

Bogdan KRUSZYŃSKI¹
Wojciech STACHURSKI¹
Piotr ZGÓRNIAK¹

WPŁYW WARUNKÓW OBRÓBKİ PODCZAS TOCZENIA OSTRZAMI TYPU WIPER NA JAKOŚĆ POWIERZCHNI OBROBIONEJ I SIŁY SKRAWANIA

Dokonano oceny wpływu warunków obróbki na chropowatości powierzchni obrobionej oraz składowe całkowitej siły skrawania podczas toczenia stali węglowej C45. W badaniach zastosowano płytki skrawające z narożem promieniowym oraz płytki ostrzowe dogładzające typu Wiper. Oceny dokonano w oparciu o wyniki badań z zastosowaniem podawania cieczy obróbkowej w trybie obfitym, z minimalnym wydatkiem (MQL), przy użyciu schłodzonego sprężonego powietrza oraz bez udziału cieczy obróbkowej. Opiszano stanowisko do pomiaru składowych całkowitej siły skrawania oraz przedstawiono metodykę pomiarów.

1. WSTĘP

Spośród wszystkich obróbek ubytkowych obróbka skrawaniem jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod kształtowania przedmiotów, obejmując swym zasięgiem wszystkie gałęzie przemysłu. Współczesny rozwój technik wytwarzania wymusza opracowywanie nowych technologii i środków produkcji, mających na celu wzrost wydajności i obniżenie kosztów wytwarzania przy jednoczesnym uzyskaniu wysokiej jakości produktów. Zwiększanie tak rozumianej produktywności jest głównym celem producentów narzędzi stosowanych w obróbce skrawaniem. W celu jej podwyższenia firmy narzędziowe wciąż udoskonalają materiały narzędziowe, oferują nowe powłoki na ostrza oraz modyfikują geometrię ostrzy oferowanych płytek skrawających.

Zabiegi wymienione powyżej umożliwiają zwiększenie parametrów skrawania, które w liniowy sposób wpływają na wydajność obróbki [1]. Jednak zwiększanie poszczególnych parametrów napotyka na ograniczenia, takie jak m.in. [2]:

- dopuszczalne siły skrawania, wynikające z określonej sztywności lub wytrzymałości elementów OUPN,
- dokładność wymiarowo-kształtowa obrabianych powierzchni,
- dopuszczalna moc napędu obrabiarki,

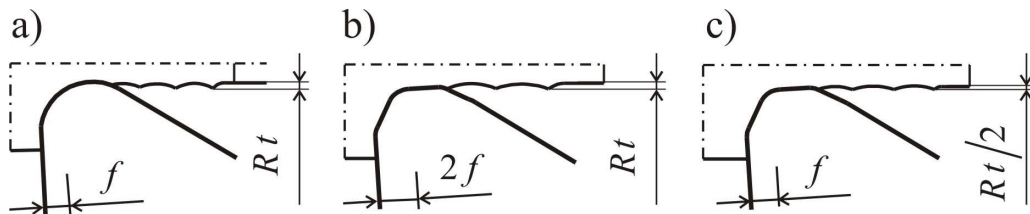
¹ Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i TBM, 90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15

- pogarszająca się chropowatość i dokładność obróbki,
- wytrzymałość płytek skrawających.

Jednym z rozwiązań, które umożliwia pracę płytek skrawających z podwyższonymi posuwami przy zachowaniu małej chropowatości obrabianej powierzchni, są płytki ostrzowe dogładzające z geometrią naroża typu Wiper [5,21]. W płytkach tego typu zmodyfikowano tradycyjne naroże promieniowe tak, aby fragmenty krawędzi bezpośrednio kształtujące powierzchnię obrabianą miały znacznie większy promień zaokrąglenia lub były prostoliniowe (rys. 1). Zastosowanie takiej geometrii pozwala, zwiększając dwukrotnie posuw, na uzyskiwanie niektórych parametrów chropowatości powierzchni jak przy skrawaniu tradycyjną płytką. W sposób oczywisty prowadzi to do poprawienia efektywności wytwarzania poprzez zwiększenie wydajności i obniżenie kosztów produkcji [3].

Jednocześnie zachowanie tego samego posuwu pozwala, według danych producentów [5], na dwukrotne zmniejszenie chropowatości obrabianej powierzchni. W efekcie tego w wielu przypadkach istnieje możliwość eliminacji kosztownych procesów obróbki ścierniej. Według danych producentów narzędzi, oprócz poprawienia jakości powierzchni uzyskuje się także okrągłości przedmiotu obrabianego porównywalne ze szlifowaniem.

Na rys. 1 przedstawiono schemat kształtowania nierówności powierzchni (parametr R_t) podczas skrawania z użyciem płytki tradycyjnej (a) i płytki typu Wiper (b i c) w zależności od wartości posuwu f .



Rys. 1. Schemat kształtowania nierówności powierzchni (parametr R_t) podczas skrawania płytką skrawającą o narożu: a) promieniowym, b-c) typu Wiper

Fig. 1. Scheme of surface roughness creation (parameter R_t) during turning process: a) standard nose radius geometry, b-c) Wiper geometry

Oprócz wymienionych powyżej zalet, naroża typu Wiper posiadają również wady, wynikające bezpośrednio z ich specyficznej geometrii (omówionej w rozdziale 2). Zaliczyć do nich można m.in. [2], [4]:

- niemożność zachowania jednakowej chropowatości, dla powierzchni usytuowanych pod różnym kątem w stosunku do osi obrotu przedmiotu,
- trudności z odwzorowaniem dokładnego kształtu podczas toczenia konturowego skomplikowanych powierzchni,
- większą o 10÷15 % wartość siły odporowej F_p .

Większa wartość siły F_p w oczywisty sposób wpływa niekorzystnie na przebieg skrawania i dokładność obróbki. Sprzyja bowiem powstawaniu drgań w kierunku osi x , które w efekcie mogą prowadzić do błędów wymiarowo – kształtowych przedmiotu obrabianego.

Jednym z podstawowych sposobów obniżania sił skrawania jest stosowanie czynnika chłodząco – smarującego. Wybór metody podawania cieczy obróbkowej zależy od rodzaju obróbki, materiału obrabianego i ostrza oraz parametrów skrawania.

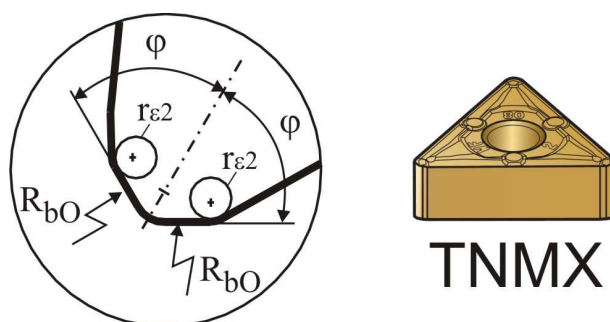
W Instytucie Obrabiarek i TBM Politechniki Łódzkiej przeprowadzono próby toczenia płytkami skrawającymi typu Wiper oraz, dla porównania, płytkami o narożu promieniowym przy zastosowaniu różnych strategii podawania cieczy chłodząco – smarującej:

- z udziałem cieczy obróbkowej w trybie obfitym (WM – ang. Wet Machining),
- z minimalnym wydatkiem cieczy obróbkowej (MQL – ang. Minimal Quantity Lubrication),
- z zastosowaniem schłodzonego sprężonego powietrza (SSP),
- bez użycia cieczy obróbkowej (DM – ang. Dry Machining).

Poniżej przedstawiono badania wpływu zastosowanej metody podawania cieczy obróbkowej na składowe całkowitej siły skrawania oraz chropowatość powierzchni obrabianej.

2. GEOMETRIA OSTRZY TYPU WIPER

Płytki skrawające różnią się między sobą wielkością, kształtem, ukształtowaniem powierzchni natarcia i krawędzi skrawających itp. Znormalizowane naroża wielostrzowych płytek do toczenia mają zwykle promień zaokrąglenia ze zbioru liczb $\{ \sim 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2; 2,4; 2,8; 3,2 \}$. W odróżnieniu od nich naroża płytek typu Wiper mają pomocnicze krawędzie wygładzające w kształcie łuku o bardzo dużym promieniu zaokrąglenia R_{b0} i czasami kilka pomocniczych promieni zaokrąglenia naroża $r_{\varepsilon 1}$ i $r_{\varepsilon 2}$. Przykład jednego rozwiązania geometrii typu Wiper dla naroża płytki do toczenia przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Geometria Wiper dla naroża płytki TNMX

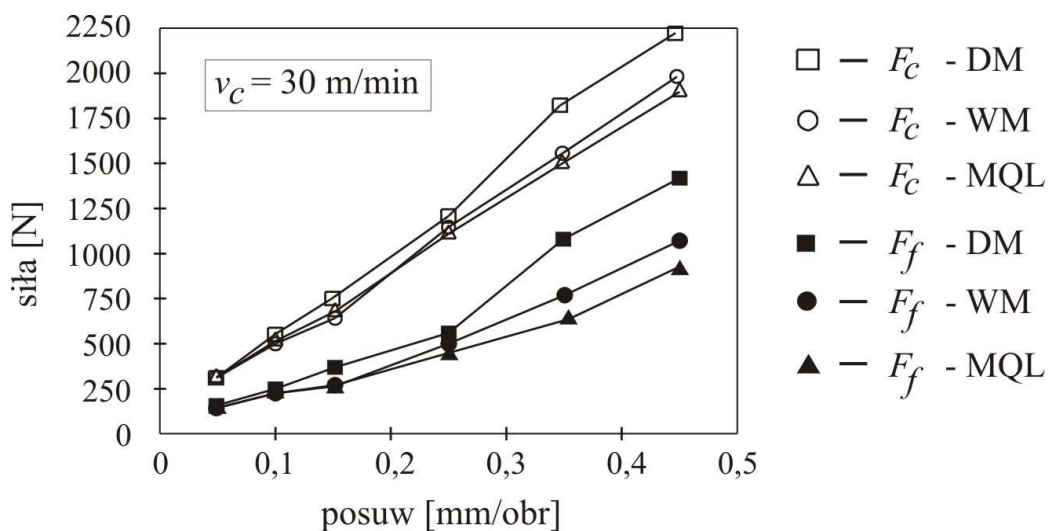
Fig. 2. Wiper geometry for TNMX insert type

Naroża typu Wiper są stosowane w płytkach o różnych kątach naroża ε_r , mocowanych w narzędziach o różnych kątach przystawienia κ_r . Z tego powodu kąty usytuowania przejściowych pomocniczych krawędzi skrawających są optymalizowane dla określonego kąta naroża płytki i kąta jej położenia w gnieździe oprawki. Nieodpowiedni dobór płytki

z narożem Wiper i oprawki narzędziowej może pogorszyć spodziewaną jakość powierzchni obrabianej i dokładności obróbki. Ukształtowanie pomocniczej krawędzi wygładzającej w kształcie łuku ma na celu umożliwienie stosowanie tych samych płytek z narożem Wiper do oprawek o różnych kątach przystawienia [2], [4-5].

3. STRATEGIE CHŁODZENIA I SMAROWANIA PODCZAS TOCZENIA

Rezygnacja ze stosowania cieczy obróbkowych, czyli obróbka „na sucho” (DM) jest podstawowym kierunkiem rozwoju obróbki skrawaniem, zwłaszcza w dziedzinie toczenia [5,6]. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych materiałów narzędziowych, takich jak: węgliki spiekane, ceramika narzędziowa, regularny azotek boru (CBN) oraz pokryć przeciwzuzyciowych [8-10] jest możliwe zwiększenie okresu trwałości płytek narzędziowych skrawających bez udziału czynnika chłodząco-smarującego. Jest to wynik przede wszystkim dużej twardości materiałów narzędziowych, a zatem również dużej ich odporności na ścieranie oraz małej wartości współczynnika tarcia [11]. Z drugiej jednak strony nieuchronne podwyższenie temperatury w strefie skrawania podczas obróbki DM może wprowadzać niekorzystne zmiany w warstwie wierzchniej oraz powodować błędy kształtu obrabianych przedmiotów. W takim wypadku celowe wydaje się wprowadzenie alternatywnych metod chłodzenia i smarowania, takich jak metoda minimalnego wydatku cieczy obróbkowej (MQL) lub użycie schłodzonego sprężonego powietrza (SSP).



Rys. 3. Wpływ posuwu na siły skrawania dla różnych strategii chłodzenia i smarowania: DM, WM, MQL
Fig. 3. Force components vs. feed rate for different cutting fluid supply: DM, WM, MQL

W pracy [12] opisano badania prowadzone podczas toczenia stali węglowej C40 przy zastosowaniu metody MQL. Zastosowano płytkę skrawającą z węglików spiekanych P40 bez pokrycia. Zarówno powierzchnia obrabiana, jak i grubość wióra oraz wartości sił były

porównywalne z tymi występującymi podczas obróbki z konwencjonalnym użyciem cieczy obróbkowej (WM) oraz znacznie lepsze niż przy skrawaniu na sucho (DM). Wykres na rys. 3 przedstawia wpływ posuwu na wartość sił dla różnych strategii chłodzenia i smarowania.

Wraz ze wzrostem posuwu wzrastały wartości sił skrawania dla każdej z trzech metod dostarczania CO, przy czym dla WM i MQL wartości te były do siebie zbliżone w całym badanym zakresie. W przypadku DM dla większych posuwów ($f > 0,3$ mm/obr) wartości sił były dużo większe od pozostałych (około 40÷60%).

Podobne wnioski, korzystne dla metody MQL, przedstawiono w pracy [13], gdzie ciecz obróbkową podawano w postaci mgły olejowej na powierzchnię przyłożenia i natarcia noża tokarskiego.

Badania zaprezentowane w pracy [14] dotyczyły wpływu metody podawania cieczy obróbkowej na zużycie narzędzia podczas toczenia stali stopowej 40CrNiMo7 (40HNM). Toczenie prowadzono przy użyciu narzędzia z płytką z węglików spiekanych P30 bez pokrycia. Ciecz obróbkową w metodzie MQL dostarczano z ciśnieniem poprzez pojedynczą dyszę rozpylającą w systemie zewnętrznym. Na podstawie uzyskanych wyników prezentowanych w pracy stwierdzono, że stosowanie metody MQL podczas toczenia z wysokimi prędkościami skrawania zapewnia wydłużenie okresu trwałości narzędzia w porównaniu z obróbką na sucho oraz przy użyciu cieczy obróbkowej. Autorzy tłumaczą to znaczną redukcją temperatury skrawania podczas obróbki z MQL na skutek lepszej penetracji cząsteczek cieczy obróbkowej w strefie skrawania w porównaniu do obróbki na mokro. Ogranicza to zużycie narzędzia, zwłaszcza na skutek dyfuzji.

Badania nad zastosowaniem metody SSP prowadzono w Instytucie Obrabiarek i TBM PŁ [15]. Celem badań było zbadanie wpływu schłodzonego sprężonego powietrza na trwałość ostrza podczas toczenia. W trakcie badań toczono wzdłużnie wał ze stali C45 ulepszony cieplnie (28÷32 HRC) przy użyciu płytek ostrzowych wykonanych z węglików spiekanych P10 bez pokrycia. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dla prędkości skrawania v_c w zakresie od 80÷120 m/min wartości VB_B dla metody SSP są porównywalne z wartościami osiąganymi w trybie obfitym (WM). Natomiast wartości zużycia VB_B dla obróbki na sucho (DM) są około 15÷30% większe od tych uzyskanych podczas stosowania schłodzonego sprężonego powietrza. Podobną zależność stwierdzono przy określaniu zużycia wskaźnikiem $VB_{B\ MAX}$.

Warto zauważyć, że badania przedstawiane w literaturze opisują głównie wpływ zastosowanej strategii chłodzenia i smarowania na zużycie czy trwałość ostrza. Brak jest kompleksowych badań, dotyczących zwłaszcza płytek dogładzających typu Wiper.

4. WARUNKI BADAŃ

W trakcie badań toczono wzdłużnie próbki wykonane ze stali węglowej do ulepszania cieplnego C45 w stanie normalizowanym (twardość 230 HB). Jako narzędzia użyto składany nóż tokarski do toczenia zewnętrznego firmy Sandvik, oznaczony wg norm ISO – PTG NR 2020 K16. W układzie narzędzia kąt przystawienia wynosi $\kappa_r = 91^\circ$, zaś kąt przyłożenia

$\alpha_n = 0^\circ$. W oprawce mocowano dwa rodzaje płytek skrawających:

- 1) płytkę o tradycyjnej geometrii – TNMG 160404–PF,
- 2) płytkę dogładzającą o geometrii Wiper – TNMX 160404–WF.

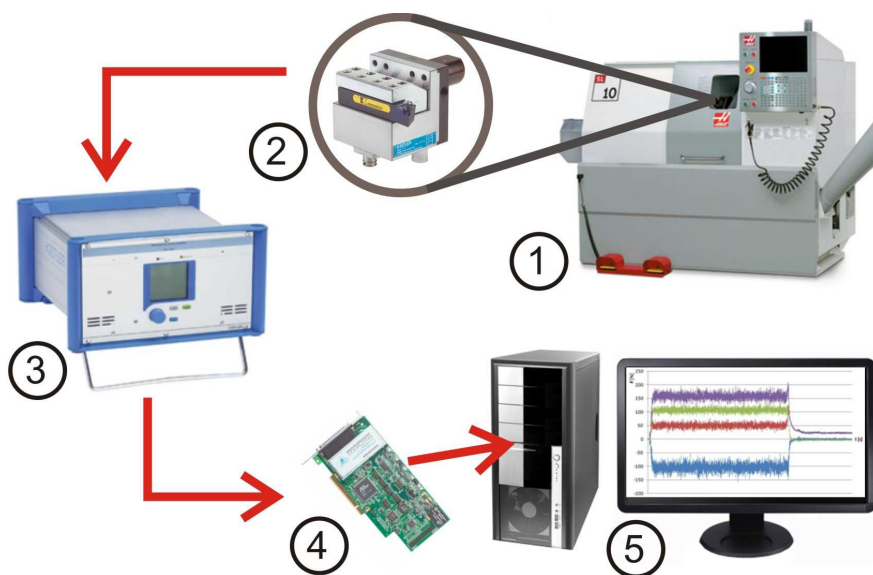
Obydwa rodzaje płytek wykonane są z węglików spiekanych GC4215 z obszaru zastosowania P15–P20. Według danych firmy Sandvik [5] gatunek ten opracowano do:

- wysoko-produktywnej obróbki stali, od zgrubnej do wykończeniowej,
- obróbki z użyciem cieczy obróbkowej lub do obróbki „na sucho”,
- zastosowania przy wysokich temperaturach skrawania.

Badania realizowano dla następujących parametrów: prędkość skrawania $v_c = 365$ m/min, posuw $f = 0,3$ mm/obr, głębokość skrawania $a_p = 0,25; 0,5; 1$ mm.

W skład stanowiska do toczenia przedstawionego na rys. 4 wchodzi tokarka numeryczna SL-10 firmy Haas (1), trój-składowy siłomierz piezoelektryczny Kistler typ 9121 (2), wzmacniacz Kistler typ 5070 (3), karta pomiarowa Kistler typ 2855A4 (4) wraz z komputerem (5) i oprogramowaniem [16].

W trakcie obróbki układ pomiarowy rejestrował wartości trzech składowych sił powstających podczas toczenia: F_c – siły skrawania, F_p – siły odporowej i F_f – siły posuwowej.



Rys. 4. Schemat stanowiska pomiarowego przy toczeniu [20]
Fig. 4. Schematic view of the experimental stand for turning tests [20]

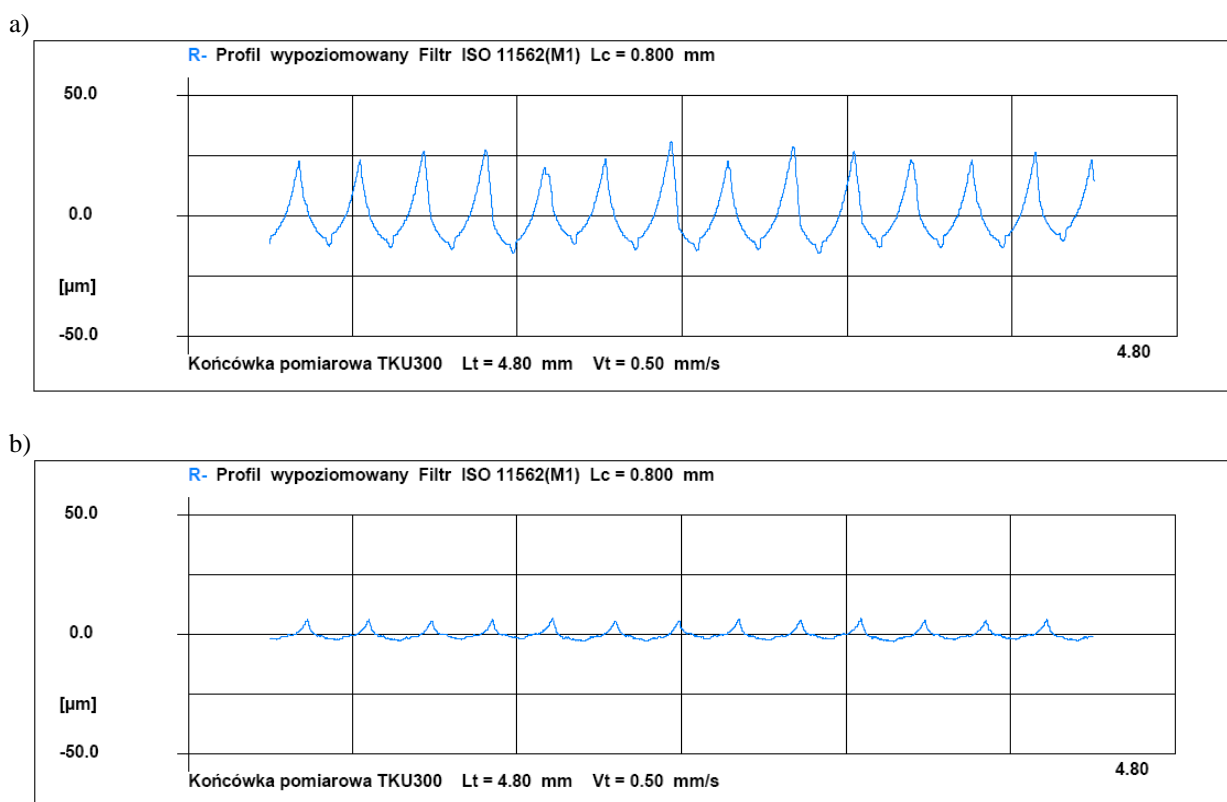
W metodzie MQL zastosowano urządzenie MicroJet MKS-G100 firmy Link przeznaczone do zewnętrznego, jednokanałowego wytwarzania mgły olejowej [17]. Ciecz obróbkową MICRO 3000 dostarczano z wydatkiem około 15 ml/godz. Do metody SSP zastosowano urządzenie handlowe oferowane przez firmę WNT schładzające sprężone powietrze w strefie skrawania do temperatury około -10°C . Jako konwencjonalną ciecz

obróbką zastosowano emulsję Blasocut firmy Blaser Swissslube dostarczaną w strefę obróbki z wydatkiem 5 l/min.

Do pomiaru chropowatości powierzchni 2D zastosowano profilografometr T8000 firmy Hommelwerke. Jako wartość chropowatości dla każdej próbki brano uśrednioną wartość z trzech pomiarów. Do analizy chropowatości wybrano parametry R_a i R_z , powszechnie stosowane do opisu chropowatości w warunkach przemysłowych [18].

5. WYNIKI BADAŃ – POMIARY CHROPOWATOŚCI, PARAMETR R_a , R_z

Na rys. 5 pokazano przykładowe profile chropowatości powierzchni uzyskane dla ostrza tradycyjnego z narożem promieniowym (rys. 5a) i ostrza z narożem Wiper (rys. 5b).



Rys. 5. Profil chropowatości powierzchni: a) ostrze o narożu promieniowym, b) ostrze o narożu Wiper;
 $v_c = 365$ m/min, $f = 0,3$ mm/obr, $a_p = 1$ mm, skrawanie na sucho

Fig. 5. Surface roughness profile: a) standard nose radius geometry, b) Wiper geometry
 $v_c = 365$ m/min, $f = 0,3$ mm/rev, $a_p = 1$ mm, dry machining

Wyniki pomiarów chropowatości powierzchni próbek toczonej ostrzami o promieniowym narożu (TNMG) oraz typu Wiper (TNMX) przedstawiono w tabeli 1 – wartość R_a i w tabeli 2 – wartość R_z .

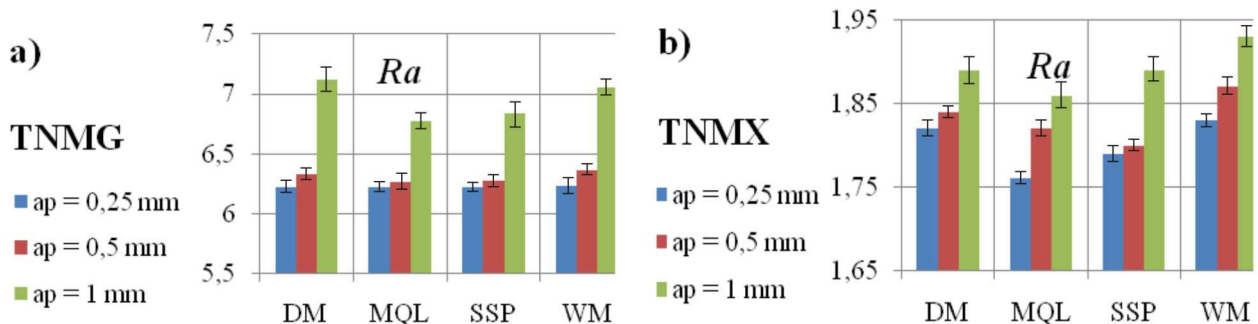
Tabela 1. Parametr chropowości powierzchni – R_a
 Table 1. Surface roughness parameter – R_a

Głębokość skrawania a_p [mm]	R_a [μm]							
	DM		MQL		SSP		WM	
	TNMG	TNMX (Wiper)	TNMG	TNMX (Wiper)	TNMG	TNMX (Wiper)	TNMG	TNMX (Wiper)
0,25	6,22	1,82	6,22	1,76	6,22	1,79	6,23	1,83
0,5	6,33	1,84	6,26	1,82	6,27	1,80	6,36	1,87
1	7,12	1,92	6,77	1,86	6,84	1,89	7,05	1,93

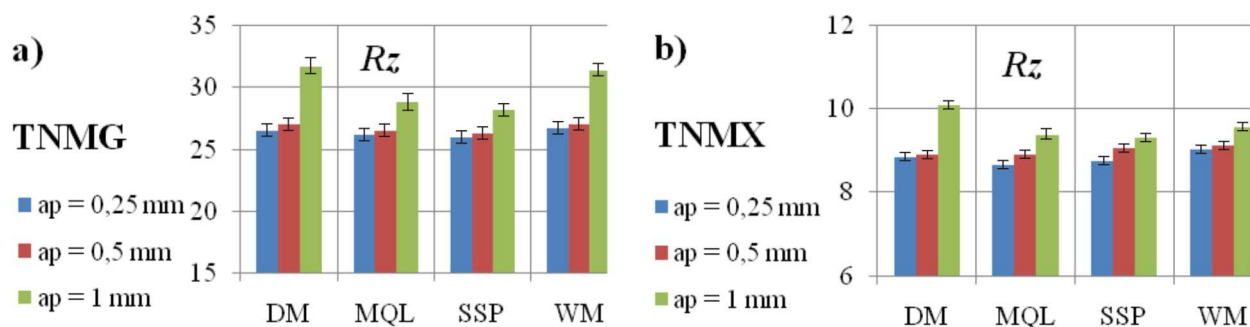
Tabela 2. Parametr chropowości powierzchni – R_z
 Table 2. Surface roughness parameter – R_z

Głębokość skrawania a_p [mm]	R_z [μm]							
	DM		MQL		SSP		WM	
	TNMG	TNMX (Wiper)	TNMG	TNMX (Wiper)	TNMG	TNMX (Wiper)	TNMG	TNMX (Wiper)
0,25	26,52	8,83	26,21	8,66	25,93	8,75	26,73	9,04
0,5	27,04	8,89	26,44	8,91	26,26	9,05	26,98	9,12
1	31,71	10,09	28,79	9,37	28,22	9,32	31,35	9,56

Na podstawie prezentowanych powyżej tabel wykonano wykresy porównawcze wartości R_a (rys. 6) i R_z (rys. 7).



Rys. 6. Parametry chropowości R_a dla płytek: a) o narożu promieniowym (TNMG), b) dla płytek Wiper (TNMX)
 Fig. 6. Surface roughness parameter R_a : a) standard nose radius geometry, b) Wiper geometry



Rys. 7. Parametry chropowatości R_z dla płytek: a) o narożu promieniowym (TNMG), b) dla płytek Wiper (TNMX)

Fig. 7. Surface roughness parameter R_z : a) standard nose radius geometry, b) Wiper geometry

Na podstawie prezentowanych powyżej wyników badań można stwierdzić, że użycie ostrzy typu Wiper pozwala na około trzykrotne zmniejszenie wartości chropowatości powierzchni R_a i R_z , w porównaniu do chropowatości po obróbce tradycyjnymi ostrzami. Zasada ta ma zastosowanie dla wszystkich wykorzystanych strategii chłodzenia i smarowania.

Zwiększanie głębokości skrawania a_p powodowało wzrost wartości chropowatości R_a i R_z dla wszystkich warunków obróbki, bez względu na rodzaj użytej płytki skrawającej. Należy jednak zauważyć, że największe pogorszenie chropowatości w wyniku zwiększania głębokości skrawania występuje dla płytki TNMG o narożu tradycyjnym i wynosi dla DM – 14,5 %, MQL – 8 %, SSP – 8 %, WM – 13 %. Dla płytki TNMX (Wiper) różnica ta jest stała, niezależna od metody chłodzenia i smarowania i wynosi 6 %. Jednocześnie dla wszystkich trzech głębokości skrawania zastosowanie metody MQL i SSP dawało najniższe wartości R_a i R_z .

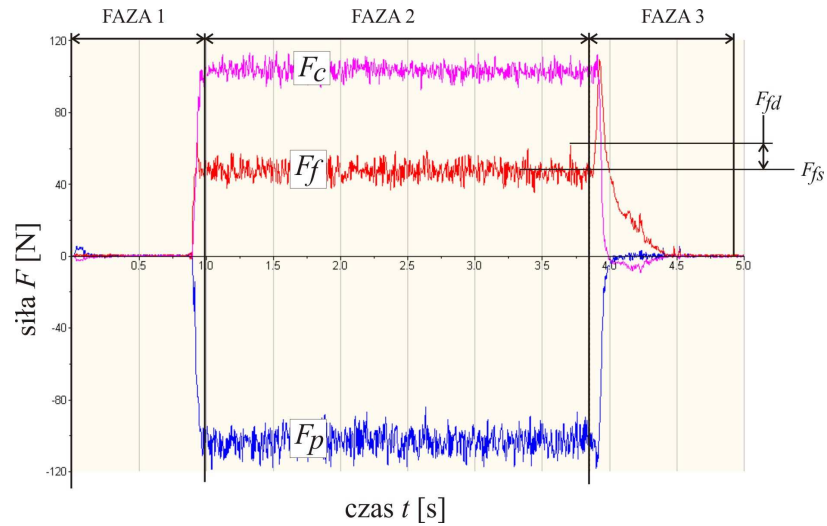
6. WYNIKI BADAŃ SIŁ PODCZAS TOCZENIA

Na rys. 8 przedstawiono przykładowy wykres składowych całkowitej siły skrawania F podczas toczenia. W przebiegu sił można wyróżnić kilka faz:

- 1) narastanie sił podczas wchodzenia w materiał,
- 2) stabilizacja sił (średnia wartość w przybliżeniu stała) podczas skrawania w pełnym materiale,
- 3) opadanie sił w czasie zatrzymania posuwu i wychodzenia narzędzia.

Warto zwrócić uwagę na to, że obok stałej w przybliżeniu składowej F_s , zawsze występuje większa lub mniejsza składowa przypadkowo zmienna (szum) F_d . Wynika ona z nieciągłego charakteru odkształceń w strefie ścinania oraz tworzenia się wióra. Jej amplituda może osiągać kilkadziesiąt procent składowej stałej [19].

Wyniki pomiarów sił przedstawiono w tabeli 3. W tabeli zamieszczono także wartości całkowitej siły skrawania, jako sumę poszczególnych składowych.

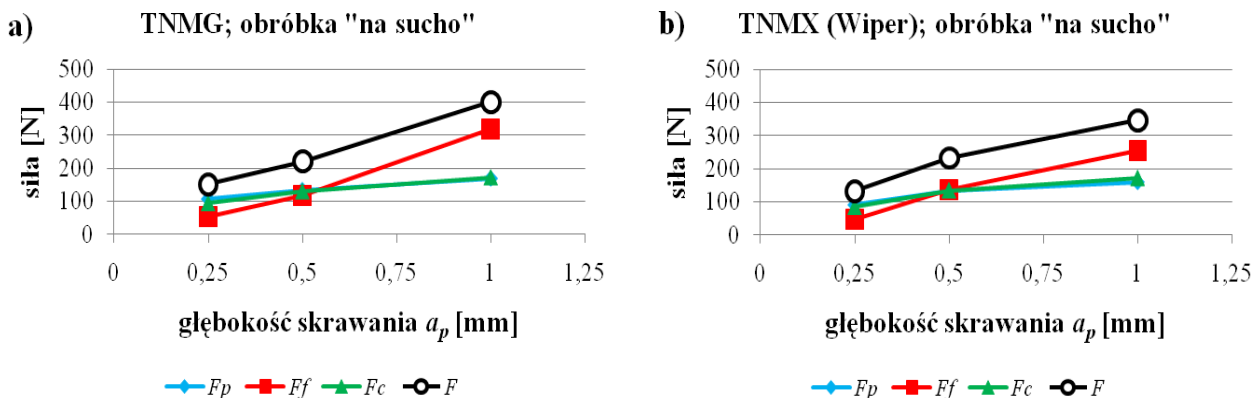


Rys. 8. Przykładowy przebieg składowych całkowitej siły skrawania
 Fig. 8. Example signals of component cutting forces

Tabela 3. Składowe całkowitej siły skrawania podczas toczenia
 Table 3. Components of total cutting force during turning

Strategia chłodzenia i smarowania	Głębokość skrawania a_p [mm]	Rodzaj płytki	Siła [N]			
			F_c	F_f	F_p	F
DM	0,25	TNMG	93,7	52,5	-107,3	151,8
		TNMX	84,1	48,3	-90,4	132,6
	0,5	TNMG	130,1	117,9	-134,2	221,0
		TNMX	133,9	135,3	-132,7	232,1
	1	TNMG	172,4	318,8	-169,3	400,0
		TNMX	171,3	255,3	-160,0	346,6
WM	0,25	TNMG	92,3	50,4	-105,5	149,0
		TNMX	84,0	48,6	-91,8	133,5
	0,5	TNMG	134,8	132,7	-140,8	235,8
		TNMX	128,0	126,7	-129,6	221,9
	1	TNMG	173,0	312,0	-175,6	397,7
		TNMX	175,3	264,3	-163,4	356,7
MQL	0,25	TNMG	92,3	49,4	-103,2	147,0
		TNMX	84,9	48,9	-93,3	135,3
	0,5	TNMG	129,4	117,5	-134,0	220,2
		TNMX	125,3	115,1	-126,5	212,0
	1	TNMG	176,5	275,0	-169,0	367,9
		TNMX	182,2	248,1	-162,3	348,0
SSP	0,25	TNMG	89,5	48,0	-95,7	139,6
		TNMX	85,9	51,4	-95,8	138,6
	0,5	TNMG	129,7	115,7	-127,0	214,9
		TNMX	124,6	112,9	-129,7	212,3
	1	TNMG	162,8	273,4	-161,6	356,9
		TNMX	179,0	249,1	-163,5	347,6

Na rys. 9 pokazano przykładowe wykresy prezentujące wpływ głębokości skrawania na składowe F_c , F_f , F_p oraz całkowitą siłę skrawania F . Wykresy wykonano dla obróbki „na sucho” dla płytki konwencjonalnej TNMG (rys. 9a) oraz płytki TNMX typu Wiper (rys. 9b). Dla zwiększenia czytelności wykresów użyto wartości bezwzględnych składowej odporowej F_p .

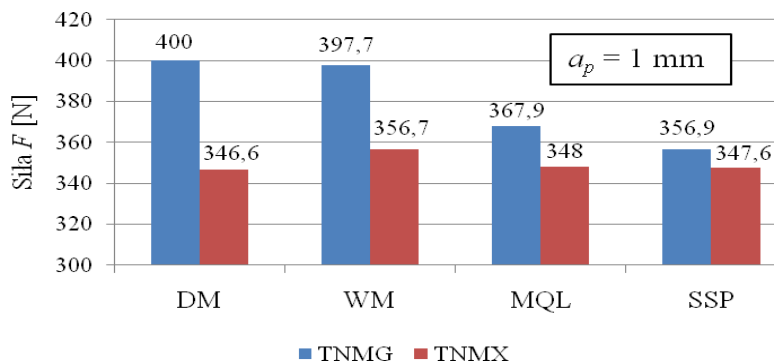


Rys. 9. Wpływ głębokości skrawania na całkowitą siłę skrawania i jej składowe: a) płytki TNMG, b) płytki TNMX
Fig. 9. Force components vs. depth of cut: a) TNMG insert, b) TNMX insert

Na podstawie powyższych wykresów oraz wyników badań zestawionych w tabeli 3 można stwierdzić, że zwiększanie głębokości skrawania powoduje wzrost całkowitej siły skrawania i jej składowych dla każdej strategii podawania cieczy obróbkowej. Warto zauważyć, że charakter przebiegów składowych F_p i F_c są do siebie bardzo zbliżone. Podobna zależność dotyczy składowej F_f i całkowitej siły F .

Dla głębokości $a_p = 0,25$ mm wartość składowej posuwowej F_f jest najmniejsza, przy głębokości $a_p = 0,5$ mm osiąga poziom pozostałych dwóch składowych, a dla głębokości $a_p = 1$ mm jest największa.

Na rys. 10 porównano wartości całkowitej siły skrawania F podczas toczenia na głębokości $a_p = 1$ mm dla czterech strategii chłodzenia i smarowania.



Rys. 10. Wpływ głębokości skrawania na całkowitą siłę skrawania i jej składowe: a) płytki TNMG, b) płytki TNMX
Fig. 10. Force components vs. depth of cut: a) TNMG insert, b) TNMX insert

Na podstawie uzyskanych wyników zauważono, że wartości sił F podczas toczenia płytkami typu Wiper są, przy tych samych warunkach obróbki, mniejsze w porównaniu do toczenia płytkami tradycyjnymi. Różnica ta dla DM i WM wynosi 12÷15 %, a dla SSP i MQL - 3÷6 %.

Warto zauważyć, że dla toczenia płytkami o narożu promieniowym (TNMG) zastosowanie metody MQL i SSP obniża wartości całkowitej siły skrawania w stosunku do pozostałych dwóch metod o około 12 %. W przypadku użycia płytki Wiper spadek jest znacznie mniejszy i wynosi około 2 %.

7. WNIOSKI

Na podstawie prezentowanych powyżej wyników można stwierdzić, że:

1. Zastosowanie ostrzy typu Wiper umożliwia znaczne (3-krotne dla rozważanych warunków obróbki) zmniejszenie chropowatości powierzchni, w porównaniu z ostrzami o tradycyjnym narożu.
2. Zastosowanie podczas toczenia metody MQL lub SSP umożliwia zmniejszenie chropowatości w porównaniu do toczenia „na mokro” i „na sucho”. Zależność ta dotyczy obu rodzajów ostrzy oraz wszystkich głębokości skrawania.
3. Zastosowanie podczas obróbki „na sucho” (DM) i „na mokro” (WM) ostrzy typu Wiper powoduje obniżenie całkowitej siły skrawania w granicach 12÷15 % w stosunku do obróbki tradycyjnymi ostrzami. Zastosowanie schłodzonego sprężonego powietrza (SSP) oraz metody MQL powoduje niewielki spadek sił – 3÷6 %.

LITERATURA

- [1] KACZMAREK J., 1970, *Podstawy obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- [2] CICHOSZ P., 2007, *Kształtowanie warstwy wierzchniej przedmiotów obrabianych ostrzami typu Wiper*, Obróbka skrawaniem, Wysoka produktywność, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, 199-204.
- [3] CICHOSZ P., 2004, *Ekonomiczne aspekty doboru narzędzi skrawających do zadania produkcyjnego*, Mechanik, 77/10, 642-647.
- [4] CICHOSZ P., 2006, *Narzędzia skrawające*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- [5] SANDVIK, Katalog główny, www.sandvik.com/pl.
- [6] OCZOŚ K.E., 2004, *Doskonalenie strategii chłodzenia i smarowania w procesach obróbkowych*, Mechanik, 77/10, 597-606.
- [7] OCZOŚ K.E., 1998, *Postęp w obróbce skrawaniem II. Obróbka na sucho i ze zminimalizowanym chłodzeniem*, Mechanik, 71/5/6, 307-318.
- [8] BYRNE G., DORNFELD D., DENKENA B., 2003, *Advancing cutting technology*, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 52/2, 483-507.
- [9] WYSIECKI M., 1997, *Nowoczesne materiały narzędziowe*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- [10] WEINERT K., INASAKI I., SUTHERLAND J.W., WAKABAYASHI T., 2004, *Dry machining and minimum quantity lubrication*, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 53/2, 511-537.
- [11] KLOCKE F., EISENBLÄTTER G., 1997, *Dry cutting*, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 46/2, 519-526.

- [12] MACHADO A.R., WALLBANK J., 1997, *The effect of extremely low lubricant volumes in machining*, Wear, 210, 76-82.
- [13] WAKABAYASHI T., SATO H., INASAKI I., 1998, *Turning using extremely small amounts of cutting fluids*, JSME International Journal, C/41/1, 143-148.
- [14] DHAR N.R., KAMRUZZAMAN M., AHMED M.T., 2006, *Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel*, Journal of Materials Processing Technology, 172, 299-304.
- [15] WALCZAK D., 2008, *Wpływ sposobu podawania cieczy obróbkowej na zużycie narzędzia przy toczeniu*, Praca magisterska w Instytucie Obrabiarek i TBM, promotor prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, Łódź.
- [16] KISTLER, www.kistler.com.
- [17] MICROJET, www.microjet.de.
- [18] ADAMCZAK S., 2008, *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- [19] JEMIELNIAK K., 1998, *Obróbka skrawaniem*, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- [20] SALA S., 2010, *Wpływ systemu podawania cieczy obróbkowej i geometrii narzędzia na chropowatość powierzchni obrobionej*, Praca magisterska w Instytucie Obrabiarek i TBM, promotor prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński, Łódź.
- [21] GRZESIK W., 2010, *Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa

INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS IN TURNING WITH WIPER TYPE INSERTS ON SURFACE ROUGHNESS AND CUTTING FORCES

In the paper, evaluation of the influence of selected cutting parameters on surface roughness of the workpiece is presented. Standard geometry and Wiper geometry inserts were applied. Relationship between cutting forces levels during turning tests of C45 steel are presented too. Moreover evaluation of experimental results which consider application of different strategies of cutting fluid supply such as: Minimal Quantity Lubrication, Cooled Compressed Air, Dry Machining are shown. Description of experimental conditions and methodology of investigation are presented. Finally experimental stands which were employed during surface roughness and cutting forces measurements are described too.