

	Organizatorzy:	XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKİ ŚCIERNEJ Łódź - Uniejów 09-11.09.2015	
	Politechnika Łódzka		
	Wydział Mechaniczny		
• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn			

Zastosowanie obróbki wibrościernej do usuwania zadziorów i wygładzania powierzchni tulei wykonanych ze stopu aluminium EN AW-2017A

Vibro-abrasive machining as a deburring and surfaces finishing process of casing make with aluminum alloy EN AW-2017A

SŁAWOMIR SPADŁO
DAMIAN BAŃKOWSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.392

W artykule przedstawiono wyniki badań zastosowania obróbki wibrościernej do usuwania zadziorów i wygładzania powierzchni tulei wykonanych ze stopu aluminium obrabianych skrawaniem. Badania przeprowadzono na urządzeniu firmy Rollwash SMD-R 25 o objętości pojemnika 25 dm³. Określono wpływ częstotliwości wymuszeń pojemnika wygładzarki oraz agresywności kształtek ściernych. W badaniach użyto kształtek ściernych o spoiwie poliesterowym o różnych stopniach intensywności ściernych. W celu oceny efektów obróbki dokonano pomiarów struktury geometrycznej powierzchni. Określono wpływ czynników procesu na końcowy efekt wygładzania powierzchni tulei ze stopu EN AW-2017A (AlCuMg1, PA6).

SŁOWA KLUCZOWE: obróbka wykończeniowa, wibrościerna, wygładzanie powierzchni, usuwanie zadziorów

The article presents an analysis of the possibility of applying vibro-abrasive machining for smoothing the surface of aluminum alloy. The impact of the frequency and aggressiveness of abrasive shapes were compared. Tests were performed on a machine Rollwash SMD-R 25 with a tumblers capacity of 25 dm³. Were used media abrasive related polyester with different intensities abrasives. For smoothed samples was performed measurements the geometrical surface structure. Defined the effect factors on the final result of the process of smoothing the surface of an aluminum alloy EN AW-2017A (AlCuMg1, PA6).

KEYWORDS: finishing process, vibro-abrasive machining,

* dr hab. inż. Sławomir Spadło prof. PŚk, mgr inż. Damian Bańkowski, - Politechnika Świętokrzyska, Zakład Materiałoznawstwa i Technologii Amunicji, Aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, PL- 25-314 Kielce

surface finishing, deburring

Wprowadzenie

Jednym z istotnych problemów w technikach wytwarzania stanowią procesy usuwania zadziorów elementów obrabianych metodami obróbki skrawaniem, wytłoczek, wyptywek odlewniczych, pozostałości po wyptywkach kuźniczych itp. W wielu przypadkach pożądane jest uzyskanie powierzchni o określonej charakterystyce struktury geometrycznej (SGP). Typowe wymagania w opisywanym zakresie mogą być obniżenie parametru chropowatości, ujednorodnienie SGP, poprawienie refleksyjności powierzchni, oczyszczenie powierzchni z warstw tlenkowych itp. Szczególne trudne jest zapewnienie powtarzalności procesu usuwania zadziorów lub wygładzania powierzchni uzyskiwane metodami manualnymi. Opisywane problemy narastają w przypadku produkcji wielkoseryjnej lub masowej wyrobów o relatywnie niewielkich gabarytach i złożonej makrogeometrii. Jednym ze sposobów sprostania scharakteryzowanym powyżej zagadnieniom jest zastosowanie obróbki pojemnikowej ścierniwem luźnym.

Charakterystyka obróbki wibrościernej

Jedną z wielu odmian procesów wygładzania pojemnikowego z zastosowaniem narzędzi ściernych w postaci kształtek [10, 11, 14] stanowi obróbka wibrościerna. Znane są odmiany obróbek ścierniwem luźnym (hybrydowe sposoby obróbki) wspomagane procesami elektrochemicznymi (patent prof. M. Marciniaka, PW) a niekiedy elektroerozyjnymi. W opisywanych odmianach obróbek usuwanie nadmiaru materiału wspomagane jest, odpowiednio, procesami roztrzawania elektrochemicznego, lub w wyniku mikrowyłado- wań elektrycznych.

Obróbka wibrościerna pojemnikowa polega na usuwaniu niewielkich naddatków materiału, w wyniku względnych przemieszczeń kształtek ściernych w stosunku do przedmiotów obrabianych. Podczas oddziaływań elementów obrabianych z kształtkami ściernymi orientacja ziaren ściernych względem głównych kierunków kinematycznych w chwili zetknięcia z przedmiotem obrabianym ma charakter losowy [1]. Tego typu wygładzanie często prowadzone jest w obecności roztworów wodnych środków chemicznych wspomagających przebieg procesu. Producenci nie ujawniają składu chemicznego tych substancji informując jedynie o zakresie ich zastosowań.

Obróbka wibrościerna znajduje coraz powszechniejsze zastosowanie, zwłaszcza w produkcji wielkoseryjnej lub masowej wyrobów o relatywnie niewielkich wymiarach. Jest ona często stosowana jako obróbka wykończeniowa skomplikowanych elementów powstałych w procesach wytwarzania metodami obróbki plastycznej, odlewania, obróbki skrawaniem itp. W wyniku obróbki wibrościerniej możliwe jest usuwanie naddatków w postaci wyływek, zaokrąglenia ostrych krawędzi, zadziorów po obróbce mechanicznej, do usuwania warstw tlenkowych, a także do przygotowania powierzchni pod nanoszenie powłok malarskich, galwanicznych czy metalizacji natryskowej. Opisywany sposób obróbki powszechnie stosowana jest w jubilerstwie do polerowania biżuterii. Wśród wielu zastosowań, obróbka wibrościerna, wykorzystywana jest także do obróbki implantów [7]. Typowymi efektami zastosowania obróbki wibrościerniej jest zmniejszenie chropowatości powierzchni. W wyniku zastosowania kształtek polerujących w procesie wygładzania możliwe jest uzyskanie stanu wyłyśzczenia (poprawę refleksyjności) powierzchni [9]. W typowych warunkach prowadzenia procesu obróbki wibracyjnej występuje połączenie mechanicznego oddziaływania ziaren ściernych oraz chemicznego oddziaływania płynów obróbkowych na przedmioty obrabiane [12, 13]. Polega ono na usuwaniu niewielkich objętości materiału, w celu osiągnięcia wymaganych cech struktury geometrycznej powierzchni obrabianej [3]. Obecność płynów wspomagających obróbkę, ma istotny wpływ na jego efektywność i wynik końcowy procesu.

W zależności od odmiany kinematycznej obróbki ścierniem luźnym możliwa jest, poprzez odpowiedni dobór warunków prowadzenia procesu wygładzania (prędkości obrotowej bębna, położenia jego osi względem pola ciężkości, częstotliwości wymuszeń wzbudnika drgań itp.) zmiana intensywność oddziaływań pomiędzy przedmiotami obrabianymi oraz kształtkami. We poszczególnych rodzajach wygładzarek można dobierać rodzaj i kształt kształtek ściernych, ich intensywność ścierną i wiele innych. W przypadku właściwie dobranych warunków procesu, parametrem łatwo sterownym jest czas obróbki, który można ustalać w szerokich granicach. W procesie wygładzania wibracyjnego, jednym z istotnych, sterownych parametrów procesu, jest częstotliwość wibracji. W wielu przypadkach, w nowoczesnych wygładzarkach, w układach zasilania silników napędzających wzbudniki drgań, stosowane są przemienniki częstotliwości, umożliwiające zmiany częstotliwości wymuszeń w szerokim zakresie.

Potencjalne możliwości zastosowania obróbki wibrościerniej kształtkami luźnymi to przede wszystkim [7, 15]:

- zaokrąglenie ostrych krawędzi przedmiotów – gratowanie,
- usunięcie warstw tlenkowych, zgorzeliny,
- zmniejszenie chropowatości powierzchni,

- ujednorodnienie struktury geometrycznej powierzchni przedmiotu,
- przygotowanie powierzchni przedmiotów w celu naniesienia powłok galwanicznych,
- poprawienie refleksyjności powierzchni (wyłyśzczenie),
- oczyszczanie powierzchni,
- usuwanie zadziorów, wyływek itp.,
- wygładzanie,
- zmiana naprężeń własnych po obróbce cieplnej i operacjach spawania oraz wywoływanie zgniotu warstwy wierzchniej [7],
- wprowadzanie naprężeń ściskających i podwyższanie twardości warstwy wierzchniej (w wyniku nagniatania).

Charakterystyka kształtek ściernych

Typowymi spoiwami stosowanymi w produkcji kształtek ściernych są spoiwa ceramiczne oraz żywiczne. Rodzaj zastosowanego spoiwa wpływa w istotny sposób na ich charakterystyki oraz na intensywność oddziaływań w procesie wygładzania. Kształtki o spoiwie ceramicznym stosowane są głównie do gratowania, wygładzania powierzchni, zaokrąglenia krawędzi i wstępnego polerowania. Kształtki o spoiwach żywicznych wykorzystywane są do dokładnego wygładzania powierzchni, polerowania, oraz wyłyśzczenia. Podczas opracowywania procesu technologicznego wygładzania należy starannie dobrać kształt oraz wymiary kształtek ściernych, w taki sposób, aby mogły być one w kontakcie ze wszystkimi powierzchniami oraz krawędziami wymagających obróbki. Kolejnym elementem charakteryzującym kształtki są ich wymiary. Wpływają na wydajność i dokładność procesu obróbki – im większe i o większej masie, tym wyższa spodziewana wydajność procesu. Opisywany powyżej sposób zwiększania wydajności skutkuje obniżeniem jakości powierzchni wygładzanej. W celu osiągnięcia odpowiednich efektów technologicznych, wsad ścierny mogą stanowić kształtki o różnych wymiarach i kształtach [7].

Kształtki ściernie o spoiwie żywicznym stosowane są głównie do wygładzania elementów wykonanych z metali kolorowych oraz ich stopów, elementów z metali lekkich oraz tworzyw sztucznych. W szczególnych przypadkach kształtki ściernie żywiczne można stosować do obróbki elementów wykonanych ze stali nierdzewnych, kwasoodpornych lub zwykłych niskowęglowych, gdy celem obróbki jest uzyskanie wysokiej jakości wygładzenia ich powierzchni, uzyskanie wysokiego połysku lub przygotowanie powierzchni przed procesem nakładania powłok metodami galwanicznymi. Do podstawowych zalet kształtek ściernych żywicznych należy zaliczyć relatywnie niskie wartości sił tarcia o obrabiany materiał (nie występuje rysowanie powierzchni), co umożliwia otrzymywanie wyższej gładkości wynikowej powierzchni obrabianej.

Oddziaływania mechaniczne kształtek z powierzchniami obrabianymi, powodują niewielkie umocnienie obrabianej powierzchni. Niewielka wartość naprężeń ściskających w warstwie wierzchniej przedmiotów obrabianych sprzyja utrzymaniu pierwotnego kształtu, zwłaszcza w przypadku wyrobów cienkościennych o skomplikowanych kształtach [4, 7].

Kształtki ściernie stanowią zasadniczą część wsadu w procesie wygładzania pojemnikowego. Zbudowane są one z ziaren ściernych np. elektrokorundu lub węglika krzemu połączonych spoiwem ceramicznym lub żywicznym. Poza typowymi, opisywanymi powyżej rodzajami kształtek, stosowane są kształtki wykonane z materiałów pochodzenia

naturalnego (wykonane z drewna, także w postaci zrębków, w formie granulatu wykonanego z łupin orzecha włoskiego, czy grysiku z kolb kukurydzianych) oraz metalowe. Często do „zaprawiania” kształtek ściernych pochodzenia naturalnego stosuje się pasty ścierne. Kształtki pochodzenia naturalnego stosowane są głównie w obróbkach polerskich. Obróbka polerska z efektem umocnienia prowadzona jest z użyciem kulek lub wałeczków stalowych. Kształtki ścierne wytwarzane są w różnych formach geometrycznych, wymiarach, zwykle mieszczących się w przedziale 5 – 60 mm. W niektórych procesach ze względów technicznych lub ekonomicznych stosować można kruszywa z materiałów pochodzenia naturalnego [15]. Do obróbki mogą to być stosowane ponadto: bazalt, kwarcyt, granit, marmur, korund, krzemień, kalcyt.

Analizując oddziaływania, które występują podczas prowadzenia procesu obróbki wibracyjnej należy wziąć pod uwagę oddziaływania pomiędzy poszczególnymi składnikami wsadu tj.: kształtki ścierne – kształtki ścierne, kształtki ścierne – obrabiane przedmioty obrabiane, kształtki ścierne – ścianki pojemnika, przedmioty obrabiane – przedmioty obrabiane, przedmioty obrabiane – ścianki pojemnika. Jednak ze względu na stosunek ilości kształtek ściernych do ilości przedmiotów obrabianych stanowiących składniki wsadu, a także czynnej powierzchni kształtek do powierzchni ścianek pojemnika najważniejsze są oddziaływania kształtek ściernych z obrabianymi przedmiotami. Dlatego istotny jest dobór odpowiedniego rodzaju kształtek ściernych, a co za tym idzie rodzaju materiału, z którego są wykonane (ziarna ścierne, spoiwo). Wymiary i rodzaj użytych ziaren ściernych, ich gęstości upakowania, rodzaj użytego spoiwa determinują ich właściwości. Istotnym elementem, wpływającym na efekt końcowy obróbki, jest kształt i wymiary kształtek ściernych. Typowe formy geometryczne kształtek ściernych pokazano na rys. 1.



Rys.1 Podstawowe kształty mediów obróbkowych [15]

Płyny wspomagające obróbkę są mieszaninami kilku składników, z których każdy nadaje roztworowi odpowiednie właściwości. Zadaniem poszczególnych składników roztworu wspomagającego jest m.in.:

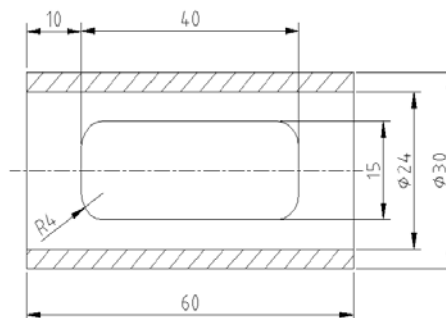
- oczyszczanie i odtłuszczenie powierzchni obrabianych elementów,
- zwilżanie powierzchni przedmiotów i kształtek ściernych,
- ochrona przed korozją [7].

Przy doborze płynów wspomagających należy uwzględnić rodzaj obróbki oraz właściwości chemiczne materiałów obrabianych. Reaktywność chemiczna metali i ich stopów jest różna i dlatego wymagają one różnych roztworów wspomagających. Większość płynów wspomagających oferowanych jest w postaci skoncentrowanej. W warunkach obróbki stosuje się je w postaci roztworów wodnych o niewielkim stężeniu. Produkowane płyny obróbkowe pozwalają na zwiększenie efektywności procesu wygładzania. Obecnie oferowane na rynku płyny wspomagające cechują się wysokim stopniem biodegradacji dzięki zastosowaniu głównie składników pochodzenia roślinnego.

Badania eksperymentalne

■ Przedmiot badań

Przedmiotem badań były tuleje, przedstawione na rys. 2, wykonane ze stopu EN AW-2017A (AlCuMg1, PA6) o średnicy 30 mm i grubości ścianki 2,2 mm. Zostały one wykonane poprzez pocięcie, nożycami krążkowymi, rury na odcinki o długościach 60 mm. Następnie w próbkach wykonano metoda frezowania otwory (okna) o wymiarach 15x40mm. W prowadzonych badaniach powierzchnią odniesienia była próbka w postaci tulei, wykonana z rury bezpośrednio po ciągnięciu – przed obróbką wykończeniową z wyfrezowanymi oknami i powstałymi w procesie frezowania zadziornymi.



Rys. 2 Wymiary tulei aluminiowej do badań

Próbki wykonano ze stopu aluminium EN AW-2017A (AlCuMg1, PA6) jako materiału często stosowanego do produkcji elementów konstrukcyjnych samolotów, części maszyn, sprzętu wojskowego, podzespołów dla przemysłu motoryzacyjnego [8]. Stopy te cechują się dobrym przewodnictwem cieplnym i elektrycznym. Właściwości mechaniczne przedmiotowego stopu można zwiększyć stosując obróbkę cieplną. Stopy aluminium charakteryzują się korzystnym parametrem konstrukcyjnym tzn. stosunkiem wytrzymałości do masy właściwej, który jest większy niż dla stali, a oprócz tego ich udarność nie maleje w miarę obniżania temperatury, dzięki czemu w niskich temperaturach mają większą udarność niż stale. Skład chemiczny materiału badanej próbki podano w tabeli 1.

Tab. 1 Skład chemiczny stopu EN AW-2017A (AlCuMg1, PA6) [5]

Mg [%]	Mn [%]	Fe [%]	Si [%]	Cu [%]	Zr+Ti [%]	Zn [%]	Cr [%]	Inne razem [%]
0,4 - 1,0	0,4 - 1,0	≤0,7	0,2 - 0,8	3,5 - 4,5	≤0,25	≤0,25	≤0,1	≤0,15

Charakterystyka kształtek ściernych stosowanych w badaniach

W przeprowadzonych badaniach zastosowano kształtki o spoiwie poliestrowym serii PB 14 K. Wykonane w kształcie stożków o średnicy podstawy 14 mm i wysokości 14 mm. Gęstość, deklarowana przez producenta wynosi 1,7 – 1,9 Mg/m³. Do badań użyto trzech rodzajów kształtek o spoiwach poliestrowych o różnych intensywnościach ściernych uzależnionych od procentowej zawartości ziaren ściernych w objętości kształtki.

W badaniach użyto kształtek o oznaczeniach producenta:

PB 14 KB 10%, PB 14 KR 50%, PB 14 KT 85%.

Liczby wyrażone w procentach, w symbolu oznaczenia kształtki, wskazują na procentową zawartość ścierniwa w jej objętości.

Rys. 3 przedstawia fotografię kształtek stosowanych w badaniach eksperymentalnych.



Rys. 3. Kształtki ściernie serii PB o spoiwie żywicznym: a) PB 14 KB, b) PB 14 KR, c) PB 14 KT

Metodyka postępowania

Badania przeprowadzono w wygładzarce SMR-D25 o objętości pojemnika 25 dm³ zawierającego wsad w postaci 20 kg kształtek ściernych, 5% roztworu płynu wspomagającego ME – L100 A22/NF oraz tulei ze stopu aluminium. Czas trwania obróbki wynosił 60 minut. Częstotliwość drgań pojemnika odpowiednio 2000, 2500 oraz 3000 Hz.

Na rysunku 4 przedstawiono fotografię wygładzarki wibracyjnej firmy Roll Wasch SMR-D 25.

Główne elementy wygładzarki stanowią:

- zbiornik o pojemności 25 dm³,
- wibrator napędzany silnikiem elektrycznym,
- zakres częstotliwości 1800 - 3000 Hz,
- podstawa urządzenia,
- przemiennik częstotliwości, z możliwością nastaw czasowych.



Rys. 4. Wygładzarka wibracyjna SMR-D-25

Warunki procesu wygładzania zastosowane w badaniach eksperymentalnych zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Zestawienie warunków procesu wygładzania

Częstotliwość drgań pojemnika	2000 Hz
	2500 Hz
	3000 Hz
Proporcja objętości kształtek ściernych do przedmiotów obrabianych	20 : 1
Rodzaj płynu wspomagającego	ME – L100 A22/NF
Czas obróbki	60 min
Rodzaj stosowanych kształtek	PB 14 KB
	PB 14 KR
	PB 14 KT

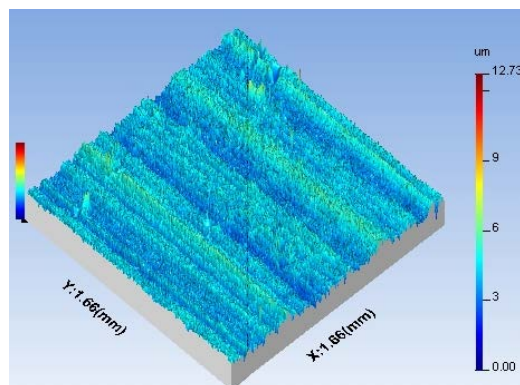
Badanie struktury geometrycznej tulei

Badania struktury geometrycznej powierzchni przeprowadzono z wykorzystaniem profilometru optycznego Tallysurf CCI Lite - Taylor Hobson w Katedrze Technologii Mechanicznej i Metrologii Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn PŚk. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 3. Zarysy profili chropowatości i falistości badano przy użyciu profilometru stykowego Taylor Hobson Form Taysurf PGI 1230. Wyniki badań, w postaci map wysokościowych powierzchni przedstawiono na rysunkach 5-8.

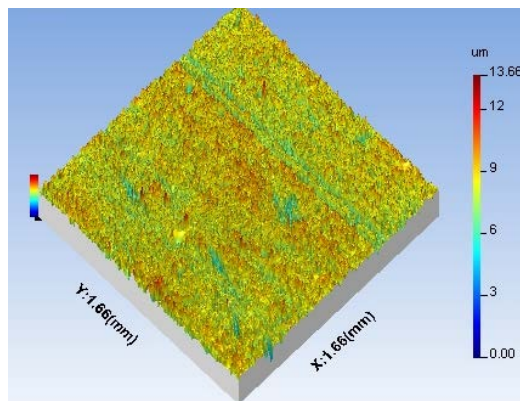
Dodatkowym badaniem czynnikiem był wskaźnik tekstury powierzchni S_{tr} . Parametr ten jest miarą steksturyzowania powierzchni przyjmuje wartości z przedziału od 0 do 1. Wartości zbliżone do 1 wskazują na występowanie SGP o wysokim poziomie izotropowości. Wartości S_{tr} zbliżone do 0 są charakterystyczne dla powierzchni anizotropowych.

Tab. 3. Zestawienie wyników badań SGP

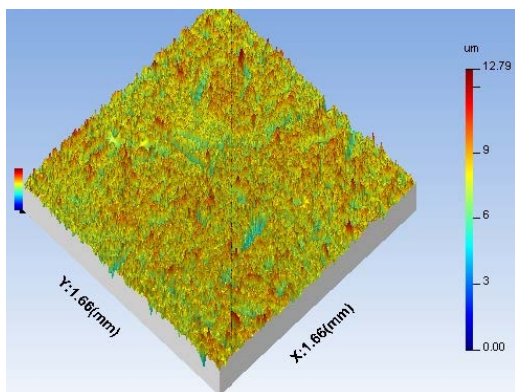
	R_p	R_v	R_z	R_a	R_{sk}	S_q	S_{al}	S_{tr}
Stan wyjściowy	3,10	4,33	7,43	1,05	0,85	1,47	0,12	0,03
10% 2000 Hz	1,67	3,04	4,71	0,72	0,80	1,05	0,03	0,786
10% 2500 Hz	1,90	1,68	3,59	0,58	0,03	0,79	0,02	0,800
10% 3000 Hz	1,38	1,49	2,87	0,38	0,24	0,69	0,01	0,875
50% 2000 Hz	2,11	2,05	4,16	0,72	0,18	0,98	0,02	0,143
50% 2500 Hz	1,36	3,25	4,61	0,60	1,48	0,94	0,02	0,200
50% 3000 Hz	2,13	2,82	4,94	0,49	0,75	0,89	0,02	0,818
35% 2000 Hz	1,67	3,30	4,98	0,66	1,22	1,11	0,05	0,315
35% 2500 Hz	1,99	2,34	4,32	0,59	0,37	0,94	0,03	0,800
35% 3000 Hz	1,70	1,41	3,11	0,52	0,46	0,93	0,03	0,800



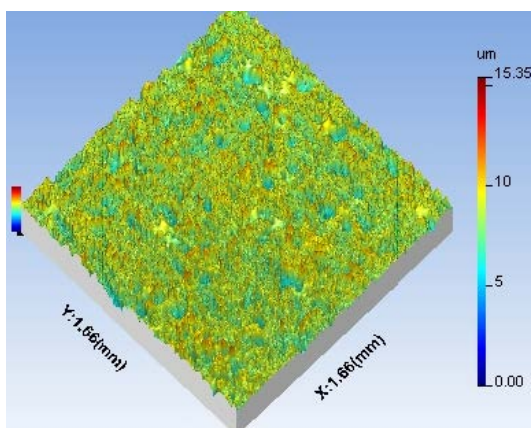
Rys. 5. Topografia powierzchni 3D powierzchni przed obróbką, parametr $S_q = 1,46 \mu\text{m}$



Rys. 6. Topografia powierzchni 3D powierzchni po obróbce wibracyjnej, warunki obróbki: $t = 60 \text{ min}$, $f' = 2500 \text{ Hz}$, zawartość ścierniwa w kształtkach 10 %, parametr $S_q = 0,79 \mu\text{m}$



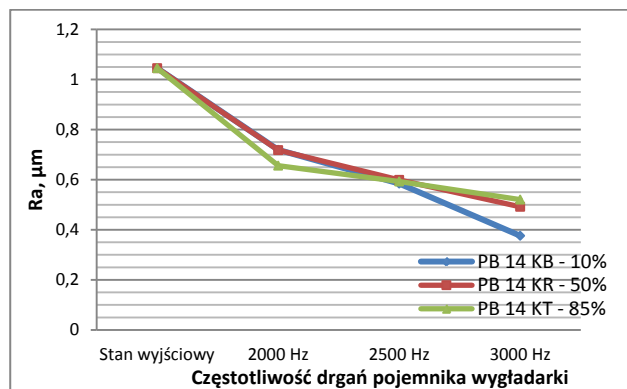
Rys.7 Topografia powierzchni 3D powierzchni po obróbce wibracyjnej warunki obróbki: $t = 60$ min, $f = 2500$ Hz, zawartość ścierniwa w kształtkach 50 %, parametr $S_q = 0,93$ μm



Rys. 8 Topografia powierzchni 3D powierzchni po obróbce wibracyjnej warunki obróbki: $t = 60$ min, $f = 2500$ Hz, zawartość ścierniwa w kształtkach 85 %, parametr $S_q = 0,94$ μm .

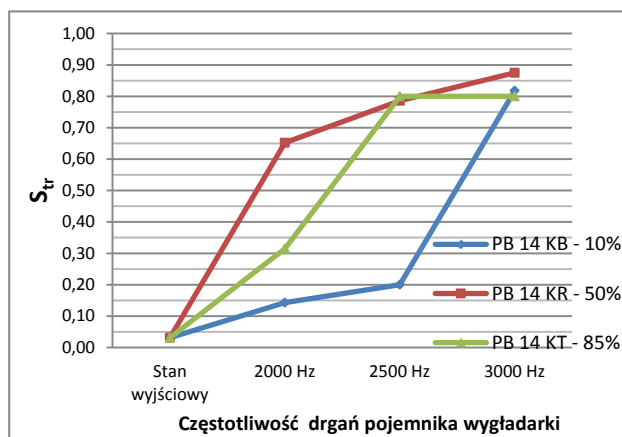
Analizując otrzymane wykresy przedstawione na rys. 5-8, można zaobserwować, w przypadku próbek przed procesem wygładzania, charakterystyczne równoległe ślady powstałe w procesie kształtowania plastycznego rury (ciągnięcia). Potwierdzają to pomiary SGP, dla których wartość parametru S_{tr} jest zbliżona do zera, powierzchnia jest silnie anizotropowa. W przypadku zastosowania kształtek ściernych o znacznej zawartości ziaren ściernych, w wyniku procesu wygładzania uzyskuje się zbliżoną do anizotropowej. Zwiększanie częstotliwości wymuszeń wzbudnika drgań powoduje wzrost intensywności oddziaływań pomiędzy kształtkami i przedmiotami obrabianymi pozwala na szybsze uzyskanie powierzchni zbliżonej do anizotropowej. W wyniku przeprowadzonego procesu następuje także usuwanie warstw tlenkowych, poprawa refleksyjności powierzchni. Ponadto usuwane są zadziory i załamywane ostre krawędzie (powstały zaokrąglenia krawędzi). Analiza wyników badań SGP wskazuje, że najniższą średnią kwadratową chropowatość powierzchni S_q uzyskano dla kształtek o najmniejszych intensywnościach ściernych czynnej powierzchni ścierniej (o zawartości 10% ścierniwa) dla częstotliwości drgań pojemnika 3000 Hz. Parametr S_q zmalał, po 60 minutach wygładzania, z wartości wyjściowej 1,466 μm do 0,689 μm . Analiza przebiegu zmienności średniej chropowatości powierzchni R_a , w funkcji częstotliwości drgań pojemnika i zastosowanych różnych kształtek ściernych, zilustrowana na wykresie przedstawionym na rys. 9 wskazuje, że ze wzrostem częstotliwości drgań następuje szybszy spadek chropowatości obrabianej powierzchni.

W wyniku zastosowania kształtek o zawartości ścierniwa 85% uzyskuje się relatywnie wyższe wartości parametru R_a . Wzrost opisywanego parametru związany jest z dużą intensywnością ścierną i spowodowaną znaczną zawartością ścierniwa w kształtkach.



Rys. 9 Przebiegi zmian parametru R_a w zależności od częstotliwości drgań pojemnika wygładzarki i rodzaju kształtek. Czas obróbki $t = 60$ min

Wykres przedstawiony na rys. 10 ilustruje zmianę wskaźnika tekstury powierzchni S_{tr} w funkcji częstotliwości drgań pojemnika wygładzarki z użyciem kształtek o różnej zawartości ścierniwa. Analiza wykresu wskazuje, że największe zmiany parametru tekstury powierzchni występują przy zastosowaniu częstotliwości drgań pojemnika 3000 Hz i użyciu kształtek posiadających największe zawartość ziaren ściernych.



Rys. 10 Zależność wskaźnika tekstury powierzchni S_{tr} od częstotliwości drgań pojemnika wygładzarki i rodzaju kształtek. Czas obróbki $t = 60$ min

Podsumowanie

Czynnikami determinującym intensywność procesów wygładzania w obróbce wibracyjnej jest częstotliwość wymuszeń drgań pojemnika oraz zdolności skrawne powierzchni kształtek.

Wraz ze wzrostem częstotliwości drgań pojemnika wygładzarki wibracyjnej następuje spadek chropowatości obrabianej powierzchni.

Wzrost intensywności ścierniej kształtek (zależny od procentowej zawartości ścierniwa w kształtkach) powoduje obniżenie badanych parametrów SGP.

Obserwacje makroskopowe krawędzi badanego przedmiotu po obróbce wibrościerniej, wskazują, że w wyniku obróbki wibrościerniej uzyskano zaokrąglenie krawędzi i usunięcie zadziorów powstałych w procesie frezowania.

Zastosowanie obróbki luźnymi ścierniwem stanowi skuteczną metodę obniżenia wskaźnika tekstury powierzchni, która dla tulei (rur) w stanie wyjściowym dostarczoną w procesie ciągnięcia była bliska zeru – $S_{tr} = 0,03$. W wyniku obróbki wibrościerniej wskaźnik tekstury osiągał wartości

$S_{tr} = 0,80$. Zwiększenie izotropowości powierzchni poprawia estetykę obrabianej powierzchni.

W celu uzyskania, w procesie obróbki wibrościerniej, gładziej powierzchni należy stosować wysokie częstotliwości (3000 Hz) drgań pojemnika urządzenia oraz kształtki o małej zawartości (10 %) ścierniwa.

LITERATURA

1. Filipowski R., Marciniak M.: Techniki obróbki mechanicznej i erozyjnej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000 304-308
2. Górski E.: Obróbka Gładkościowa, Wyd. WNT, Warszawa 1963
3. Harasymowicz J., Wanatuch E.: Obróbka Gładkościowa. Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, Kraków 1994
4. <http://mailgrupowy.pl/shared/resources/14501,techniki-wytwarzania-laborki/59835,stal-nierdzewne-obrobka-powloki>
5. http://www.steelnumber.com/en/steel_alloy_composition_eu.
6. Janecki D., Stępień K., Adamczak S., Problems of measurement of barrel- and saddle-shaped elements using the radial method; Measurement; 2010, Vol. 43/5, pp. 659-663
7. Materiały informacyjno-techniczne firmy MARBAD, <http://marbad.pl/content/view/47/103/>
8. Mola R., Jagielska-Wiaderek K., *Formation of Al-enriched surface layers through reaction at the Mg-substrate/Al-powder interface*, Surface and Interface Analysis Tom: 46, Zeszyt: 8, str. 577-580
9. Oryński F., R. Synajewski, Badania chropowatości powierzchni obrabianych konwencjonalnie i wibracyjnie na szlifierce do płaszczyzn, Mechanik, 2010, R. 83, nr 3, s. 190-192
10. Oryński F., Synajewski R., Bechciński G.,: *Fizyczny model szlifowania wibracyjnego płaszczyzn w kierunku poprzecznym*. Mechanik, 1,30-34, 2013.
11. Rodziewicz M.: Wyglądanie luźnym ścierniwem w pojemnikach, Wyd. WNT, Warszawa 1968
12. Spadło S. Dudek D., Młynarczyk P.: Badania wyglądu wibrościernego powierzchni tulei mosiężnych, IZTW, Kraków 2012. s. 285-293
13. Spadło S., Pierzynowski R.,: Zastosowanie obróbki wibrościerniej do polerowania powierzchni elementów amunicji. Machine Engineering Vol. 12 No 1, Electrical Machining Technology. Copyright Wydawnictwo Wrocławskiej Rady FSNT NOT Wrocław 2009. pp. 70-77
14. Starosta R.: Obróbka powierzchniowa, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2008
15. Vibro Dry Experience PL, Rollwasch Italiana S.p.a