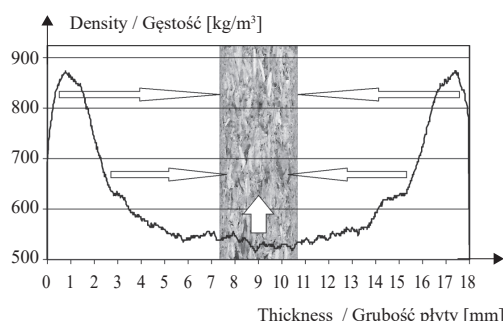


Fig. 4. Density profile of the particleboard
Rys. 4. Profil gęstości płyty wiórowej

Table 3. Properties of the particleboard used in the tests
Tabela 3. Właściwości płyty wiórowej użytej do badań

Wood-Based Board / Material obrabiany	Density / Gęstość [kg/m³]	Brinell Hardness / Twardość Brinella	Bending Strength / Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Modulus of elasticity / Moduł sprężystości [MPa]	Sand content / Zawartość piasku [%]
Three-layer particleboard / Płyta wiórowa trójwarstwowa	649	2.6	8.7	2212	0.185

Research results

Wear occurred in accordance with the Lorenz curve in the types of blades examined. Three characteristic phases of blade wear are visible on the wear curves: intensive initial wear (after the first pass of the tool, the wear depth was approximately 0.1 mm), stabilised wear, and accelerated wear (figures 5 and 6).

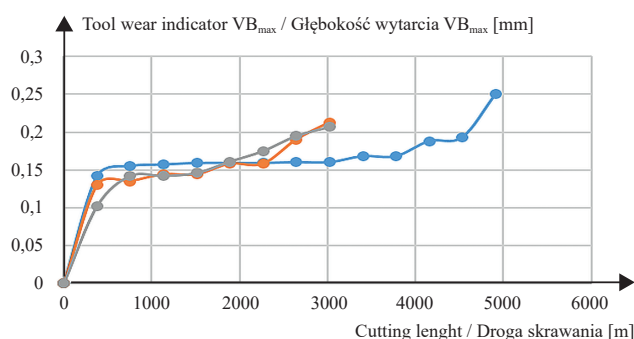


Fig. 5. Examples of blade wear curves obtained using the U-FAST method
Rys. 5. Przykładowe krzywe zużycia ostrzy otrzymywanych metodą U-FAST

The average wear path was determined on the basis of the wear curves obtained. Figure 7 shows graphs illustrating the average values of the durability of the cutters operating at the milling parameters used. The average cutting distance of blades consolidated using the innovative U-FAST material production method was 3,399 m, which was almost twice as high as that of commercial blades. However, it should be noted that in the case of U-FAST blades, significantly higher values of deviation from the average were observed. When using WC-Co carbide blades manufactured using U-FAST tech-

została surowa trójwarstwowa płyta wiórowa grubości 18 mm, której profil gęstości przedstawiono na rysunku 4, natomiast podstawowe właściwości w tabeli 3. Obraz krawędzi ostrzy po procesie frezowania wykonano z użyciem mikroskopu skaningowego SEM-FEI QUANTA 200.

Wyniki badań

Zużycie badanych ostrzy następowało zgodnie z krzywą Lorenza. Na krzywych zużycia widoczne są trzy charakterystyczne fazy zużywania: **intensywne początkowe** (po pierwszym przejściu narzędzia głębokość wytarcia wynosiła ok. 0,1 mm), **ustabilizowane** i **przyspieszone** (rysunki 5 i 6).

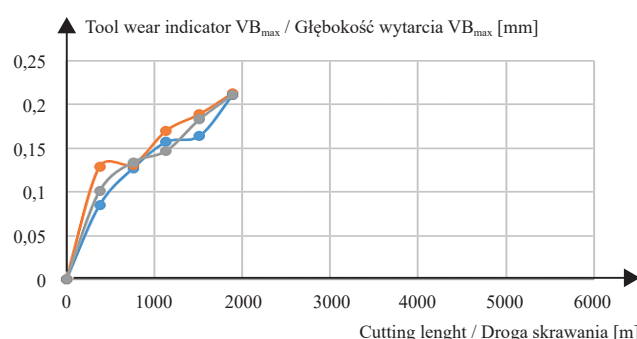


Fig. 6. Examples of a commercial blade wear curves
Rys. 6. Przykładowe krzywe zużycia ostrzy komercyjnych

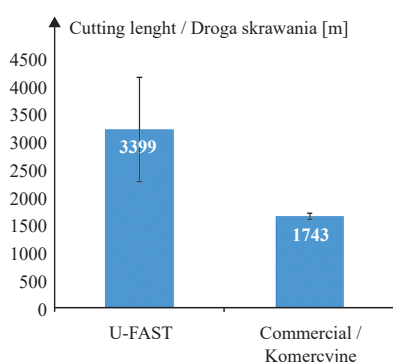


Fig. 7. Average cutting distance of the tested blades
Rys. 7. Średnia droga skrawania badanych ostrzy

Średnią drogę zużycia wyznaczono na podstawie otrzymanych krzywych zużycia. Na rysunku 7 przedstawiono uśrednione wartości trwałości ostrzy pracujących przy zastosowanych parametrach frezowania. Średnia droga skrawania ostrzy konsolidowanych za pomocą nowatorskiej metody U-FAST wyniosła 3399 m i była prawie dwukrotnie dłuższa niż ostrzy handlowych. Należy jednak zwrócić uwagę, że w przypadku ostrzy U-FAST zaobserwowano znacznie większe wartości odchylenia od wartości średniej. Obrazy mikroskopowe ostrzy frezów stępionych ujawniły wy-

nology, fracture resistance, in addition to the abrasive wear mechanism, has a decisive impact on blade service life. Microscopic observations revealed clear fragments of the cutting edge (Photo 2).

Therefore, exceeding the specified chip thickness and cutting forces simultaneously may result in chipping and reduce the durability of the edge. This phenomenon is primarily observed when using carbides with a higher hardness.

Conclusions

The research demonstrated that the sintering method significantly impacts the cutting properties of blades made of sintered carbides. It was confirmed that the innovative U-FAST sintering technology could be used to produce WC-Co sintered carbides for tools used to process wood-based materials. These blades were characterised by durability almost twice that of commercial blades. For blades produced using U-FAST technology, the average cutting distance to reach the $VB_{max} = 0.2$ mm wear criterion was 3,399 m; for commercial blades, it was 1,743 m.

Received: 27.05.2025

Revised: 08.07.2025

Published: 23.10.2025

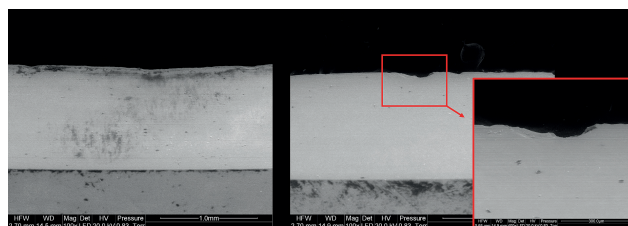


Photo 2. Edge wear images of the tested WC-Co blades

Fot. 2. Obrazy zużycia krawędzi badanych ostrzy WC-Co

rażne ślady zużycia w postaci mikrowykruszeń (fotografia 2) oraz brak występowania zjawiska adhezji.

W przypadku zastosowania ostrzy z węglików WC-Co, otrzymywanych technologią U-FAST, oprócz mechanizmu ściernego zużycia, decydujący wpływ na żywotność ostrza

ma odporność na pękanie. Obserwacje mikroskopowe wykazały wyraźne odłamki krawędzi skrawającej. Przekroczenie zadanej grubości wióra i jednocześnie sił skrawających może zatem zmniejszyć trwałość krawędzi w wyniku zjawiska odpryskiwania. Zjawisko to obserwowane jest przede wszystkim w przypadku zastosowania węglików o dużej twardości.

Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały duży wpływ metody otrzymywania spieków na właściwości skrawne ostrzy z nich wykonanych. Potwierdzono możliwość zastosowania innowacyjnej technologii spiekania U-FAST do wytwarzania węglików spiekanych WC-Co, przeznaczonych na narzędzia do obróbki materiałów drewnopochodnych. Ostrza te charakteryzowały się prawie dwukrotnie większą trwałością w porównaniu z ostrzami komercyjnymi. W przypadku ostrzy otrzymywanych technologią U-FAST, średnia droga skrawania, do osiągnięcia kryterium zużycia $VB_{max} = 0,2$ mm, wynosiła 3399 m, natomiast ostrzy komercyjnych 1743 m.

Artykuł wpłynął do redakcji: 27.05.2025 r.

Otrzymano poprawiony po recenzjach: 08.07.2025 r.

Opublikowano: 23.10.2025 r.

Literatura

- [1] Dukarska D, Mirski R. Wood-Based materials in building. Materials. 2023; <https://doi.org/10.3390/ma16082987>.
- [2] Wei W, Li Y, Xue T, Tao S, Mei C, Zhou W, Wang T. The research progress of machining mechanisms in milling wood-based materials. BioResources. 2018; DOI: 10.15376/biores.13.1.Wei.
- [3] Tang X, Wang Z, Huang L, Wang X, Chang T, Huang P, Zhu Z. Preparation, properties and microstructure of high hardness WC-Co cemented carbide tool materials for ultra-precision machining. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2023; <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2023.106356>.
- [4] Prakash L.J. Application of fine grained tungsten carbide based cemented carbides. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 1995; [https://doi.org/10.1016/0263-4368\(95\)92672-7](https://doi.org/10.1016/0263-4368(95)92672-7).
- [5] Wachowicz J, Kruzel R, Bałaga Z, Ostrowska A, Dembiczak T. Application of U-FAST Technology in Sintering of Submicron WC-Co Carbides. Materials. 2023; <https://doi.org/10.3390/ma16062450>.
- [6] Wachowicz J., Rosiński M. Mątewski D. Nieograniczone możliwości spiekania SPS. Mechanik. 2016; <http://dx.doi.org/10.17814/mechanik.2016.11.522..>
- [7] Kruzel R, Dembiczak T, Wachowicz J. Optimization of Spark Plasma Sintering Technology by Taguchi Method in the Production of a Wide Range of Materials: Review. Materials. 2023; <https://doi.org/10.3390/ma16165539>.