



Wpływ procesu szlifowania stopu aluminium po umocnieniu warstwy wierzchniej na chropowatość powierzchni

Effect of the grinding process after strengthening the aluminum alloy surface layer on the surface roughness

RYSZARD WÓJCIK
ŁUKASZ KACZMAREK*

W opracowaniu przedstawiono fragment badań warstw wierzchnich obejmujących rozkłady chropowatości pomierzone na stopie aluminium których powierzchnie poddano procesowi umocnienia. Celem procesu szlifowania było zmniejszenie chropowatości kosztem usunięcia niewielkich grubości warstw umocnionych, pozwalających zachować właściwą wytrzymałość zmęczeniową. Zastosowano mgłę olejową oraz sprężone powietrze jako czynniki smarujące i chłodzące. Sprawdzone wpływ tych mediów na stan sił skrawania.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, stop aluminium

The paper presents the research portion of the outer layers covering the roughness distributions measured on the aluminum alloy surfaces which were subjected to strengthen. The purpose of the grinding process was to reduce the roughness of the cost of removal of small layer thickness reinforced, allowing maintain proper fatigue resistance. And oil mist used compressed air as cooling and lubricating agents. Checked the effect of these media on the condition of the cutting forces.

KEYWORDS: grinding, aluminum alloy

Aspekty materiałowe występujące podczas opracowywania konstrukcji mają decydujący wpływ na etapie projektowania, pozwalając zmniejszyć masę konstrukcji poprzez zastosowanie materiałów o mniejszej gęstości. W przypadku stopów aluminium lub na ich bazie występuje wysoki stopień powinowactwa z tlenem. Prowadzi to do tworzenia na ich powierzchni cienkiej warstwy tlenku glinu (Al_2O_3), która jest znacznie twardsza od materiału rodzimego [1, 5, 6]. W przypadku jej uszkodzenia, niszczone są elementy ze sobą współpracujące, w efekcie czego nastę-

puje przyspieszone zużycie zmęczeniowe lub zatarcie.

Metody zwiększające odporność dla tych stopów to nakładanie powłok o dużej przyczepności, wymagają one jednak temperatury procesów powyżej 570 K. Prowadzi to do starzenia stopów aluminium, co obniża właściwości mechaniczne. Alternatywą poprawy jakości warstwy wierzchniej wspomnianych materiałów są obróbki plastyczne, modyfikujące ten stan.

Przygotowanie próbek do badań

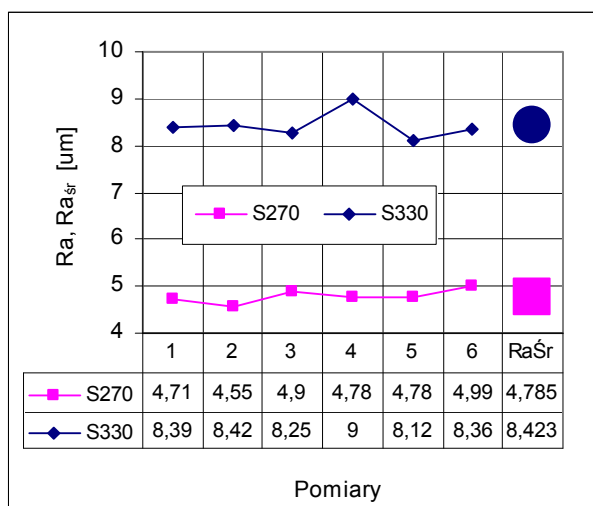
Do procesu umocnienia przygotowano próbki w kształcie walca o wymiarach $\varnothing 25 \times 40$ mm. Próbki mocowano w pryzmie na siłomierzu wielokanałowym 9272, sygnał wprowadzano do wzmacniacz 5011A który był podłączony do modułu KUSB-3108 firmy KEITHLEY wraz z oprogramowaniem opisanym we wcześniejszych pracach [6, 7].

Powierzchnie badane przygotowano w następujący sposób: poddano je obróbce plastycznej (stop 7075) kulowaniu, wykorzystano dwa rodzaje śrutu, oznaczone jako S270, S330, zakres ciśnień od 0,4 do 0,8 MPa [4].

Do dalszych badań przyjęto odległość dyszy od powierzchni $L_d = 70$ mm, ciśnienie $P_{sr} = 0,6$ MPa. W drugim etapie umocnienia warstw wierzchnich wykonany został proces ujednolicenia struktury stopu. Przeprowadzono wygrzewanie w piecu oporowym Neo Therm w temperaturze 773 K, czas procesu to cztery godziny, następnie dokonano przesycania w wodzie o temperaturze 282 K [4]. W przygotowanych próbkach uzyskano głębokość utwardzenia, dla śrutu S330 - 160 μm , $R_a = 8,32$ μm a dla śrutu S270 - 220 μm , $R_a = 4,71$ μm .

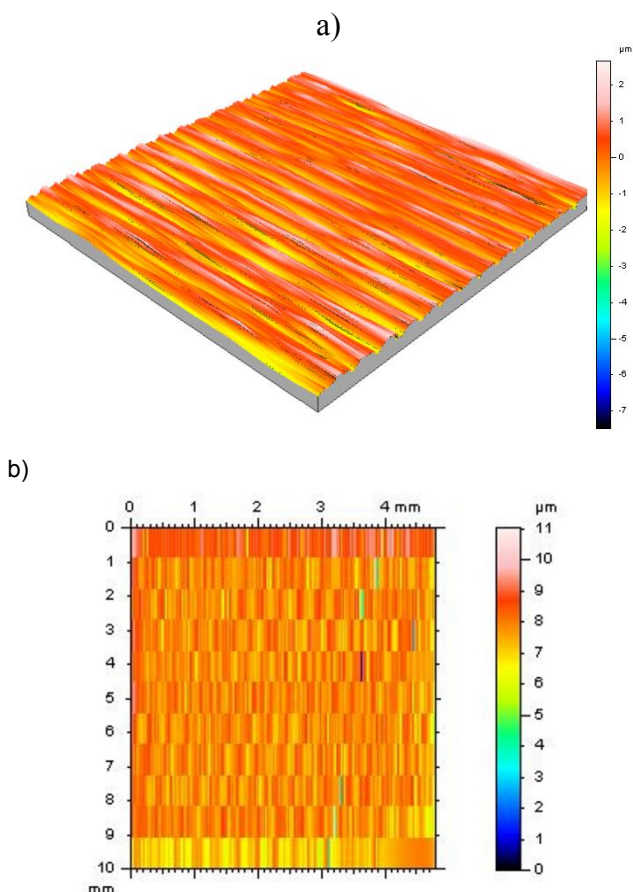
Zmniejszenie średnicy śrutu spowodowało zwiększenie utwardzenia głębokości warstw wierzchnich i obniżenie chropowatości powierzchni. Na rys.1 przedstawiono pomiary w poszczególnych punktach oraz wartość średnią $R_{a_{sr}}$.

* dr hab. inż. prof. PŁ. Ryszard Wójcik ryszard.wojcik@p.lodz.pl, dr hab. inż. Łukasz Kaczmarek (lukasz.kaczmarek@p.lodz.pl)

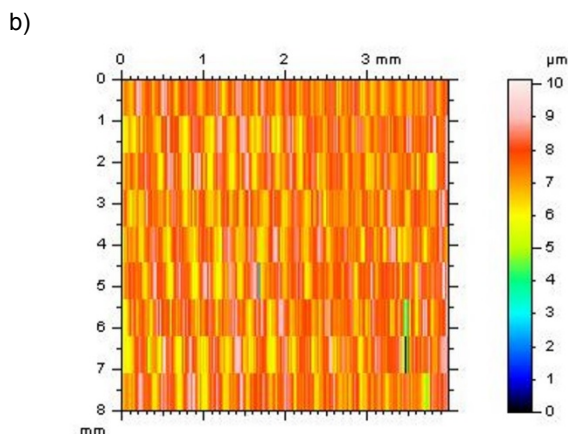
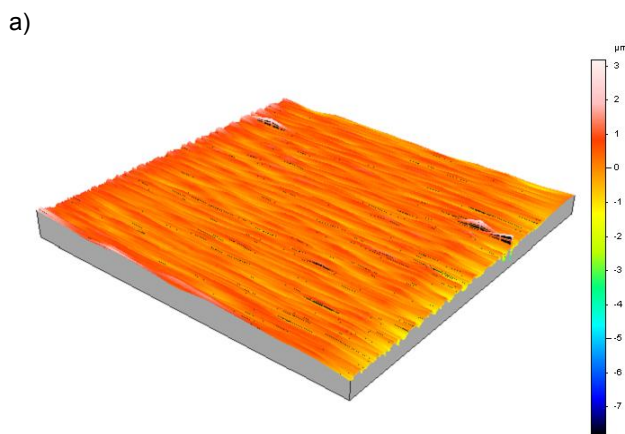


Rys. 1. Porównanie chropowości warstw wierzchnich po procesie kulowania śrutem S270 i S330.

Przed procesem szlifowania rozszerzono pomiaru chropowości o widoki 3D powierzchni oraz mapy warstwicowe. Rysunek 2 prezentuje powierzchnie po modyfikacji (śrut S270), rys.3 stan warstwy wierzchniej po śrutowaniu śrutem S330. Do pomiaru wykorzystano profilometr T8000 firmy Hommel Werke z oprogramowaniem.



Rys. 2. Obraz powierzchni próbki po procesie modyfikacji śrutem S270: a) widok powierzchni 3D, b) mapa warstwicowa



Rys. 3. Obraz powierzchni próbki po procesie modyfikacji śrutem S330: a) widok powierzchni 3D, b) mapa warstwicowa

Powierzchniach próbek po procesie umacniania szlifowano. Założono, że maksymalny naddatek jaki można usunąć w procesie szlifowania to $a_e = 0,04$ mm.

Opis procesu szlifowania

Badania szlifowania przeprowadzono na szlifierce do płaszczyzn, w badaniach wstępnych wykorzystano ściernicę z elektrokorundu szlachetnego Al_2O_3 38A 60K V. Przyjęto stałą wartość $v_s = 30$ m/s, natomiast pozostałe parametry procesu szlifowania były: $a_e = 0,02$ mm, $v_w = 0,2-0,5$ m/s, $v_{t0} = 0,5-1$ mm/skok. W procesie wykorzystano mgłę olejową - glikol propylenowy (GP) oraz sprężone powietrze (SP), otwór dyszy 1 mm, ciśnienie czynnika $p_c = 0,6$ MPa (wartość stała), ustawienie dyszy względem powierzchni szlifowanej pod kątem 25° [7, 8, 9, 10].

Badania sił składowych skrawania zrealizowano dla powierzchni po procesie umocnienia oraz bez tego procesu. Na rys.3 zaprezentowano przebiegi siły, które są oznaczone w następujący sposób:

St/Mq – aluminium starzone, szlifowane z udziałem mgły olejowej (GP).

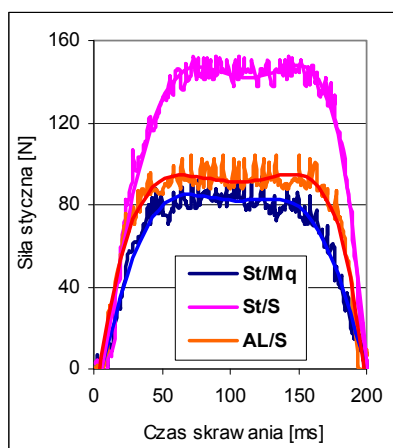
St/S – aluminium po obróbce kulowania, starzone, następnie szlifowane z udziałem sprężonego powietrza.

AL/S – aluminium bez obróbki z udziałem sprężonego powietrza.

Parametry procesu szlifowania były następujące: $a_e = 0,02$ mm, $v_w = 0,2$ m/s, $v_s = 30$ m/s.

Najmniejsze wartości sił uzyskano dla przypadku oznaczonego St/Mq oraz dla aluminium bez modyfikacji powierzchni. Dwukrotnie wyższa wartość siły stycznej wystąpiła podczas szlifowania aluminium z udziałem sprężonego powietrza.

Uśrednione wartości siły składowej stycznej dla poszczególnych przebiegów przedstawiono na rysunku 2.



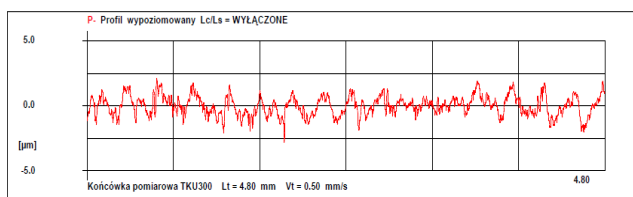
Rys.3. Siła składowa skrawania styczna F_t

Wyniki badań

Podczas monitorowania tradycyjnych procesów produkcyjnych wykorzystywana jest dwuwymiarowa analiza struktury warstwy wierzchniej. Jest to procedura uproszczona pozwalająca określić stan zmian jakie zachodzą w topografii powierzchni. Jednak pomiar dwuwymiarowy jest ograniczoną informacją jeśli chodzi o zjawiska związane z nośnością trójwymiarową dotyczącą chociażby ilości środka smarnego który decyduje o trwałości i przebiegu procesu zużycia. Na rys.4 zaprezentowano profil chropowatości próbki szlifowanej z udziałem glikolu propylenowego – poddanej wcześniej procesowi starzenia i kulowania. Całkowite „zabiecenie” szlifowanej powierzchni uzyskano po zdjęciu nadkładu 0,04 mm. Głębokość warstwy utwardzonej procesie umocnienia, dla śrutu oraz stan końcowy po procesie szlifowania:

- S270 - stan wyjściowy 240 μm , końcowy 200 μm ,
- S330 - stan wyjściowy 160 μm , końcowy 120 μm

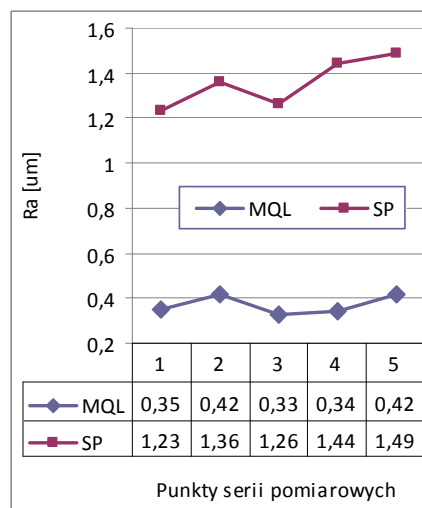
Po procesie szlifowania dokonano pomiarów chropowatości, głównie zwrócono uwagę na parametr R_a . Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy profil chropowatości uzyskany w wyniku procesu szlifowania.



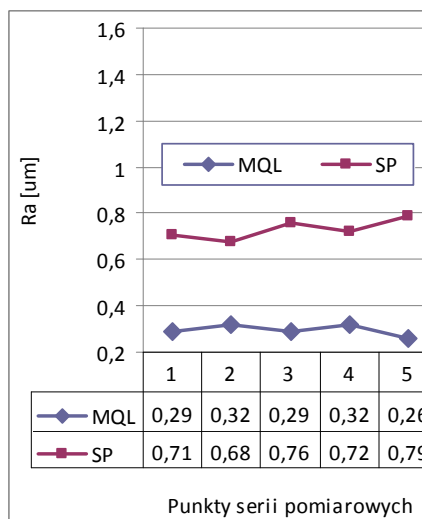
Rys.4. Przykładowy profil chropowatości próbki po procesie szli

Na rysunku 5 i 6 zaprezentowano przykładowe wyniki badań, dwa przypadki. Parametry procesu szlifowania zastosowano takie jak same, wcześniej opisane: $v_w=0,2$, $a_e=0,02$ mm, zmieniano $v_{f0}=0,5$ - 1 mm/skok. Wykorzystano czynniki: sprężone powietrze i MQL – (GP).

Zwiększenie $v_{f0}=0,5$ mm/skok do $v_{f0}=1$ mm/skok wpłynęło korzystnie na warstwę wierzchnią zmniejszając chropowatość. W przypadku sprężonego powietrza od 1,49 μm rys.5 do wartości 0,79 μm rys.6. Natomiast w przypadku zastosowania glikolu propylenowego od 0,42 μm rys.5 do wartości 0,32 μm rys.6, dotyczy to ściernicy 38A 60K V.



Rys.5. Rozkład chropowatości warstwy wierzchniej dla $v_{f0}=0,5$ mm/skok



Rys.6. Rozkład chropowatości warstwy wierzchniej dla $v_{f0}=1$ mm/skok

Podsumowanie

Wykorzystanie stopów aluminium które wcześniej zostały poddane procesom umocnienia (kulowania) i starzenia można poddawać szlifowaniu. Należy je realizować w bardzo rozsądny sposób z uwagi na to że warstwy wierzchnie najczęściej nie są dostatecznie dużych rozmiarów (głębokości) około kilkudziesięciu mikronów, stąd każda dodatkowa ingerencja obniża ich grubości co jest dużym zagrożeniem w procesach eksploatacji. Nie mniej proces szlifowania jest alternatywą poprawiającą parametr chropowatości R_a zdecydowanie go obniżając. Zastosowanie glikolu propylenowego daje pewną nadzieję na zmniejszenie grubości warstw zbieranych w procesie szlifowania. Duże znaczenie ma proces ustalania elementu obrabianego. Dokładne ustalenie daje możliwość jeszcze zmniejszenia nadkładu w procesie szlifowania. W dalszych badaniach należałoby określić rozkład naprężeń własnych w badanych materiałach. Aby zachować rozkład naprężeń własnych – ściskający, który uzyskano po modyfikacji warstw wierzchnich. Całości działań daje możliwość wykorzystywania materiałów ze stopów lekkich - aluminium na elementy współpracujące w warunkach średnich obciążeń.

LITERATURA

1. 1.Oczoś K.E, Kawalec A.: Kształtowanie metali lekkich. PWN 2012.
2. Oczoś K. E: Doskonalenie strategii chłodzenia i smarowania w procesach obróbkowych. *Mechanik* 2004/10, str. 597-649
3. Oczoś K. E.: Rozwój innowacyjnych technologii ubytkowego kształtowania materiałów. CZ II. Szlifowanie. *Mechanik* 2002/10
4. Kaczmarek Ł.: Lekkie, przeciwzużyciowe materiały funkcjonalne na bazie stopów aluminium. Politechnika Łódzka. Zeszyty Naukowe nr 1152, Łódź 2013 r.
5. Napadłek W.: Wpływ umocnienia warstwy wierzchniej stopu aluminium PA31 (ENAW- 2618A) falą uderzeniową generowaną impulsem laserowym (LSP) na wytrzymałość zmęczeniową. *Inżynieria Materiałowa* 5.pp.1159-1162, 2006.
6. Roven H., Nesboe W.J.C., Seifert T.: Mechanical properties of aluminium alloys processed by SPD: Comparison of different alloy systems and possible product areas. *Materials Science and Engineering A*410-411, pp426-429, 2005.
7. Silva L.R. [da] i in.: Analysis of the application of the minimum quantity lubricant- MQL technique in the grinding process. *Ind. Diam. Rev.*, 2007, t. 67, nr 1, s. 65-66, 68-70.
8. Silva L.R. [da] i in.: Analysis of surface integrity for minimum quantity lubricant - MQL in grinding. *Int. J. of Mach. Tools a. Manuf.*, 2007, t. 47, nr 2, s. 412-418.
9. Tawakoli T., Hadad M.J., Sadeghi M.M.: Influence of oil mist parameters on minimum quantity lubrication - MQL grinding process. *Int. J. of Mach. Tools a. Manuf.*, 2010, t. 50, nr 6, s. 521-531.
10. Wójcik R., Rosik R.: Badania wpływu MQL z użyciem glikolu propylenowego na chropowatość powierzchni przedmiotu szlifowanego. *Inżynieria Maszyn* R.15, z. 4, 2010, s. 122-131