

BADANIA ZUŻYCIAPŁYTEK SKRAWAJĄCYCH Z WĘGLIKÓW SPIEKANYCH W GATUNKU GC4325 Z POWŁOKĄ INVEIO i GC4215

Wojciech STACHURSKI¹, StanisławMIDERA¹

1. WSTĘP

Jednym z najważniejszych wyzwań stawianych firmom narzędziowym, w odpowiedzi na wymagania przemysłu dotyczące wzrostu wydajności i obniżenia kosztów produkcji, jest ciągle opracowywanie nowych technologii dla wytwarzania narzędzi skrawających. Narzędzia skrawające są udoskonalane m.in. poprzez wprowadzanie nowych materiałów narzędziowych oraz powłok na ostrza.

W obszarze materiałów narzędziowych wiodącą grupą są węgliki spiekane, które stanowią około połowy wszystkich stosowanych materiałów [1]. Właściwości mechaniczne i skrawane węglików spiekanych silnie zależą od ich składu chemicznego, technologii ich otrzymywania oraz wielkości ziaren węglkowych. W celu poprawy omawianych właściwości stosuje się np. technologie wytwarzania wykorzystujące izostatyczne prasowanie na gorąco (wzrost wytrzymałości na zginanie) lub zmniejszanie wielkości ziaren węglków (wzrost twardości). Innym sposobem poprawy właściwości węglków spiekanych jest ich wytwarzanie z materiałów, tzw. odmiany gradientowej, dla której zmieniają się one w określonym kierunku, np. od powierzchni w głąb materiału. Materiały gradientowe łączą ze sobą dwie przeciwstawne właściwości materiałów narzędziowych, tj. dużą twardość i wytrzymałość na zginanie. Ponadto, dzięki swojej strukturze i budowie, zwiększają przyczepność i odporność na pęknięcia powłok nakładanych na ostrze oraz stabilność krawędzi skrawającej [2, 3].

Dodatkowo właściwości narzędzi skrawających wykonanych z węglków spiekanych wzmacniane są poprzez nakładanie powłok ochronnych, zwłaszcza

¹ Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i TBM, 90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15

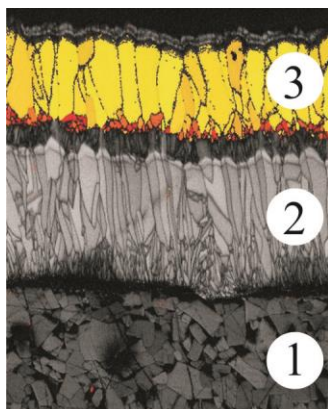
powłok wielowarstwowych. Głównym celem ich stosowania jest ograniczenie zużycia ostrza skrawającego. Materiały stosowane na powłoki różnią się między sobą właściwościami wpływającymi korzystnie na właściwości skrawne i eksploatacyjne ostrza [2, 3].

Jak wspomniano na początku powodem wprowadzania zmian opisanych powyżej jest wzrost wydajności i obniżenie kosztów produkcji, co można osiągnąć przez zwiększenie trwałości płytek skrawających. W praktyce, jako wskaźnik charakterystyczny zużycia, przyjmowany jest wskaźnik zużycia na powierzchni przyłożenia VB , a jego zmiany dają pogląd o zdolnościach skrawnych ostrza. Należy pamiętać, że postępujące w czasie zużycie krawędzi skrawającej, zwłaszcza to pojawiające się na powierzchni przyłożenia powoduje stopniowe pogarszanie jakości powierzchni obrobionej, w szczególności jej chropowatości [3, 4].

W związku z powyższym istotne jest sprawdzenie w jakim stopniu wprowadzanie nowych gatunków węglików spiekanych oraz powłok ochronnych wpływa na przebieg zużycia ostrza skrawającego, a także w jaki sposób zużycie narzędzia wpływa na chropowatość powierzchni obrobionej. Autorzy przeprowadzili próby toczenia płytką skrawającą z węglików spiekanych w gatunku GC4325 z powłoką Inveio, dla porównania, płytką w gatunku GC4215 z powłoką o tradycyjnej budowie [5]. Poniżej przedstawiono przebieg tych badań dla wybranych warunków obróbki.

2. NOWY GATUNEK WĘGLIKÓW SPIEKANYCH GC4325 Z POWŁOKĄ INVEIO

Firma Sandvik posiada w ofercie [5, 6] płytki skrawające do noży tokarskich wykonane z węglików spiekanych w gatunku GC4325 z powłoką wielowarstwową, dla uzyskania której zastosowano technologię Inveio. Według danych producenta [7, 8] płytki w tym gatunku przeznaczone są do toczenia stali (obszar P25) przy średnich warunkach obróbki. Płytki te mają złożoną budowę, a w jej skład wchodzi (rys. 1) [5]:



Podłoże (1) – rdzeń płytki wykonany z węglików spiekanych o drobnoziarnistej strukturze gradientowej. Warstwa przypowierzchniowa jest wzbogacona kobaltem, co zmniejsza podatność płytki na powstawanie pęknięć i zabezpiecza ją przed wyłamaniem.

Powłoka:

– *warstwa wewnętrzna* (2) – drobnoziarnista warstwa TiCN o strukturze kolumnowej, odznaczająca się twardością i odpornością na zużycie ściernie,

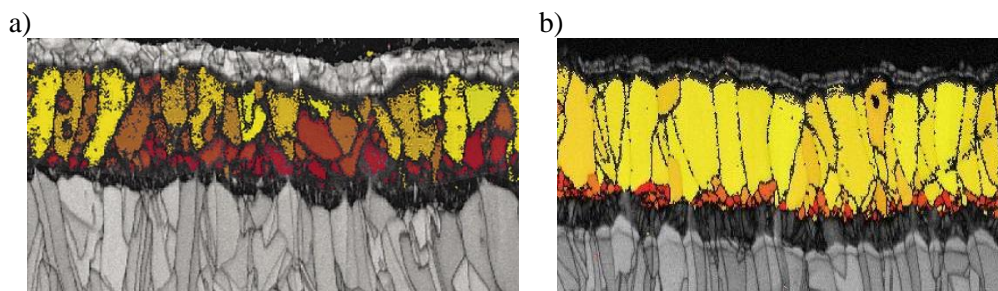
– *warstwa Inveio* (3) – warstwa tlenku glinu nakładana metodą CVD,

– *warstwa zewnętrzna* – warstwa TiN na

Rys. 1. Budowa płytki GC4325 [5]

powierzchni przyłożenia płytki (nie pokazano na rys. 1).

W przeciwieństwie do tradycyjnie nakładanych warstw z tlenku glinu (metodą CVD), gdzie kierunek wzrostu ziaren jest przypadkowy, w warstwie Inveio struktura krystaliczna ziaren została zorientowana w tym samym kierunku. Różnicę tę pokazano na obrazach mikroskopowych (rys. 2), na których przypadkowa orientacja ziaren oznaczona jest kolorami od czerwonego do żółtego (rys. 2a), zaś ziarna o strukturze jednokierunkowej kolorem żółtym (rys. 2b) [8].



Rys. 2. Warstwa tlenku glinu: a) nakładana tradycyjnie, b) nakładana technologią Inveio [8]

Zdaniem firmy Sandvik [8] uporządkowanie kryształów jest korzystne z kilku powodów:

- gęsto upakowane płaszczyzny atomów są zwrócone w kierunku powierzchni płytki, strefy skrawania i formowania wiórów, przez co są bardziej odporne na zużycie,
- ciepło powstające na powierzchni płytki łatwiej ulega rozproszeniu wzdłuż płaszczyzn sieciowych, jak najdalej od strefy skrawania,
- ukierunkowanie propagacji pęknięć sprawia, że pęknięcia powstają wzdłuż najsłabszej części, poziomo, a sam proces zużycia postępuje wolniej.

3. WARUNKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Toczenie przeprowadzono na tokarce numerycznej Haas SL10. Próbki wykonano ze stali węglowej do ulepszenia cieplnego C45 w stanie normalizowanym (twardość 17–19 HRC). Jako narzędzia użyto składany nóż tokarski do toczenia zewnętrznego firmy Sandvik (PTG NR 2020 K16 - wg norm ISO) [5]. W układzie narzędzia kąt przystawienia wynosi $\kappa_r=91^\circ$, zaś kąt przyłożenia $\alpha_n=0^\circ$. W oprawce mocowano dwa rodzaje płytek skrawających TNMG 160408 PFz narożem promieniowym $r_\epsilon=0,8$ mm:

- wykonaną z węglików spiekanych z gatunku GC4325 z powłoką Inveio,
- wykonaną z węglików spiekanych z gatunku GC4215 z powłoką tradycyjną.

Badania realizowano dla parametrów zestawionych w tabeli 1. Parametry zostały wybrane na podstawie wcześniejszych prac prowadzonych przez autorów oraz danych

producenta [9,10, 11, 12]. Badania prowadzono bez udziału cieczy obróbkowej.

Tabela 1. Warunki obróbki

prędkość skrawania v_c [m/min]	415
Posuw f [mm/obr]	0,1
głębokość skrawania a_p [mm]	1
bez udziału cieczy obróbkowej	

Próby trwałościowe wykonano mierząc jednocześnie zużycie narzędzia i chropowatość powierzchni obrobionej. Dominującą odmianą zużycia było zużycie mechaniczne ściernie, głównie objawiające się starciem na powierzchni przyłożenia. Jako wskaźnik zużycia ostrza przyjęto największą szerokość pasma zużycia na tej powierzchni – VB_{Bmax} . Geometryczne kryterium stępienia przyjęto na poziomie 0,5 mm [2, 3] i po przekroczeniu tej wartości przerywano obróbkę.

Pomiary zużycia wykonano przy pomocy mikroskopu warsztatowego MWDC z odczytem cyfrowym. Wartość działki elementarnej mikroskopu $w_e=0,001$ mm.

Pomiary chropowatości wykonano profilometrem T8000 firmy Hommelwerke. Do porównywania użyto parametru Ra , powszechnie stosowanego do opisu chropowatości w warunkach przemysłowych [13]. Odcinek pomiarowy Lt wynosił 4,8 mm i składał się z 6 odcinków elementarnych $Lc=0,8$ mm. Dla każdej mierzonej powierzchni wykonano trzy pomiary. Wartość średnia z tych pomiarów była podawana jako wartość chropowatości mierzonej próbki.

3. WYNIKI BADAŃ

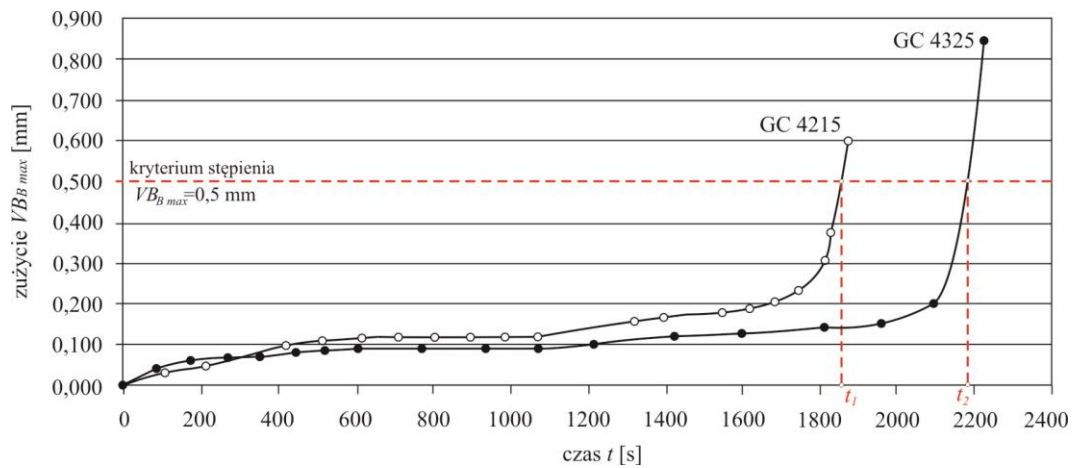
Wyniki pomiarów zużycia VB_{Bmax} oraz chropowatości Ra przedstawiono w tabeli 2. Na podstawie tych danych sporządzono wykres przebiegów krzywych zużycia ostrzy skrawających (rys. 3) oraz wykres zmian wartości Ra w trakcie obróbki (rys. 5).

Przebiegi krzywych zużycia, przedstawione na rys. 3 w postaci krzywych Lorentza, prezentują pełny charakter zużycia podzielony na trzy etapy (fazy) [2, 3, 4]. Odcinki krzywych należące do fazy normalnej pracy narzędzia stanowią 85–95% całkowitego czasu skrawania. Zastosowanie płytki GC4325 nie zmieniło charakteru przebiegu zużycia, np. poprzez wyeliminowanie fazy docierania, spowodowało jednak wydłużenie czasu zużycia normalnego (faza druga).

Na podstawie rys. 3 ustalono, że zastosowanie ostrzy węglkowych z gatunku GC4325 znacznie wydłuża okres trwałości w porównaniu z GC4215. Dla płytki z powłoką Inveio czas do osiągnięcia stępienia kryterialnego wynosił $t_2=2120$ sekund (~35,3 min). W przypadku płytki z powłoką tradycyjną czas ten wynosił $t_1=1845$ sekund (~30,8 min), był więc o ponad 4,5 minuty krótszy od konkurencyjnej płytki.

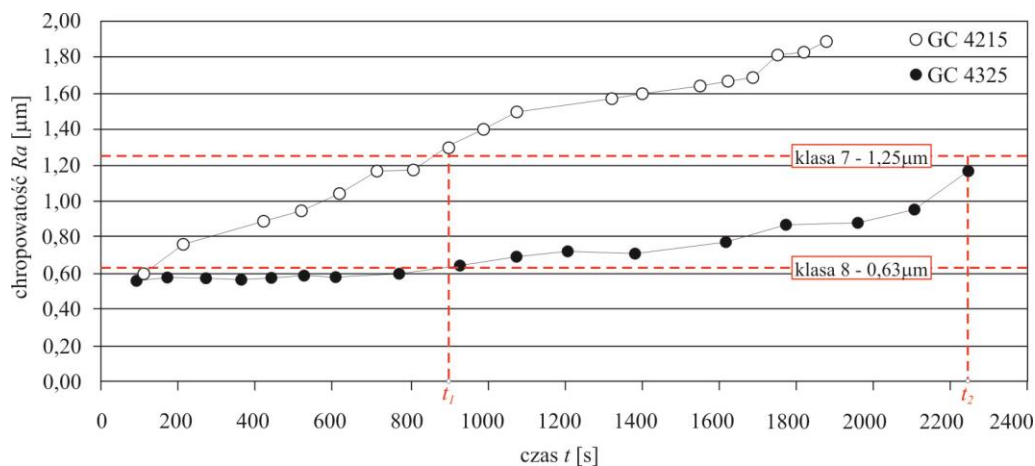
Tabela 2. Wartości parametrów VB_{Bmax} i Ra

TNMG 16 04 08 PF					
GC 4325			GC 4215		
czas t [s]	VB_{Bmax} [mm]	Ra [μm]	czas t [s]	VB_{Bmax} [mm]	Ra [μm]
0	0,000		0	0,000	
90	0,040	0,57	108	0,035	0,61
180	0,060	0,58	213	0,050	0,76
269	0,070	0,58	418	0,100	0,89
356	0,070	0,59	518	0,110	0,95
442	0,080	0,59	616	0,120	1,05
526	0,085	0,60	712	0,120	1,17
609	0,090	0,60	805	0,120	1,18
770	0,090	0,60	896	0,120	1,31
924	0,090	0,63	985	0,120	1,41
1072	0,090	0,67	1072	0,120	1,50
1214	0,100	0,72	1320	0,160	1,57
1416	0,120	0,72	1398	0,175	1,60
1605	0,125	0,77	1548	0,180	1,64
1780	0,140	0,84	1618	0,190	1,67
1942	0,160	0,84	1685	0,205	1,69
2090	0,200	0,92	1749	0,235	1,81
2225	0,840	0,98	1812	0,310	1,83
			1874	0,600	1,88



Rys. 3. Przebiegi zużycia VB_{Bmax}

Na rys. 4 przedstawiono wykres zmian parametru Ra powierzchni obrobionej uzyskiwanych w całym okresie trwałości.

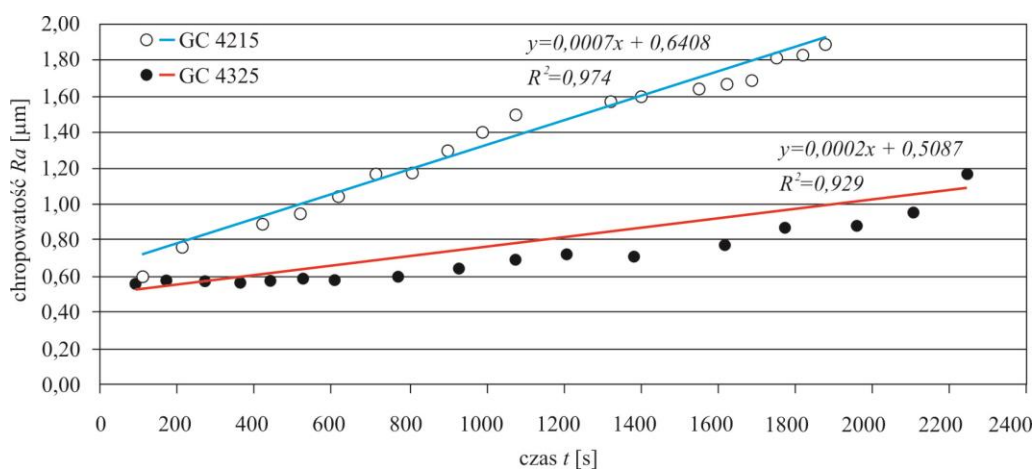


Rys. 4. Zmiany chropowatości Ra na powierzchni obrobionej
(na rysunku użyto określenia klasy chropowatości wg nieobowiązującej już PN)

Z rysunku powyżej wynika, że chropowatość powierzchni obrobionej rośnie wraz ze wzrostem zużycia narzędzia. Najmniejsze wartości Ra uzyskiwano dla płytki GC4325. Wartości Ra dla płytki GC4215 były większe o ok. 30% na początku okresu trwałości, po czym różnica ta znacząco wzrastała wraz z upływem czasu obróbki osiągając ok. 120% w końcowej jego fazie.

Przyjęto, że technologicznym kryterium stopienia będzie osiągnięcie parametru Ra a poziomie $1,25 \mu\text{m}$. Płytką GC4215 osiągnęła ten poziom po upływie czasu $t_1=896$ sekund (~15 min). W przypadku obróbki płytką GC4325 do ok. 900 sekundy (ok. 15 min) uzyskiwany parametr Ra nie przekraczał wartości chropowatości $0,63 \mu\text{m}$. Warto podkreślić, że w momencie przerwania obróbki, tj. w $t_2=2225$ sek. (~37 min), zmierzono wartość Ra równą $0,98 \mu\text{m}$, nie osiągając tym samym w całym okresie trwałości granicznej wartości parametru $Ra = 1,25 \mu\text{m}$. Porównując czasy t_1 i t_2 widać, że płytką GC4325 z powłoką Inveio osiągnęła 2,5 razy większą trwałość w porównaniu z płytką GC4215 z powłoką tradycyjną.

Rys. 5 przedstawia wartości parametru Ra dla każdej z płytek z naniesionymi liniami trendu opisanymi równaniami prostej w postaci kierunkowej. Współczynniki kierunkowe tych równań informujące o kącie nachylenia prostej wskazują na intensywniejsze pogarszanie się chropowatości powierzchni obrabianej w przypadku użycia płytki GC4215 z powłoką tradycyjną. Wartości współczynników determinacji R^2 wskazują na bardzo dobre dopasowanie modeli liniowych.



Rys. 5. Zmiany chropowatości R_a – linie trendu i równania je opisujące

5. WNIOSKI

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że dla opisanych powyżej warunków obróbki:

- 1) zastosowanie płytki skrawającej w nowym gatunku GC 4325 z powłoką Inveio pozwala na wydłużenie czasu skrawania o ok. 15% w porównaniu z płytką GC4215 z powłoką tradycyjną. Obróbka była prowadzona do osiągnięcia stopienia kryterialnego $VB_{B\max}=0,5$ mm.
- 2) chropowatość powierzchni obrobionej (R_a) płytką GC4325 jest dużo mniejsza niż w przypadku płytki GC4215. Na podstawie czasów potrzebnych do osiągnięcia założonego technologicznego kryterium stopienia ($R_a=1,25$ µm) widać, że płytka GC4325 z powłoką Inveio osiąga 2,5 razy większą trwałość w porównaniu z płytką GC4215 z powłoką o tradycyjnej budowie.

Prawidłowości opisane powyżej należy jednak traktować jako określone wstępnie, prowadząc badania przy innych warunkach obróbki. Dalsze prace powinny obejmować ustalenie wpływu zmiany parametrów skrawania i sposobu podawania cieczy obróbkowej na wartości zużycia i parametry chropowatości.

LITERATURA

- [1] WYSIECKI M., *Nowoczesne materiały narzędziowe*, WNT, 1997.
- [2] CICHOSZ P., *Narzędzia skrawające*, Warszawa, WNT, 2013.
- [3] GRZESIK W., *Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych*, Warszawa, WNT, 2010.
- [4] DMOCHOWSKI J., *Podstawy obróbki skrawaniem*, Warszawa, PWN, 1983.
- [5] SANDVIK, www.sandvik.coromant.com/pl, Katalog główny, 2014.

- [6] SANDVIK, www.sandvik.coromant.com/pl, *Nowe narzędzia skrawające i rozwiązania (CoroPak 14.1)*, 2014.
- [7] SANDVIK, www.sandvik.coromant.com/pl, *GC4325. Nowy, nadzwyczajny lider w toczeniu stali*, 2013.
- [8] SANDVIK, www.sandvik.coromant.com/pl, *GC4325 – dzieło inżynierii materiałowej*, 2013.
- [9] STACHURSKI W., MIDERA S., *Badania trwałości płytek skrawających typu Wiper*. W: *Mechanik*, nr 8-9, 2013, 161-168/710.
- [10] KRUSZYŃSKI B., STACHURSKI W., ZGÓRNIAK P., *Wpływ warunków obróbki podczas toczenia ostrzami typu Wiper na jakość powierzchni obrobionej i siły skrawania*, W: *Inżynieria Maszyn* 15(4), 2010, 7-19.
- [11] STACHURSKI W., MIDERA S., *Wyznaczenie zależności matematycznej do obliczeń i analizy chropowatości powstałej w procesie toczenia*, W: *Mechanik*, nr 3, 2013, 204-210.
- [12] STACHURSKI W., KRUSZYŃSKI B., MIDERA S., *Influence of cutting conditions in turning with wiper type inserts on surface roughness and cutting forces*. W: *Mechanics and Mechanical Engineering*, vol. 16, nr 1, 2012, 25-32.
- [13] ADAMCZAK S., *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość*, Warszawa, WNT, 2008.