

BADANIA TRWAŁOŚCI PŁYTEK SKRAWAJĄCYCH TYPU WIPER

Wojciech STACHURSKI, Stanisław MIDERA¹

1. WSTĘP

Wzrost wydajności i obniżenie kosztów wytwarzania przy jednoczesnym uzyskaniu wysokiej jakości produktów, to jedno z najważniejszych zadań stawianych przy opracowywaniu nowych technologii i środków produkcji. Mając to na uwadze firmy narzędziowe stale udoskonalają swoje produkty zmieniając materiały narzędziowe, oferując nowe powłoki na ostrza oraz modyfikując geometrię ostrzy płytek skrawających. Umożliwia to zwiększenie parametrów skrawania, które w liniowy sposób wpływają na wydajność obróbki [7].

Jednym z takich rozwiązań są płytki ostrzowe dogładzające z geometrią naroża typu Wiper [2,3,4,6,9]. W płytkach tego typu zmodyfikowano tradycyjne naroże promieniowe tak, że fragmenty krawędzi bezpośrednio kształtujące powierzchnię obrabianą mają znacznie większy promień zaokrąglenia lub są prostoliniowe. Dzięki temu, zwiększając dwukrotnie posuw, można uzyskiwać wartości niektórych parametrów chropowatości jak przy skrawaniu płytką tradycyjną.

Jednocześnie, zachowanie tego samego posuwu pozwala, według danych producentów [9], na dwukrotne zmniejszenie chropowatości obrobionej 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 odchyłki okrągłości przedmiotu obrabianego porównywane ze szlifowaniem.

Należy także pamiętać, że istotnym czynnikiem wpływającym na chropowatość powierzchni obrobionej jest postępujące w czasie zużycie ostrza, zwłaszcza to pojawiające się na powierzchni przyłożenia [5,6]. Powoduje ono stopniowe pogarszanie się jakości powierzchni obrobionej, w szczególności jej chropowatości, wzrost temperatury skrawania, sił skrawania itp. W praktyce, jako wskaźnik charakterystyczny zużycia, przyjmowany jest więc wskaźnik zużycia na powierzchni przyłożenia V/B , a jego zmiany dają pogląd o zdolnościach skrawnych ostrza.

W związku z powyższym istotne jest sprawdzenie w jakim stopniu zużycie narzędzia wpływa na chropowatość powierzchni obrobionej, w zależności od

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

rodzaju użytej płytki skrawającej i parametrów skrawania. W Instytucie Obrabiarerek i TBM Politechniki Łódzkiej przeprowadzono próby toczenia płytkami skrawającymi typu Wiper oraz, dla porównania, płytkami o narożu promieniowym.

Poniżej przedstawiono badania trwałości płytek skrawających typu Wiper oraz wpływu zużycia na chropowatość powierzchni obrobionej dla wybranych warunków obróbki.

2. WARUNKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Badania eksperymentalne podzielono na dwie części: wstępną i zasadniczą.

W części wstępnej rejestrowano wartości parametru chropowatości Ra uzyskane podczas toczenia wzdłużnego płytkami skrawającymi o tradycyjnej geometrii oraz płytkami typu Wiper.

Próbki były wykonane ze stali węglowej do ulepszenia cieplnego C45 w stanie normalizowanym (twardość 17–19 HRC). Toczenie przeprowadzono na tokarce numerycznej Haas SL10. Jako narzędzia użyto składanego noża tokarskiego do toczenia zewnętrznego firmy Sandvik (PTG NR 2020 K16 – wg norm ISO) [9]. W układzie narzędzia kąt przystawienia wynosi $\kappa_r = 91^\circ$, zaś kąt przyłożenia $\alpha_n = 0^\circ$. W oprawce mocowano dwa rodzaje płytek skrawających wykonanych z węglików spiekanych GC4215 z obszaru zastosowania P15–P20 [9]. Dla każdego rodzaju zastosowano dwie płytki o różnych promieniach naroża r_ϵ :

- płytki o tradycyjnej geometrii
 - a) TNMG 16 04 04 PF ($r_\epsilon = 0,4$ mm),
 - b) TNMG 16 04 08 PF ($r_\epsilon = 0,8$ mm),
- płytki dogładzające o geometrii Wiper
 - a) TNMX 16 04 04 WF ($r_\epsilon = 0,4$ mm),
 - b) TNMX 16 04 08 WF ($r_\epsilon = 0,8$ mm).

Badania realizowano dla parametrów zestawionych w tabeli 1. Parametry zostały wybrane na podstawie wcześniejszych prac prowadzonych przez autorów oraz danych producenta [8–11]. Zastosowano także dwie prędkości skrawania spoza zakresu zalecanego przez firmę Sandvik ($v_{c1} = 600$; $v_{c5} = 300$).

Badania prowadzono z udziałem cieczy obróbkowej w trybie obfitym (WM – ang. Wet Machining) oraz bez udziału cieczy obróbkowej (DM – ang. Dry Machining). Jako konwencjonalną ciecz obróbkową zastosowano emulsję Blasocut firmy Blaser Swissslube dostarczaną w strefę obróbki z wydatkiem 5 l/min.

Do oceny chropowatości użyto profilometru T8000 firmy Hommelwerke. Do porównywania zastosowano parametr chropowatości Ra , powszechnie stosowany do opisu chropowatości w warunkach przemysłowych [1]. Odcinek pomiarowy L_t wynosił 4,8 mm i składał się z 6 odcinków elementarnych $L_c = 0,8$ mm. Dla każdej mierzonej powierzchni wykonano trzy pomiary. Wartość średnia z tych pomiarów była podawana jako wartość parametru chropowatości mierzonej próbki.

Tabela 1. Parametry skrawania we wstępnej części badań

prędkość skrawania v_c [m/min]	$v_{c1} = 600; v_{c2} = 550; v_{c3} = 475; v_{c4} = 415; v_{c5} = 300$
posuw f [mm/obr]	$f_1 = 0,1; f_2 = 0,2; f_3 = 0,3$
głębokość skrawania a_p [mm]	$a_p = 1$
długość drogi skrawania l [mm]	$l = 20$

Nr próby	Parametry	Nr próby	Parametry	Nr próby	Parametry
1	$v_{c1} f_1 a_p$	6	$v_{c3} f_1 a_p$	11	$v_{c3} f_3 a_p$
2	$v_{c1} f_3 a_p$	7	$v_{c3} f_2 a_p$	12	$v_{c5} f_1 a_p$
3	$v_{c2} f_1 a_p$	8	$v_{c3} f_3 a_p$	13	$v_{c5} f_3 a_p$
4	$v_{c2} f_2 a_p$	9	$v_{c4} f_1 a_p$		
5	$v_{c2} f_3 a_p$	10	$v_{c4} f_2 a_p$		

Tabela 2. Warunki obróbki w zasadniczej części badań

prędkość skrawania v_c [m/min]	$v_{c1} = 600; v_{c4} = 415$
posuw f [mm/obr]	$f_1 = 0,1$
głębokość skrawania a_p [mm]	$a_p = 1$
bez udziału cieczy obróbkowej	

Nr próby	Parametry	Rodzaj parametrów	Rodzaj płytki
1'	$v_{c1} f_1 a_p$	na podstawie badań wstępnych	TNMX 16 04 08 WF
2'	$v_{c1} f_1 a_p$		TNMG 16 04 08 PF
3'	$v_{c4} f_1 a_p$	zalecane przez producenta	TNMX 16 04 08 WF
4'	$v_{c4} f_1 a_p$		TNMG 16 04 08 PF

Na podstawie zebranych wyników wskazano warunki obróbki zapewniające uzyskanie najmniejszej chropowatości (tabela 2 – nr próby 1' i 2') dla każdego rodzaju płytki skrawającej, a następnie przeprowadzono z ich udziałem zasadniczą część badań. Dla porównania badano te same płytki z zastosowaniem parametrów optymalnych, wskazanych przez producenta (tabela 2 – nr próby 3' i 4').

W części zasadniczej wykonano próby trwałościowe mierząc jednocześnie zużycie narzędzia i chropowatość powierzchni obrobionej. Dominującym rodzajem zużycia było zużycie mechaniczne ścierne objawiające się głównie starciem na powierzchni przyłożenia. Jako wskaźnik zużycia ostrza przyjęto największą szerokość

pasma starcia na tej powierzchni – $VB_{B\ max}$. Geometryczne kryterium stopienia przyjęto na poziomie 0,5 mm [4,6] i po przekroczeniu tej wartości przerywano obróbkę.

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

3. BADANIA WSTĘPNE

Wyniki pomiarów chropowatości Ra próbek toczonej podczas badań wstępnych przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Badania wstępne – parametr chropowatości powierzchni Ra

Nr próby	Ra [μm]							
	WM				DM			
	TNMG 0,4	TNMX 0,4	TNMG 0,8	TNMX 0,8	TNMG 0,4	TNMX 0,4	TNMG 0,8	TNMX 0,8
1	0,68	0,41	0,40	0,23	0,73	0,27	0,39	0,22
2	5,76	1,11	2,36	0,67	6,04	1,35	2,48	0,62
3	0,92	0,31	0,50	0,24	0,92	0,41	0,49	0,33
4	2,95	0,45	1,20	0,30	3,01	0,47	1,24	0,36
5	6,89	1,32	2,64	0,67	7,07	1,31	2,69	0,56
6	0,98	0,36	0,56	0,26	0,94	0,44	0,58	0,36
7	2,88	0,48	1,20	0,36	2,98	0,62	1,25	0,34
8	7,12	1,36	2,70	0,63	6,82	1,21	2,62	0,52
9	1,01	0,29	0,51	0,24	0,98	0,38	0,49	0,33
10	3,12	0,50	1,21	0,37	3,03	0,63	1,25	0,38
11	6,91	1,62	2,92	0,59	7,08	1,54	2,87	0,56
12	0,68	0,52	0,46	0,33	0,71	0,44	0,48	0,27
13	5,34	1,21	2,88	0,72	5,47	1,23	3,01	0,49

Na podstawie wyników prezentowanych w tabeli 3 można stwierdzić, że użycie ostrzy Wiper pozwala na około trzykrotne zmniejszenie chropowatości Ra , w porównaniu do obróbki tradycyjnymi ostrzami. Warto zauważyć, że chropowatość ta jest w niektórych przypadkach, nawet 5-krotnie mniejsza od porównywanej. Zasada ta ma zastosowanie zarówno dla toczenia „na mokro” jak i „na sucho”.

Porównując chropowatości uzyskane dla płytek TNMG o tym samym promieniu naroża i dla tych samych parametrach skrawania, nie zauważono znaczącego wpływu rodzaju zastosowanej strategii chłodzenia i smarowania na wartość Ra .

W skrajnym przypadku różnica ta wynosi około 5%. Jednak zwiększenie promienia naroża przy tych samych warunkach podawania cieczy obróbkowej obróbki zmniejsza wartości Ra w granicach 48–164% w zależności od zastosowanych parametrów skrawania.

Porównując chropowatości uzyskane dla płytek TNMX (Wiper) o tym samym promieniu naroża i dla tych samych parametrów skrawania stwierdzono, że wpływ strategii dostarczania cieczy obróbkowej jest znaczący i powoduje zmianę Ra średnio o 20–35%. W skrajnym przypadku różnica wynosi 93%. Zwiększenie promienia naroża przy tych samych warunkach podawania cieczy obróbkowej obróbki zmniejsza wartości Ra w granicach 23–175% w zależności od zastosowanych parametrów skrawania.

Zwiększanie posuwu f , przy stałej prędkości skrawania v_c powoduje znaczący wzrost wartości parametru chropowatości Ra dla wszystkich warunków obróbki, bez względu na rodzaj użytej płytki skrawającej. W przypadku obróbki „na mokro” różnice wartości Ra między kolejnymi próbami skrawania dochodzą do 290%. W przypadku obróbki „na sucho” różnice wartości Ra między kolejnymi próbami skrawania są mniejsze i nie przekraczają 220%.

W tabeli 3 wyróżniono przypadki, dla, których uzyskano najmniejsze wartości Ra . Okazało się, że biorąc pod uwagę rodzaj płytek skrawających najmniejszą chropowatość otrzymywano dla promienia naroża $r_e = 0,8$ mm tocząc z prędkością skrawania $v_{c1} = 600$ m/min i posuwem $f_1 = 0,1$ mm/obr (próba 1). Odnosi się to zarówno do prób z udziałem cieczy obróbkowej, jak i bez jej udziału, bowiem różnice wartości parametru Ra pomiędzy nimi są pomijalnie małe. Do badań zasadniczych wybrano więc płytki TNMG i TNMX o promieniu naroża $r_e = 0,8$ mm w warunkach toczenia bez udziału cieczy obróbkowej (tabela 2). Dla celów porównawczych przeprowadzono badania z użyciem parametrów skrawania zalecanych przez producenta – $v_{c1} = 415$ m/min i $f_1 = 0,1$ mm/obr.

4. BADANIA ZASADNICZE

Wyniki pomiarów zużycia VB_{Bmax} oraz chropowatości Ra uzyskanych podczas badań zasadniczych przedstawiono w tabeli 4. Na podstawie tych danych sporządzono wykres przebiegów krzywych zużycia ostrzy skrawających (rys. 1) oraz wykres zmian wartości Ra w trakcie obróbki (rys. 2).

Przebiegi krzywych zużycia, przedstawione na rys. 1 w postaci krzywych Lorentza, prezentują pełny charakter zużycia podzielony na trzy etapy (fazy) [4,5,6]. Odcinki krzywych należące do fazy normalnej pracy narzędzia stanowią 85–95% całkowitego czasu skrawania. Zwiększenie prędkości skrawania nie doprowadziło do wyeliminowania fazy docierania, jednak spowodowało wzrost intensywności zużycia.

Na podstawie rys. 1 ustalono, że trwałość ostrzy skrawających przy $v_{c1} = 600$ m/min jest dużo mniejsza niż przy $v_{c4} = 415$ m/min. Dla płytek TNMX (Wiper)

Tabela 4. Badania zasadnicze – parametry $VB_{B_{max}}$ i Ra

$v_{c1} = 600 \text{ m/min}$						$v_{c4} = 415 \text{ m/min}$					
TNMX 0,8 Próba nr 1'			TNMG 0,8 Próba nr 2'			TNMX 0,8 Próba nr 3'			TNMG 0,8 Próba nr 4'		
czas t [s]	$VB_{B_{max}}$ [mm]	Ra [μm]	czas t [s]	$VB_{B_{max}}$ [mm]	Ra [μm]	czas t [s]	$VB_{B_{max}}$ [mm]	Ra [μm]	czas t [s]	$VB_{B_{max}}$ [mm]	Ra [μm]
0	0,000		0	0,000		0	0,000		0	0,000	
20	0,075	0,32	20	0,050	0,40	75	0,070	0,29	108	0,035	0,61
40	0,080	0,35	40	0,055	0,42	148	0,090	0,33	213	0,050	0,76
60	0,090	0,37	60	0,065	0,43	220	0,100	0,41	418	0,100	0,89
90	0,100	0,40	115	0,100	0,60	290	0,125	0,45	518	0,110	0,95
120	0,120	0,40	173	0,115	0,75	359	0,130	0,46	616	0,120	1,05
180	0,145	0,76	288	0,150	0,78	426	0,140	0,49	805	0,120	1,18
240	0,150	1,10	349	0,170	0,89	492	0,145	0,75	896	0,120	1,30
295	0,160	1,10	411	0,190	1,04	618	0,150	1,03	985	0,120	1,41
350	0,170	1,19	474	0,410	1,26	738	0,150	1,04	1072	0,120	1,50
402	0,250	1,27	535	0,780	1,46	852	0,175	1,08	1320	0,160	1,57
420	0,800	1,30				960	0,210	1,16	1398	0,175	1,60
						1012	0,220	1,24	1548	0,180	1,64
						1062	0,255	1,29	1618	0,190	1,67
						1111	0,275	1,34	1685	0,205	1,69
						1159	0,300	1,35	1749	0,235	1,81
						1205	0,335	1,37	1812	0,310	1,83
						1293	0,560	1,39	1874	0,600	1,88

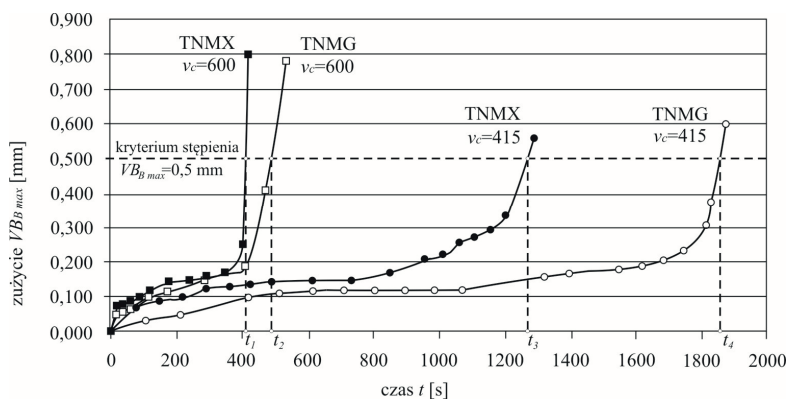
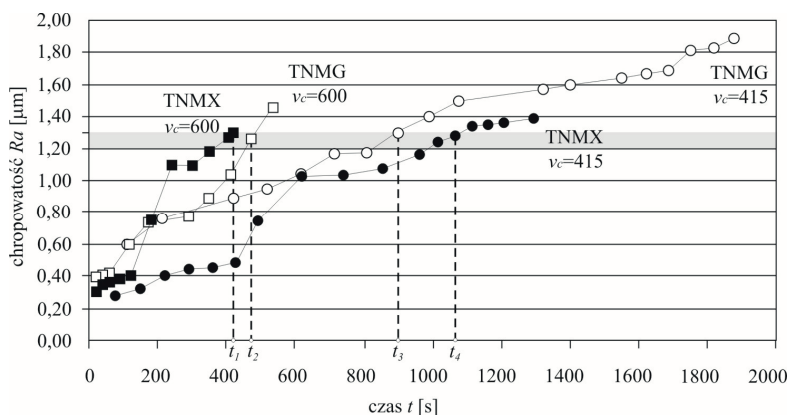
czas do osiągnięcia stopnia kryterialnego wynosi odpowiednio $t_1 = 425$ sekund oraz $t_3 = 1265$ sekund. W przypadku płytek tradycyjnych czasy wynoszą $t_2 = 570$ sekund i $t_4 = 1845$ sekund. Zatem dla obu płytek czas obróbki przy większej prędkości skrawania jest około 3-krotnie krótszy niż dla prób z mniejszą prędkością.

Warto zauważyć, że przy stałej prędkości skrawania, trwałość płytek z narożem promieniowym jest większa. Dla $v_{c1} = 600 \text{ m/min}$ o 34%, zaś dla $v_{c4} = 415 \text{ m/min}$ o 45%.

Na podstawie rys. 2 można stwierdzić, że chropowatość powierzchni obrobionej rośnie wraz ze wzrostem zużycia narzędzia. Najmniejsze wartości Ra w całym okresie trwałości uzyskiwano dla płytki Wiper przy prędkości skrawania równej 415 m/min. Dla porównania wartości Ra dla płytki o narożu promieniowym były, przy tej prędkości, większe o 20–85%, przy czym różnica ta malała wraz ze wzrostem czasu obróbki.

Porównując przebieg zmian chropowatości przy $v_{c4} = 415 \text{ m/min}$ zaobserwowano, że do około 170 sekundy wartości Ra dla płytki TNMX były mniejsze od tych uzyskiwanych dla płytki TNMG. Po upływie tego czasu obróbka płytką z narożem promieniowym dawała lepsze rezultaty.

Przyjęto, że technologicznym kryterium stopnia będzie osiągnięcie Ra na poziomie 8 klasy chropowatości. Poziom ten zaznaczono na rys. 2 jako szary obszar

Rys. 1. Przebiegi wskaźnika zużycia $VB_{B max}$ w czasieRys. 2. Zmiany parametru chropowatości Ra w czasie

między $Ra = 1,20\text{--}1,30 \mu\text{m}$. Dla płytki TNMX przy prędkości $v_{c4} = 415 \text{ m/min}$ czas ten był najdłuższy i wynosił $t_4 = 1062$ sekund. Dla porównania przy tej samej prędkości skrawania płytka TNMG osiągnęła trwałość $t_3 = 896$ sekund, czyli o 26% gorszy. Dla prędkości mniejszej różnice te były większe i wynosiły dla TNMX – $t_1 = 420$ sekund (60%), a dla TNMG – $t_1 = 474$ sekund (55%).

5. WNIOSKI

Na podstawie prezentowanych powyżej wyników można stwierdzić, że zastosowanie parametrów skrawania, innych niż zalecane przez producenta, powoduje zmniejszenie okresu trwałości ostrza. Dotyczy to zarówno geometrycznego (zużycie VB), jak i technologicznego kryterium stopnia (chropowatość Ra).

Prawidłowość tę należy jednak traktować jako określoną wstępnie, prowadząc dalsze badania dla innych warunków obróbki.

Analizując wyniki uzyskane dla parametrów zalecanych, tj. dla $v_{c4} = 415$ m/min trzeba zauważyć, że płytko o narożu promieniowym ma dłuższy okres trwałości, jednak biorąc pod uwagę technologiczne kryterium stopienia użycie płytki Wiper jest w pełni uzasadnione. Należy jednocześnie pamiętać, że wartości parametru Ra w końcowym okresie trwałości są mniejsze o 10–15% od tych uzyskanych przez płytki tradycyjne, podczas gdy w pierwszej fazie obróbki były nawet 2-krotnie mniejsze.

LITERATURA

- [1] ADAMCZAK S., *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistość i chropowatość*. Warszawa, WNT, 2008.
- [2] CICHOSZ P., *Kształtowanie warstwy wierzchniej przedmiotów obrabianych ostrzami typu Wiper*. W: Obróbka skrawaniem, wysoka produktywność. Wrocław, Wydawnictwo PWr, 2007, 199–204.
- [3] CICHOSZ P., *Ekonomiczne aspekty doboru narzędzi skrawających do zadania produkcyjnego*. W: Mechanik, nr 10, 2004, 642-647.
- [4] CICHOSZ P., *Narzędzia skrawające*. Warszawa, WNT, 2006.
- [5] DMOCHOWSKI J., *Podstawy obróbki skrawaniem*. Warszawa, PWN, 1983.
- [6] GRZESIK W., *Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych*. Warszawa, WNT, 2010.
- [7] KACZMAREK J., *Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej*. Warszawa, WNT, 1970.
- [8] 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.
- [9] SANDVIK, Katalog główny, www.sandvik.com/pl.
- [10] STACHURSKI W., MIDERA S., *Wyznaczenie zależności matematycznej do obliczeń i analizy chropowatości powstałej w procesie toczenia*, W: Mechanik, nr 3, 2013, 204-210.
- [11] 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.

WEAR RESISTANCE INVESTIGATIONS OF WIPER CUTTING INSERTS.

In the paper results concerning wear resistance of Wiper cutting inserts for selected cutting conditions are presented. In the first stage of investigation recommended by manufacturer of inserts cutting parameters have been tested. Moreover out of recommended range cutting parameters were tested too. On the base of results obtained from first stage of researches, where the smallest values of roughness parameters had been noticed, cutting parameters have been selected for wear resistance investigations. In the second stage of investigation flank wear land VB_B parameters and surface roughness parameters of the machined surface of the work piece were measured. Influence of applied cutting parameters on wear resistance of cutting tool has been described.

Key words: turning, Wiper insert, tool wear, tool life, surface roughness