

Analiza wpływu warunków toczenia na chropowatość powierzchni paneli wykonanych z polietylenu niskiej gęstości (LDPE)

The analysis of turning conditions influence on the surface roughness of pales made from low density polyethylene (LDPE)

MACIEJ KOWALSKI
PAWEŁ KAROLCZAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.354

Prezentowano zagadnienia dotyczące obróbki wiórowej tworzyw sztucznych. Badaniom został poddany polietylen niskiej gęstości LDPE. Zaprezentowano wpływ warunków obróbki na strukturę geometryczną powierzchni generowanej podczas toczenia poprzecznego paneli wykonanych z syntetycznych tworzyw polimerowych.

SŁOWA KLUCZOWE: chropowatość, polietylen, toczenie, warstwa wierzchnia

This article presents issues concerning the machining of plastics. The low-density polyethylene LDPE was studied. This article presents the influence of machining conditions on the geometrical structure of the surface generated during facing panels made from synthetic polymeric materials.

KEYWORDS: roughness, polyethylene, turning, surface layer

Polietyleny to najbardziej powszechne materiały na świecie wśród tworzyw sztucznych. Zbudowane są z węglowodorów organicznych należących do grupy polikondensatów termoplastycznych. Badana odmiana polietylenu charakteryzuje się niską gęstością ($0,920 \text{ g/cm}^3$ w temperaturze $23 \text{ }^\circ\text{C}$) i stosunkowo niską temperaturą topnienia fazy krystalicznej ($105\text{--}110 \text{ }^\circ\text{C}$). Tworzywo to wykazuje stabilność termiczną, bez zmian właściwości mechanicznych w krótkim okresie, w temperaturze $80\text{--}90 \text{ }^\circ\text{C}$. W dłuższym okresie zaś traci swoją stabilność w temperaturze $60\text{--}75 \text{ }^\circ\text{C}$. Materiał ten nie pęka, jest bardzo dobrym izolatorem oraz nie chłonie wody. Charakteryzuje się odpornością na działanie rozcieńczonych kwasów, rozpuszczalników i alkoholi. Zachowuje elastyczność do $-60 \text{ }^\circ\text{C}$. Tworzywa z tej grupy uznaje się za dobrze skrawalne, jednak ich niestabilność temperaturowa może być czynnikiem znacznie komplikującym przebieg obróbki [3, 4]. Wpływ ciepła jest o tyle niekorzystny, że termoplasty, do których zaliczany jest polietylen niskiej gęstości, są dobrymi izolatorami ciepła i charakteryzują się brakiem przewodności cieplnej. Jeśli ciepło odbierane jest jedynie przez narzędzie skrawające, to zaobserwować można intensywne powstawanie narostu i przetopy oraz płynięcie materiału. Zastosowanie czynnika chłodzącego, np. sprężonego powietrza, może pozwolić na zwiększenie wydajności obróbki jednak często bywa źródłem pęknięć tego materiału. Najlepszą więc metodą chłodzenia tworzyw sztucznych (i tym samym redukcji temperatury w strefie skrawania i obniżenia zagrożenia przetopienia się tych materiałów w trakcie obróbki) wydaje się dobranie takich warunków toczenia, w których ciepło będzie odprowadzane ze strefy skrawania wraz z wiórami [2, 5, 6].

Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone na polietylenie niskiej gęstości LDPE. Jest to materiał szeroko stosowany w przemyśle: wytwórczym opakowań, chemicznym, włókienniczym, budowie maszyn i budownictwie.

Do badań przygotowano prostokątne płyty o wymiarach $200 \times 120 \text{ mm}$. Badania były prowadzone na tokarce ze sterowaniem numerycznym CNC TUR 560 MN. Toczenie przeprowadzono dla prędkości skrawania $v_c = 150 \text{ m/min}$, przy posuwach $f = 0,04; 0,095; 0,105; 0,155; 0,17; 0,195; 0,235; 0,375; 0,7; 1,04$ i $1,63 \text{ mm/obr}$ oraz głębokości skrawania $a_p = 3 \text{ mm}$.

Do badań użyto noża tokarskiego NNPe 2012 wykonanego ze stali szybko tnącej SK5. Geometria tego narzędzia oraz materiał, z jakiego zostało ono wykonane, pozwala na osiągnięcie warunków skrawania zgodnych z zalecanymi przez producentów narzędzi do obróbki tworzyw sztucznych.

Po przeprowadzeniu toczenia wykonano pomiary chropowatości na profilografometrze FORM TALYSURF 120L firmy TAYLOR HOBSON. Zastosowano pole pomiarowe $1,8 \times 1,8 \text{ mm}$. Filtrację powierzchni surowej wykonano filtrem Gaussa $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$. Do pomiarów zastosowano igłę stożkową o kącie rozwarcia 90° i promieniu zaokrąglenia wierzchołka $2 \text{ }\mu\text{m}$.

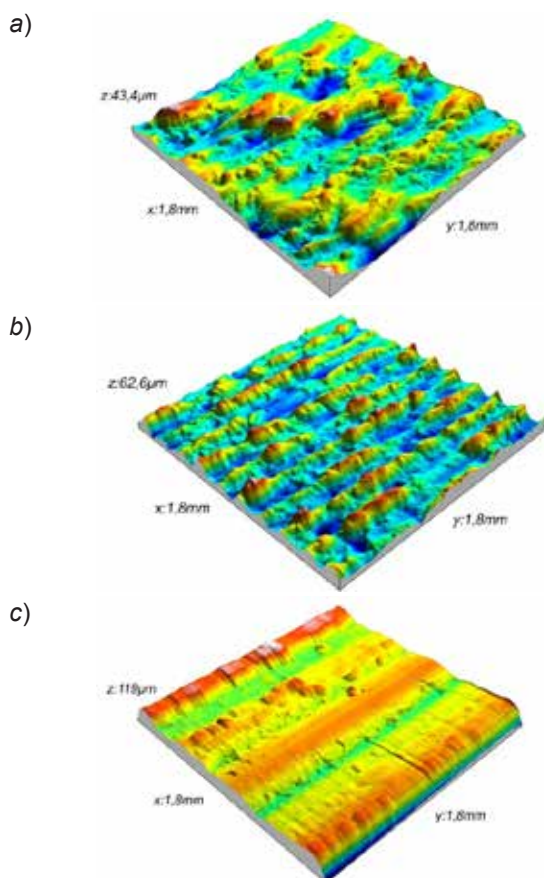
Wyniki badań

Ponieważ charakterystyka powierzchni przedstawiona jedynie w układzie płaskim (2D) może być obciążona znacznym błędem wynikającym z założenia, że badana powierzchnia jest strukturą nieizotropową, a parametry oceniane w takim układzie nie zawierają zwykle informacji o punktach ekstremalnych nierówności powierzchni [1] – w pracy szerzej omówiono wyniki pomiarów wykonanych metodą przestrzenną (3D).

Widok 3D powierzchni toczonej z posuwem $f = 0,095 \text{ mm/obr}$ (rys. 1 górny) wskazuje na charakter anizotropowy mieszany otrzymanej struktury. Można przypuszczać, że zbyt niski posuw powoduje zmniejszenie się stabilności procesu obróbki i generowanie drgań pogarszających chropowatość powierzchni. Wraz ze wzrostem zastosowanego posuwu stwierdzić można zmianę charakteru otrzymanej powierzchni. Nabiera ona cech okresowości, co pokazano na przykładzie toczenia z posuwem $f = 0,195 \text{ mm/obr}$ (rys. 1b). Proces skrawania się ustabilizował, widoczne są wyraźne ślady odwzorowania krawędzi skrawającej na obrabianej powierzchni. Dalsze zwiększanie zastosowanego posuwu nie będzie zmieniało charakteru otrzymanej powierzchni. Widoczne natomiast stają się ślady wpływu ciepła na generowaną strukturę geometryczną powierzchni.

* Dr inż. Maciej Kowalski (maciej.kowalski@pwr.edu.pl), dr. inż. Paweł Karolczak (pawel.karolczak@pwr.edu.pl) – Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych Politechniki Wrocławskiej

Zjawisko to tym silniej oddziałuje na powierzchnię obrabianego przedmiotu, im wyższy posuw zastosujemy. W przypadku najwyższego z badanych posuwów $f = 1,63$ mm/obr można zaobserwować wyraźne poprzeczne płygnięcie warstwy wierzchniej (rys. 1).

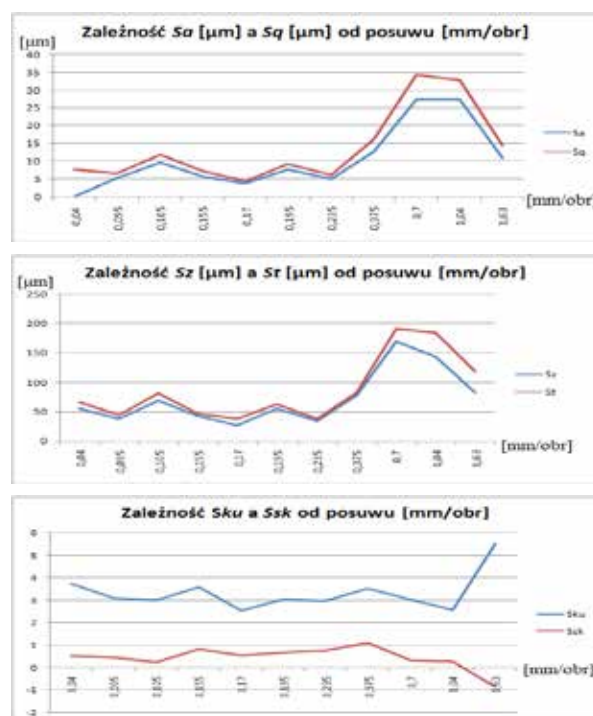


Rys. 1. Przykładowe obrazy chropowatości fragmentów badanych powierzchni (3D) w funkcji posuwu f : a) $f = 0,095$ mm/obr., b) $f = 0,195$ mm/obr, c) $f = 1,63$ mm/obr

Na rys. 2 przedstawiono wpływ posuwu f na uzyskane wartości wybranych wysokościowych i statystycznych parametrów chropowatości 3D.

Analizując zaprezentowane wykresy, można zauważyć, że zmiany posuwu w zakresie $f = 0,04$ – $0,235$ mm/obr nie wpływają w istotny sposób na wartości ocenianych parametrów. Natomiast, co widoczne jest podczas prowadzenia analizy obrazów przestrzennych, nastąpiła zmiana w charakterze obrabianej powierzchni. Stwierdzić więc można, że najlepsze warunki obróbki – zapewniające wysoką wydajność skrawania oraz otrzymanie korzystnych struktur chropowatości przy najniższych wartościach analizowanych parametrów wysokościowych – można otrzymać dla posuwu f o wartości ok. $0,2$ mm/obr. Dalsze zwiększenie zastosowanego posuwu skutkuje znacznym skokowym wzrostem wartości parametrów chropowatości (dla parametrów S_a i S_q o ok. 350%, a dla S_z i S_t o ok. 200%). Wzrost posuwu do wartości powyżej $f = 1$ mm/obr spowodował znaczny wzrost temperatury w strefie skrawania, co doprowadziło do nadtopienia warstwy wierzchniej, spłylenia wysokości otrzymywanej chropowatości (spadek wartości wszystkich analizowanych parametrów wysokościowych) przy jednoczesnej zmianie charakteru otrzymanej powierzchni. Odnotowano wzrost wartości parametru S_{ku} przy jednoczesnym spadku poniżej 0 wartości S_{sk} . Świadczy to o tym, że w wyniku przetopienia zniknęły z powierzchni wierzchołki chropowatości, a dominujące stały się w jej budowie pojedyncze, niezala-

ne stopionym materiałem głębokie zagłębienia (rowy). Powierzchnia taka ma korzystne właściwości eksploatacyjne, jednak proces w takich warunkach obróbki charakteryzuje się dużą przypadkowością otrzymywanych wymiarów i odchyłkami kształtu wykonywanych elementów.



Rys. 2. Wartości wybranych parametrów chropowatości 3D w funkcji posuwu f (od góry: S_a , S_q , S_z , S_t , S_{ku} i S_{sk})

Podsumowanie

Polietylen jest materiałem bardzo podatnym na skrawanie i na obciążenia temperaturowe. Z uwagi na jego niewielką przewodność cieplną, jak również niski moduł Younga, w trakcie obróbki może dojść do deformacji termicznych przy silnym nagraniu toczzonego elementu. W trakcie obróbki zaobserwowano również, w szerokim zakresie zmienności parametrów skrawania, powstawanie wiórów o charakterze wstęgowym, które miały tendencję do owijania się wokół narzędzia i pozostawiania w strefie skrawania. Ich sprawne usuwanie z tej strefy połączone z ciągłą kontrolą stanu ostrza skrawającego może być z pewnością jednym z elementów pozwalających na zwiększenie wartości dopuszczalnych posuwów, a tym samym na zwiększenie wydajności obróbki elementów z LDPE.

LITERATURA

- Oczóš K.E., Liubimov V. „Struktura geometryczna powierzchni. Podstawa klasyfikacji z atlasem charakterystycznych powierzchni kształtowanych”. Oficyna Wydawnicza PRZ., Rzeszów 2003.
- Hyla I. „Tworzywa sztuczne. Własności – przetwórstwo – zastosowanie”. Wydawnictwo PŚ, Gliwice 2000.
- Lazarević D., Madić M., Janković P., Lazarević A. „Cutting parameters optimization for surface roughness in turning operation of polyethylene using Taguchi method”. *Tribology in Industry*, 2012, 34(2): pp. 68÷73
- Salles J., Goncalves M. „Effects of Machining Parameters on Surface Quality of the Ultra High Molecular Weight Polyethylene”. (2003) *Materia*, 8 (1), pp. 1÷10.
- Eriksen E. „Influence from production parameters on the surface roughness of a machined short fibre reinforced thermoplastic” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. Vol. 39, Iss. 10, October 1999, pp. 1611÷1618
- Kobayashi, A., Hirakawa, K. „Ultraprecision Machining of Plastics. Part 1.” *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. Vol. 22, Iss. 1, 1 January 1984, pp. 15÷2. ■