

Stanisław KRAWCZYK*, **Krzysztof ZAGÓRSKI***

**BADANIE WPLYWU PARAMETRÓW SKRAWANIA
NA ZUŻYCIE OSTRZY GŁOWIC FREZOWYCH
PRZY OBRÓBCE TWORZYW WĘGLOWYCH
WPW-65**

**ANALYSES OF THE INFLUENCE OF CUTTING
PARAMETERS FOR WEAR OF HEAD BLADE MILLING
BY MACHINING OF COAL MATERIALS WPW-65**

Słowa kluczowe:

obróbka skrawaniem, frezowanie, materiały niemetalowe, zużycie ściernie

Key-words:

machining, milling, non-metal, abrasive wear materials

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w warunkach przemysłowych nad intensywnością zużywania się ostrzy noży gło-

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Systemów Wytwarzania, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. (012) 617 28 81, 617 30 90, e-mail: stkrawcz@agh.edu.pl, zagkrzys@adh.edu.pl

wic frezowych przy obróbce mechanicznej bloków węglowych. Bloki wykonane z tworzywa WPW-65, przeznaczonego na wykładziny garów Wielkich Pieców charakteryzują się dużą odpornością na ścieranie, co powoduje, że intensywność zużycia ściernego narzędzi jest wysoka. Przebadano wpływ prędkości i posuwu na intensywność zużycia ściernego. Wyznaczono okresy trwałości ostrza dla przyjętego kryterium zużycia oraz wydajność objętościową procesu skrawania.

WSTĘP

Do obróbki mechanicznej bloków węglowo-grafitowych wytwarzanych przez Zakłady Elektrod Węglowych w Raciborzu, wchodzących w skład koncernu SGL Carbon Group, wykorzystywana jest metoda frezowania. Obróbka bloków po prasowaniu i wypaleniu jest niezbędna ze względu na wysokie wymagania kształtowo-wymiarowe oraz wymagania jakości powierzchni, które obecnie możliwe są do uzyskania tylko na drodze skrawania. Wysoka odporność ścierna obrabianego materiału powoduje, że ostrza skrawające ulegają szybkiemu zużyciu ściernemu, przez co pogarsza się jakość końcowa wyrobu. Dlatego muszą być one wymieniane po osiągnięciu określonego kryterium zużycia.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań przeprowadzonych w warunkach przemysłowych było określenie wpływu parametrów skrawania na intensywność zużywania się ostrzy noży głowic frezowych podczas obróbki bloków węglowo-grafitowych WPW-65 stosowanych na wykładziny garów Wielkich Pieców [L. 5]. Bloki o zróżnicowanych wymiarach obrabiane są na automatycznej, komputerowo sterowanej linii obróbkowej LBK 400 NC przy pomocy głowic frezowych specjalnej konstrukcji, przystosowanych do obróbki tworzyw niemetaliowych [L. 2]. Głowice frezów czołowych o efektywnej średnicy 500 mm pracują w kinematyce frezowania współbieżnego, co zapobiega wykruszaniu krawędzi bloków.

Zakres badań obejmował pomiary pasma zużycia VB ostrzy noży gładzących od strony powierzchni przyłożenia. Ze względu na bardzo skąpy materiał poznawczy z zakresu obróbki mechanicznej obrabianego materiału [L. 3, 5] oraz duży problem ekonomiczny wynikający z faktu, że ZEW-Racibórz zużywa rocznie na linii LBK-400 NC ok. 15 000 sztuk płytek typu TNMX gatunku H10S, zastosowano program badań statyczny

zdeteminowany kompletny. Ze względu na objętość niniejszego opracowania publikowane są wybrane wyniki badań.

Jako parametry stałe podczas testów skrawania przyjęto:

- Materiał obrabiany – bloki węglowo-grafitowe WAL-65 o następujących właściwościach mechanicznych: Gęstość $1,9 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, wytrzymałość na ściskanie 30 [MPa] , wytrzymałość na zginanie 8 [MPa] , twardość $\text{HB}=11 \text{ [kG/mm}^2\text{]}$.
- Materiał narzędziowy – płytki typu TNMX gatunek H10S.
- Obrabiarka automatyczna linia obróbkowa LBK-400 NC.
- Głębokości skrawania noży gładzących $a_p = 1,5 \text{ mm}$.

Jako zmienne niezależne podczas testów skrawania przyjęto:

- Prędkość skrawania V_s : $62,8; 78,5; 125,6; 188,4; 251,2; 314 \text{ [m/min]}$.
- Posuw minutowy f : $1,3; 1,6; 2,0; 2,5 \text{ [m/min]}$.

Wielkością wynikową była szerokość pasma wytarcia (zużycia) VB ostrza narzędzia od strony powierzchni przyłożenia jako funkcja czasu lub drogi skrawania. Na linii LBK-400 NC obrabiane są jednocześnie dwie powierzchnie boczne bloków, co wymaga równoczesnej pracy czterech głowic. W głowicy nożowej zamontowanych było jednocześnie sześć płytek gładzących. Umożliwiło to dokonanie pomiaru z 24 powtórzeniami przy jednym przejściu. Na tej podstawie obliczono wartość średnią zużycia i niepewność pomiaru [L. 1].

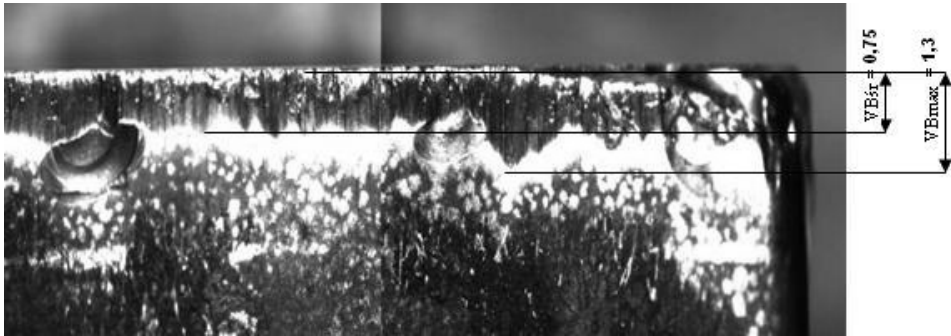
TECHNICZNE WARUNKI BADAŃ

Ponieważ pomiary przeprowadzano w warunkach przemysłowych, konieczne było dostosowanie warunków testu do aktualnie realizowanej produkcji.

Cechą charakterystyczną tworzyw węglowych jest to, że bloki formowane za pomocą prasowania lub wyciskania składają się z ziarn wypełniacza w postaci antracytu, łomu węglowego, łomu grafitowego oraz koksu i spoiwa w postaci paku. Poddane zabiegom cieplnym uzyskują podane właściwości mechaniczne, specjalne właściwości elektryczne (opór właściwy) oraz wysoką odporność chemiczną i temperaturową. Obróbka mechaniczna bloków przebiega w ten sposób, że obrabiany element w postaci prostopadłościanu, zamocowany na stole roboczym obrabiarki najeżdża na dwie jednostki frezarskie pracujące równolegle. Znajdują się na nich po dwie głowice frezarskie, prawa i lewa pracujące współbieżnie. Głowice przesunięte są względem osi poziomej o 60 mm.

Umożliwia to obróbkę skrawaniem płaszczyzny bocznej bloku w jednym przejściu. Bloki obrabiane są jednocześnie z dwóch stron. Pomiarów zużycia poszczególnych ostrzy gładzących dokonywano bezpośrednio po określonym czasie przy pomocy lupy Brinella o wartości działki elementarnej $W = 0,1$ mm. Dodatkowo, po pełnym cyklu badań mierzono stopień zużycia na mikroskopie LEICA EZ4D z wbudowaną kamerą cyfrową.

Przykładowo na **Rys. 1** pokazano pasmo zużycia płytki skrawającej od strony powierzchni przyłożenia.



Rys. 1. Pasma zużycia płytki skrawającej od strony powierzchni przyłożenia

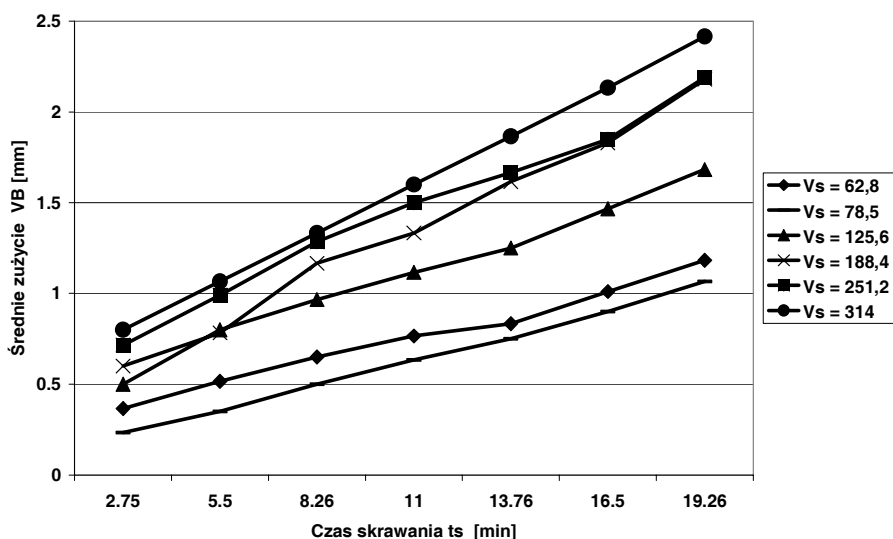
Fig. 1. Wear band of cutting plate on the part of put of surface

Wytypowany do badań materiał narzędziowy w postaci płytek wielostrzowych gatunku H10S wynikał ze stosowanej technologii produkcji. Płytki wymieniano na nowe po każdej zmianie parametrów skrawania. Łącznie wykonano 576 pomiarów, co umożliwiło statystyczne opracowanie wyników badań z wyznaczeniem przedziałów ufności zgodnie z zaleceniami ISO [L. 1].

WYNIKI BADAŃ

Pomiary zużycia ostrzy przeprowadzano po stałym czasie wynikającym z ilości przefrezowywanych bloków. W tym celu zatrzymywano linię i dokonywano pomiarów zużycia noży w sześciu sekcjach płytek gładzących oraz w czterech głowicach. Parametry skrawania głowic frezujących były identyczne. Zmiana parametrów skrawania wymagała przebrojenia głowic frezowych i zamocowanie nowych płytek skrawających. Uzyskane w ten sposób wartości zużycia posłużyły do wyznaczenia intensywno-

ści zużywania się krawędzi skrawających w funkcji czasu, przy stałym posuwie. Na **Rys. 2** przedstawiono zależność średniej wartości pasma zużycia VB w funkcji czasu skrawania. Wyniki przedstawiono bez przedziałów ufności, aby nie zaciemniać wykresu. Oszacowana niepewność pomiaru z 95% poziomem prawdopodobieństwa mieści się w granicach 14–16% i została wykonana zgodnie z zaleceniami ISO.

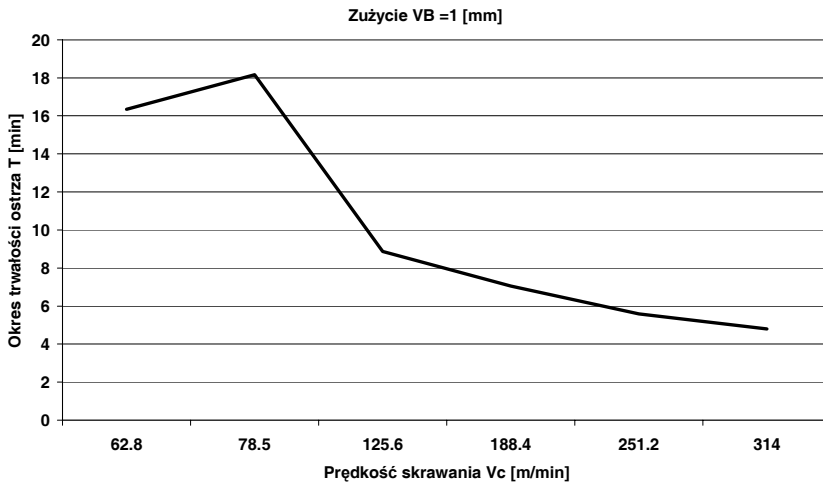


Rys. 2. Zależność średniej wartości pasma zużycia VB w funkcji czasu skrawania t_s i prędkości skrawania V_s

Fig. 2. Cutting edges wear off in the attack surface VB depending on the machining velocity and the machining period

Przyjmując jako kryterium zużycia ostrzy skrawających szerokość pasma wytarcia VB na poziomie 1 mm (jest to wartość przekraczająca dopuszczalne zużycie przy obróbce metali) wyznaczono oczekiwany przebieg zmienności okresu trwałości ostrza T w zależności od prędkości skrawania (**Rys. 3**). Można zauważyć, że w miarę wzrostu prędkości skrawania, a więc i drogi tarcia okres trwałości ostrza zmniejsza się.

Z punktu widzenia eksploatacji linii obróbkowej istotne jest, aby uzyskać jak największą wydajność objętościową przy możliwie najmniejszym zużyciu narzędzi. Efektywność pracy narzędzia można określić poprzez względny wskaźnik oporności na zużycie. Został on zdefiniowany jako logarytm z bezwzględnej wartości ilorazu zużycia liniowego



Rys. 3. Okres trwałości ostrza przy zużyciu VB = 1 [mm] w zależności od prędkości skrawania

Fig. 3. Period of blade duration by wear VB = 1 [mm] in relationship from speed of cutting

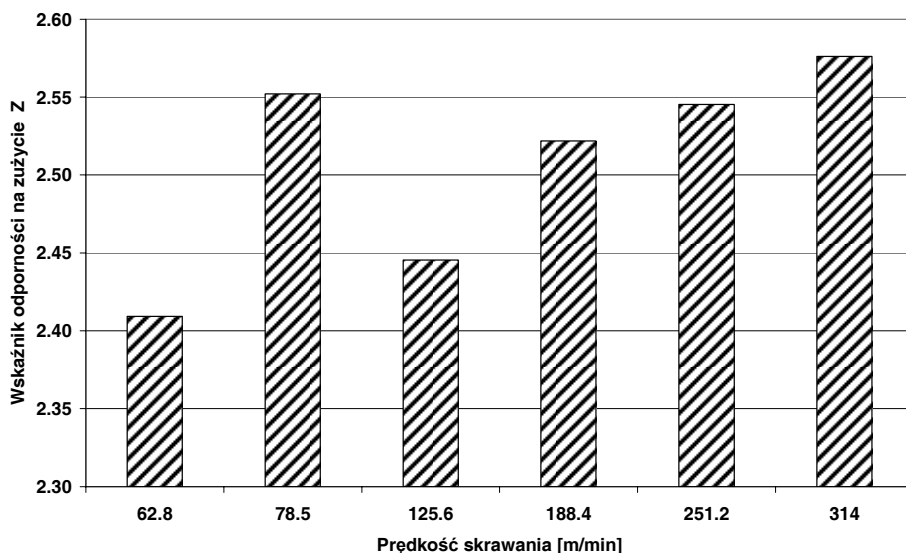
ostrza VB od strony powierzchni przyłożenia do długości drogi tarcia jaką ostrze skrawające przebyło w materiale obrabianym [L. 6]. Ze względu na bezwzględną wartość wskaźnika odporności na zużycie im większą przyjmuje on wartość, tym mniej ostrze zużywa się w stosunku do przebytej drogi tarcia.

$$Z = |\log(VB/L)|$$

gdzie: Z – wskaźnik odporności na zużycie,
 VB – starcie od strony powierzchni przyłożenia [mm],
 L – rzeczywista droga tarcia [m].

Można zauważyć, że ze wzrostem wartości wskaźnika odporności na zużycie „Z” powinna również rosnać objętościowa wydajność skrawania. Ponieważ badania przeprowadzono przy stałym posuwie wynoszącym $f = 2,5$ [m/min], wzrost prędkości skrawania powodował zmniejszenie posuwu na ząb, przez co wydajność objętościowa możliwa do uzyskania w okresie trwałości ostrza nie jest skorelowana ze wskaźnikiem odporności na zużycie „Z”. Przyjmując drogę tarcia, którą ostrze skrawające przebywa podczas frezowania czołowego, jako cykloidę wydłużoną moż-

na obliczyć rzeczywistą drogę tarcia. Jest ona dłuższa od teoretycznej i zwiększa się dla posuwu $f = 2,5$ [m/min] o 4% przy prędkości skrawania $V_s = 62,8$ [m/min] oraz o tylko 0,05% przy skrawaniu z prędkością $V_s = 314$ [m/min].

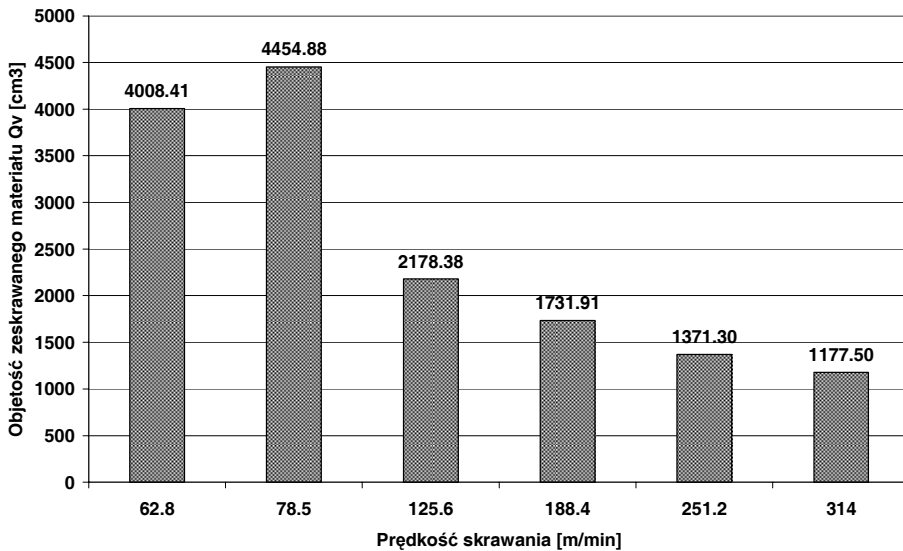


Rys. 4. Zależność względnego wskaźnika odporności na zużycie Z od prędkości skrawania przy stałym posuwie $f = 2,5$ [m/min]

Fig. 4. Relationship of relative wear resistance index Z from speed of cutting by feed constant $f = 2,5$ [m/min]

W przypadku obróbki tworzyw węglowych, gdzie naddatki obróbkowe dochodzą do 50 [mm], bardzo ważnym wskaźnikiem jest wydajność objętościowa skrawania.

Ponieważ naddatek obróbkowy zmienia się w szerokich granicach pomiarom poddano noże gładzące, które mają stałą głębokość skrawania bez względu na naddatek obróbkowy. Naddatek ten usuwany jest przez noże nadmiarowe. Racjonalna gospodarka płytkami skrawającymi powinna się opierać na ich eksploatacji aż do osiągnięcia okresu trwałości ostrza, którego kryterium przy tworzywie WPW-65 przyjęto na poziomie $VB = 1$ [mm]. Wyznaczoną objętość materiału, która zostanie zeszkrawana przez ostrza gładzące w okresie ich trwałości w zależności od prędkości skrawania, przedstawiono na **Rys. 5**.



Rys. 5. Objętość zeskrwanego materiału Q_v w okresie trwałości ostrza w zależności od prędkości skrawania

Fig. 5. Parts to cutting materials output Q_v in periods of blade duration in relationship from speed of cutting

PODSUMOWANIE

Zużycie ostrzy noży głowic frezarskich, pracujących współbieżnie przy obróbce tworzywa węglowego WPW-65, mają charakter zużycia ściernego, głównie od strony powierzchni przyłożenia. W badanym zakresie prędkości skrawania okres trwałości ostrza, dla przyjętego kryterium zużycia ma charakter malejący. Przyjmując za wskaźniki produktywności względny współczynnik odporności na zużycie oraz wydajność objętościową można wykazać, że przy posuwie czasowym wynoszącym 2,5 m/min najkorzystniejsza prędkość skrawania zarówno z punktu widzenia objętości zeskrwanego materiału, jakości powierzchni obrobionej jak i najmniejszego zużycia narzędzia wynosi $V = 78,5$ m/min, co przy średnicy efektywnej głowicy frezowej odpowiada 50 obr/min.

LITERATURA

1. Jakubiec W., Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznej. WNT Warszawa 2004.
2. Kołodziej J., Krawczyk S., Skorupa A.: Nowa konstrukcja głowic frezarskich do obróbki węglowych bloków katodowych na automatycznej linii obróbkowej. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „OM 2000” Obróbka materiałów stan obecny i kierunki rozwoju. Kraków 2000, s. 115–122.
3. Krawczyk S., Zagórski K.: Zużywanie się ostrzy frezów nożowych przy obróbce tworzyw węglowych. 7th International Symposium INSYCONT 06. Kraków 2006, s. 217–222.
4. Przybylski L., Słodki B.: The need for catalogue machining data adjustment to the local operating conditions. Postępy Technologii Maszyn i Urządzeń. Vol. 23, nr 4, 1999.
5. Skoczkowski K.: Wykładziny węglowo-grafitowe. Wydawnictwo Fundacji im. Wojciecha Świątosławskiego na Rzecz Wspierania Nauki i Potencjału Naukowego w Polsce. Gliwice 1998.
6. Słodki B., Struzikiewicz G.: Wykorzystanie względnego wskaźnika zużycia ostrza do oceny efektywności pracy narzędzia przy frezowaniu walcowym. X Jubileuszowy Kongres Eksploatacji Urządzeń Technicznych. Stare Jabłonki 2005.

Recenzent:
Jerzy SMOLIK

Summary

This article presents the results of analysis which have been carried out in industrial terms, concern wear intensity of knife blades of milling heads by machining of coal blocks. Blocks are carried out on materials WPW-65, intended for lining of the crucible of a blast furnace, are characterized high grindability, and this cause that wear intensity of abrasion tools are high. The analysis also concerned the influence of speed and feed for the intensity of abrasion wear. We determined periods of blade duration for admitted criterion of wear and volume output.

