

Prof. dr hab. inż. Maciej Jan KUPCZYK,
mgr inż. Jędrzej KOMOLKA (Politechnika Poznańska):

ZASTOSOWANIE XRF ORAZ SEM W PORÓWNAWCZYCH BADANIACH WŁAŚCIWOŚCI OSTRZY SKRAWAJĄCYCH Z KONWENCJONALNEJ I SPIEKANEJ STALI SZYBKOTNĄCEJ

Streszczenie

Zaprezentowano wybrane badania właściwości technologicznych i eksploatacyjnych ostrzy skrawających ze stali konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej o podobnym składzie chemicznym. Badania właściwości technologicznych i eksploatacyjnych mają charakter porównawczy i dotyczą m.in. oceny składu chemicznego, twardości i struktury oraz trwałości w procesie skrawania stali do ulepszania cieplnego. Do porównawczej oceny właściwości technologicznych ostrzy skrawających ze stali konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej zastosowano m.in. spektrometr fluorescencji rentgenowskiej i mikroskop skaningowy. Właściwości technologiczne ostrzy skrawających zweryfikowano w badaniach ich właściwości eksploatacyjnych. Oprócz wniosków z dokonanych obserwacji i analiz zamieszczono wytyczne do dalszych badań.

Słowa kluczowe: *konwencjonalne i spiekane stale szybko tnące, właściwości*

APPLICATION OF XRF AND SEM IN COMPARATIVE STUDY OF TECHNOLOGICAL OF CUTTING EDGES MADE OF CONVENTIONAL AND SINTERED HIGH SPEED STEEL

Abstract

In the article selected fragments of investigations of technological properties of cutting edges made of conventional and sintered high speed steel with similar chemical composition are presented. Investigations of technological properties have comparative character and concern among other things estimation of chemical composition, hardness, structure and durability during toughening steel machining. To comparative estimation of technological properties of edges made of conventional and sintered high-speed steels using among other things X-Ray Fluorescence Spectrometer and Scanning Electron Microscopy. Technological properties were verified in study of functional properties. At the end of article are presented conclusions result from observations and analysis and directions of farther study.

Keywords: *conventional and sintered high speed steel, properties*

ZASTOSOWANIE XRF ORAZ SEM W PORÓWNAWCZYCH BADANIACH WŁAŚCIWOŚCI OSTRZY SKRAWAJĄCYCH Z KONWENCJONALNEJ I SPIEKANEJ STALI SZYBKOTNĄCEJ

Maciej Jan KUPCZYK¹, Jędrzej KOMOLKA²

1. WSTĘP - CEL I ZAKRES BADAŃ

Pomimo szybkiego rozwoju materiałów na ostrza skrawające, stal szybko tnąca wciąż znajduje zastosowanie przy umiarkowanych prędkościach skrawania ze względu na znaczną wytrzymałość na zginanie i skręcanie w porównaniu z innymi materiałami narzędziowymi [2, 8]. Istotny wpływ na skrawność ostrzy ze stali szybko tnącej ma jej struktura. Najważniejszym składnikiem struktury stali szybko tnących są fazy węglkowe, których udział (węglków pierwotnych i wtórnych) oraz ich dyspersja mają kluczowy wpływ na końcowe właściwości stali i jej anizotropowość. Wiele artykułów w fachowych czasopismach dotyczy możliwości modyfikacji właściwości stali szybko tnących dzięki metodzie spiekania, jednak w żadnym z nich nie napotkano na bezpośrednie porównanie wpływu mikrostruktury na jej właściwości technologiczne i użytkowe dla tego samego gatunku stali szybko tnącej (o tym samym lub podobnym składzie chemicznym), różniącego się technologią wytwarzania. Wytworzona stal powinna charakteryzować się drobnoziarnistością, a przede wszystkim równomiernym rozłożeniem węglków [1-5, 7, 8].

Ostatecznym celem badań, których fragmenty przedstawiono w niniejszym artykule, jest ocena, czy metalurgia proszków jest właściwym kierunkiem poprawy właściwości skrawnych ostrzy skrawających ze stali szybko tnących, gdyż jak się wydaje, stale szybko tnące wytwarzane w sposób konwencjonalny osiągnęły już kres swoich właściwości eksploatacyjnych, a zwłaszcza określenie zakresu stosowalności stali spiekanych w porównaniu ze stalami konwencjonalnymi.

¹) Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3

²) Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3

2. MATERIAŁ ZASTOSOWANY W BADANIACH

2.1. OPIS MATERIAŁU NA OSTRZA SKRAWAJĄCE

Do badań wybrano i przygotowano materiał na dwa rodzaje wieloostrowych płytek skrawających z konwencjonalnej HS6-5-2 oraz spiekanej PM6-5-2 stali szybko tnącej. Podyktowane było to powszechnym stosowaniem tego gatunku stali znanego dawniej pod symbolem SW7M.

W tabeli 1 przedstawiono orientacyjny skład chemiczny stali konwencjonalnej i spiekanej [8].

Tab. 1. Orientacyjny skład chemiczny konwencjonalnej (HS6-5-2) i spiekanej (PM6-5-2) stali

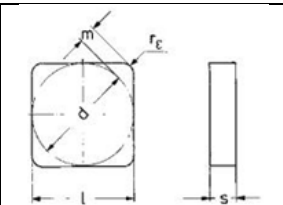
Wyszczególnienie	Skład chemiczny [%]					
	C	W	Mo	V	Cr	Mn
Stal konwencjonalna	0,8-0,84	5,9-6,7	4,7-5,2	1,7-2,0	4,2	0,4
Stal spiekana	1,0	6,0	5,0	2,0	4,5	0,3

Płytki skrawające ze spiekanej stali szybko tnącej otrzymano z półfabrykatu handlowego w formie płaskownika. Płytki skrawające z konwencjonalnej stali pozyskano z wyrobów hutniczych w postaci kęsów. W stanie dostawy oba rodzaje stali użytych do badań były w stanie zmiękczone.

Następnym etapem było szlifowanie kęsów z konwencjonalnej stali szybko tnącej i płaskowników ze spiekanej stali szybko tnącej do określonej grubości na szlifierce do płaszczyzn i wycięcie z nich płytek skrawających za pomocą elektrodrażarki drutowej firmy Agiecut model Classic 2.

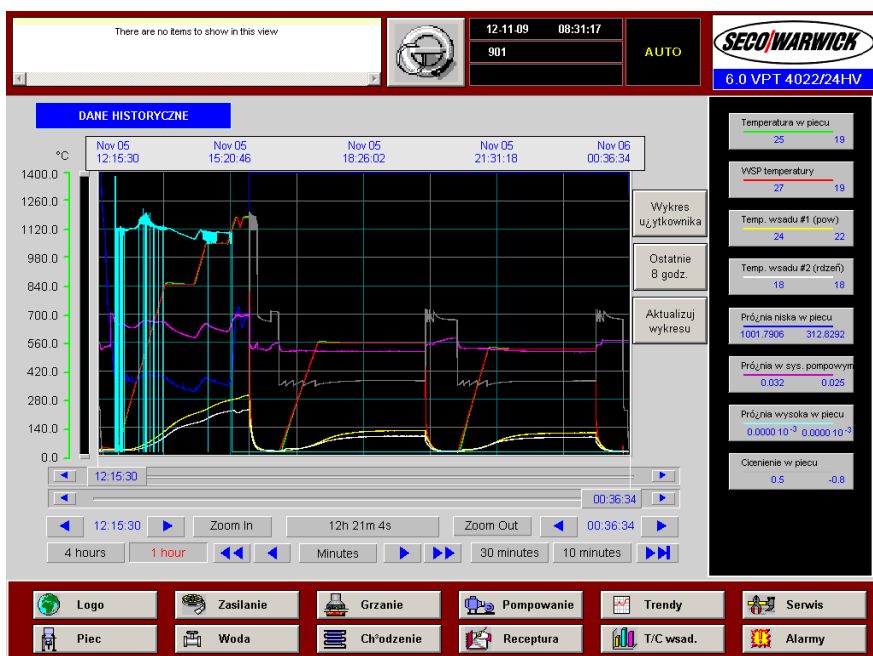
Z powyższych stali szybko tnących wykonano płytki skrawające typu SNUN o kształcie prostopadłościennym z kątem wierzchołkowym 90°. Płytki o tej geometrii przeznaczone są do obróbki stopów żarowytrzymałych, stali nierdzewnych, stali stopowych i miękkich stali o niskiej zawartości węgla [11]. Wymiary i kształt wyciętych płytek skrawających przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wymiary płytek skrawających zastosowanych w badaniach

Wielkość	$l = d$ [mm]	s [mm]	r_g [mm]	m [mm]	
Wartość	9,525	3,18	0,8	1,644	

Oczekiwane właściwości stali SW7M (HS6-5-2, PM6-5-2) uzyskuje się po obróbce cieplnej polegającej na hartowaniu i odpuszczaniu. W celu uzyskania wysokiej twardości wynoszącej ok. 65 HRC, przyjęto temperaturę austenitowania 1150°C, a temperaturę odpuszczania 560°C. Powyższe wartości temperatury pozwalają na chwilowe nagrzewanie ostrza w procesie skrawania do 500°C bez ryzyka jego istotnego zmiękczenia ciepłem skrawania. Właściwie dobrana temperatura odpuszczania umożliwia powstanie zjawiska twardości wtórnej. Tak przygotowane ostrza zachowują zdatność do skrawania w podwyższonej temperaturze bliskiej temperaturze odpuszczania materiału ostrza [4 ,6, 8].

Ze względu na stosunkowo małą przewodność cieplną materiał podgrzewany był stopniowo. Powodem, dla którego cały proces odbył się w próżni było ryzyko odweglenia i utlenienia. Na rysunku 1 przedstawiono przebieg obróbki cieplnej. Do tego celu użyto pieca próżniowego SECO/WARWICK typu 6.0VPT-4022/24IQHV produkcji polskiej z systemem wysokiej próżni.



Rys. 1. Przebieg obróbki cieplnej płytek ze stali szybkołącznej w piecu próżniowym SECO/WARWICK typu 6.0VPT-4022/24IQHV (źródło własne)

2.2. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU OBRABIANEGO

W badaniach zastosowano materiał obrabiany w postaci wałków o średnicy ϕ 110 mm o długości 350 mm ze stali do ulepszenia cieplnego 40HM-T o twardości

30 HRC. Jest to gatunek stosowany na odpowiedzialne elementy o dużej wytrzymałości i ciągliwości. Granica plastyczności wynosi 880 MPa, a wytrzymałość na rozciąganie 1030 MPa. W tabeli 3 przedstawiono skład chemiczny stali 40HM-T [4].

Tab. 3. Orientacyjny skład chemiczny stali 40HM-T według PN-EN ISO 4597

Skład chemiczny [%]									
C	Mn	Si	P, S	Cr	Ni	Mo	W	V	Cu
0,38-0,45	0,4-0,7	0,17-0,37	<0,035	0,8-1,2	<0,3	0,15-0,25	<0,2	0,05	<0,25

3. BADANIA WŁAŚCIWOŚCI TECHNOLOGICZNYCH

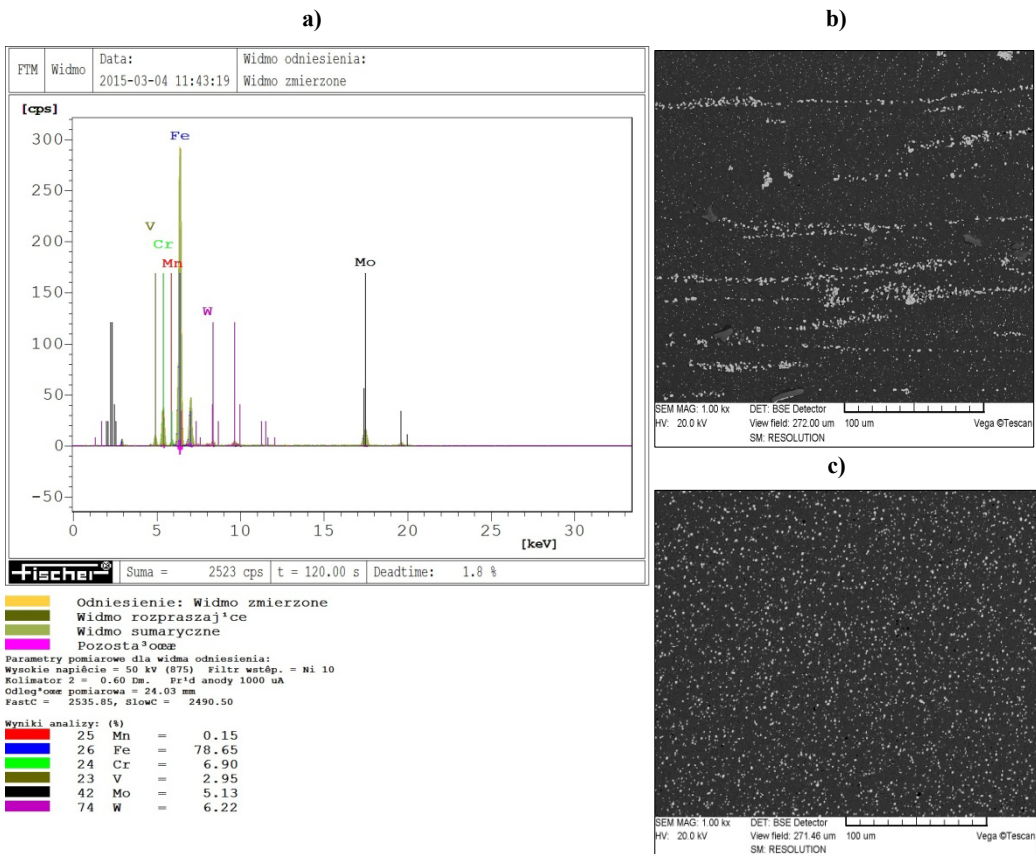
Do pomiaru twardości metodą Vickersa zastosowano twardościomierz PICODENTOR HM500 firmy Fischer. Twardość określano przy obciążeniu węgelnika siłą 30 kG przez 20 s zgodnie z odpowiednią normą. Jednym z warunków poprawnego pomiaru twardości jest przygotowanie powierzchni badanego materiału tak, aby jej chropowatość była co najmniej 10-krotnie mniejsza niż głębokość, na jaką węgelnik wnika w materiał. W tym celu powierzchnie płytek polerowano. Po procesie polerowania płytki zostały odłuszczone.

W badaniach twardości, wykonano po 3 odciski dla każdego ostrza, pamiętając o tym, aby odległość między nimi była równa co najmniej 3 przekątnym odciskom. Jak wykazały pomiary, twardość ostrzy ze stali spiekanej jest o około 5% większa i wynosiła odpowiednio dla stali spiekanej średnio 1030,5 HV30, a dla konwencjonalnej 982,3 HV30 i odpowiadała danym firmy Sandvick [11].

Rzeczywisty skład chemiczny ostrzy skrawających sprawdzono za pomocą spektrometru fluorescencji rentgenowskiej – Fischerscope X-ray XDV-SDD Fisher [10]. Przykładowe wyniki tych badań podano na rys. 2a.

Wykonano po 8 pomiarów składu chemicznego konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej. Średnie wartości zawartości pierwiastków stopowych nie odbiegały istotnie od podanych w tabeli 1, co stwierdzono na podstawie obliczeń istotności różnicy wartości średnich między wartościami zakładanymi i zmierzonymi dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ i liczby stopni swobody 7.

Przy pomocy mikroskopu skaningowego Tescan Vega 5135 wykonano serię zdjęć ostrzy z konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej. Przykładowe obrazy utworzone przez elektrony wtórne konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej przedstawiono na rys. 2b i 2c.



Rys. 2. Obraz: a) mikroanalizy składu chemicznego ostrzy z konwencjonalnej stali szybko tnącej HS6-5-2 oraz zdjęcia mikroskopowe ostrzy ze stali szybko tnącej: b) konwencjonalnej, c) spiekanej

Zdjęcia potwierdziły bardziej równomierne rozmieszczenie węglików w osnowie w przypadku stali spiekanej.

Dla konwencjonalnej stali szybko tnącej można było zauważyć, że węgliki nie są równomierne rozłożone i tworzą miejscami pasmowe skupiska, co jest typowym objawem występującym w przypadku stali szybko tnących poddanych walcowaniu, kuciu wydłużającemu lub kuciu wydłużającemu z pośrednim spęczaniem.

3.1. WERYFIKACYJNE BADANIA UŻYTKOWE

Badania zużycia i trwałości ostrzy skrawających prowadzono w procesie toczenia wzdłużnego.

Przyjęto następujące warunki obróbki:

- prędkość skrawania $v_c = 33,75; 42,90; 59,86$ [m/min.],

- posuw $f = 0,20$ [mm/obr.],
- głębokość skrawania $a_p = 0,75$ [mm],
- skrawanie „na sucho” lub w obecności płynu chłodząco-smarującego,
- materiał obrabiany stal 40 HM-T.

Podczas toczenia stosowano ciecz obróbkową w postaci półsyntetycznej emulsji Statoil Toolway S455N produkcji norweskiej. Norma PN-ISO 3685:1996 dotycząca badań ostrzy ze stali szybko tnących zaleca stosowanie cieczy chłodząco-smarującej w celu uzyskania dominacji zużycia ściernego ostrzy, bez znaczącego udziału zużycia adhezyjnego, dyfuzyjnego, cieplnego czy chemicznego. W badaniach zaobserwowano, że w obecności cieczy obróbkowej praktycznie nie występują inne postacie zużycia poza zużyciem ściernym.

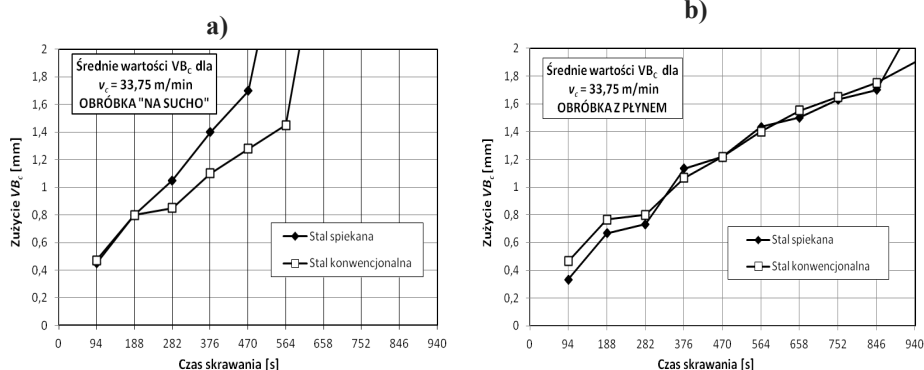
Trwałość ostrza najczęściej określa się jako czas skrawania do chwili osiągnięcia przyjętej wartości umownego wskaźnika stępienia. Biorąc pod uwagę krzywe zużycia uzyskane w badaniach wstępnych oraz dane z innych publikacji i norm: PN-83/M-58350; PN-ISO 3685, za wskaźnik stępienia przyjęto szerokość pasma zużycia naroża od strony powierzchni przyłożenia $VB_c = 1,6$ mm [3, 8]. Wartość VB_c mierzono za pomocą lupki Brinella.

Przedmiotem badań były płytki skrawające ze stali szybko tnących wytworzonych:

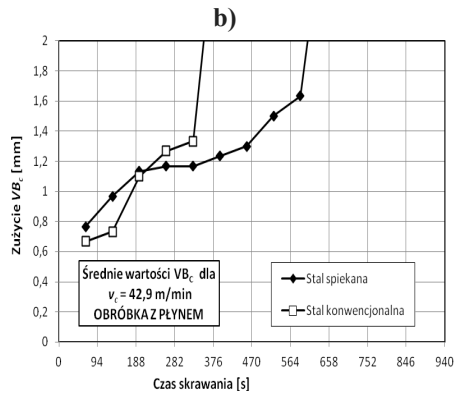
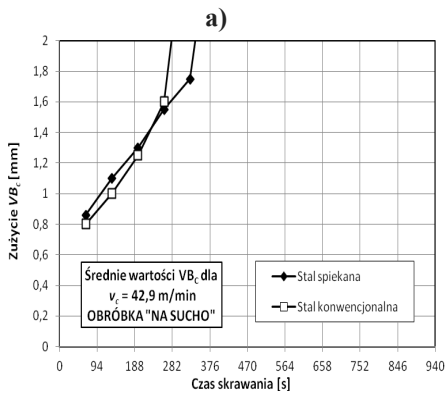
- konwencjonalnie (HS6-5-2),
- w procesie metalurgii proszków (PM6-5-2).

Przed przekazaniem płytek do badań przeprowadzono oględziny powierzchni natarcia, przyłożenia i krawędzi skrawającej. Żadna z płytek nie miała defektów w postaci wykruszeń, wyszczerbień czy pęknięć.

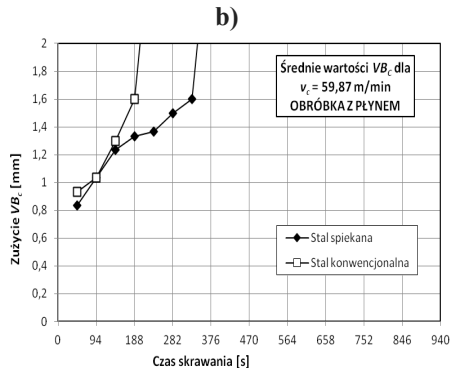
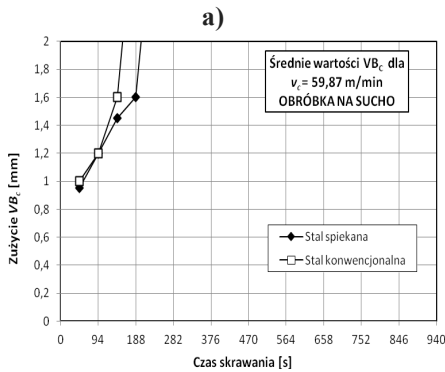
Na rysunkach 3-5 przedstawiono wykresy zużycia ostrzy z obu zastosowanych rodzajów stali szybko tnących – bez i z użyciem płynu chłodząco-smarującego.



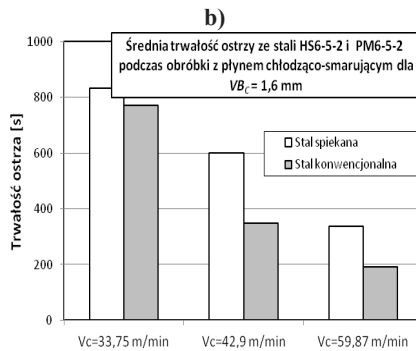
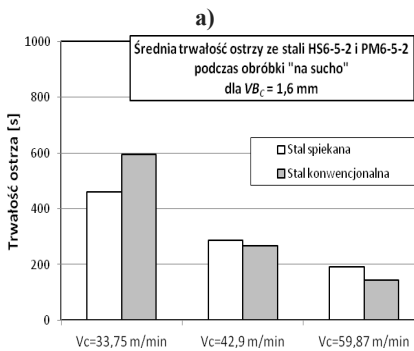
Rys. 3. Wykresy zużycia ostrzy skrawających z konwencjonalnej HS6-5-2 i spiekanej PM6-5-2 stali szybko tnącej podczas obróbki stali 40HM-T: a) obróbka „na sucho” (bez płynu chłodząco-smarującego), b) z płynem chłodząco-smarującym dla prędkości skrawania $v_c = 33,75$ m/min,



Rys. 4. Wykresy zużycia ostrzy skrawających z konwencjonalnej HS6-5-2 i spiekanej PM6-5-2 stali szybko tnącej: a) obróbka „na sucho”, b) z płynem chłodząco-smarującym dla $v_c = 42,90$ m/min,



Rys. 5. Wykresy zużycia ostrzy skrawających z konwencjonalnej HS6-5-2 i spiekanej PM6-5-2 stali szybko tnącej: a) obróbka „na sucho”, b) z płynem chłodząco-smarującym dla $v_c = 59,87$ m/min



Rys. 6. Średnia trwałość ostrzy z konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej a) bez, b) z emulsją

Na podstawie uzyskanych krzywych zużycia wyznaczono trwałości ostrzy skrawających dla wskaźnika stopienia $V/B_c = 1,6$ mm. Wyniki trwałości ostrzy z konwencjonalnej i spiekanej stali szybko tnącej przy obróbce stali 40HM-T bez oraz z płynem chłodząco-smarującym przedstawiono na rys. 6.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Jak wynika z przeprowadzonych badań, ostrza skrawające wykonane ze stali spiekanej wykazują nieco lepsze właściwości technologiczne (np. większą średnią twardość, bardziej równomierny rozkład węglików – brak niekorzystnej pasmowości powstającej w procesach kucia lub walcowania konwencjonalnych stali szybko tnących).

Wyniki i obserwacje poczynione podczas badań właściwości technologicznych znalazły swoje odzwierciedlenie w wynikach badaniach właściwości eksploatacyjnych ostrzy skrawających w obecności płynu chłodząco-smarującego. Ostrza skrawające ze spiekanej stali szybko tnącej wykazywały szczególnie dużą trwałością w stosunku do ostrzy z konwencjonalnej stali szybko tnącej przy większych zastosowanych wartościach prędkości skrawania ($v_c = 42,9$ m/min i $59,87$ m/min).

W warunkach skrawania „na sucho” (bez płynu chłodząco-smarującego) ostrza skrawające z konwencjonalnej stali szybko tnącej dla najmniejszej z zastosowanych prędkości skrawania ($v_c = 33,75$ m/min) charakteryzowały się większą trwałością od stali spiekanych. Wyjaśnienie tego stało się przedmiotem dalszych badań. Prowadzone są one m.in. pod kątem wpływu morfologii powierzchni na właściwości technologiczne i eksploatacyjne ostrzy skrawających [9].

LITERATURA

- [1] BOLTON JD, GANT AJ., *Heat treatment of PM HSS metal matrix composites*, Proceedings of European Conference on Advanced PM Materials, Birmingam, 1995, 1:388-95.
- [2] CICHOSZ P., *Narzędzia skrawające*, WNT, Warszawa 2006.
- [3] DMOCHOWSKI J., *Podstawy obróbki skrawaniem*, PWN, Warszawa 1978.
- [4] DOBRZAŃSKI A., *Metaloznawstwo i obróbka cieplna materiałów narzędziowych*, WNT, Warszawa 1990.
- [5] DOBRZAŃSKI A., *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo*, Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. WNT, Warszawa 2002.
- [6] GÓRSKI E., *Poradnik narzędziowca*, WNT, Warszawa 1989.
- [7] HARLIN P., OLSSON M., *Abrasive wear resistance of starch consolidated and sintered high speed steel*, *Wear* 267 2009, 1482-1489.
- [8] KUPCZYK M.J., *Wytwarzanie i eksploatacja narzędzi skrawających z powłokami przeciwzużyciowymi*, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009.
- [9] KUPCZYK M.J., KOMOLKA J., *Dokumentacja z badań jakości stali szybko tnących*, Materiały Pracowni Podstaw Technologii Politechniki Poznańskiej, Poznań 2015 (niepublikowane).
- [10] Materiały firmy Fischer, 2010.
- [11] Materiały firmy Sandvik, 2006.