

Dr inż. Jakub MATUSZAK;
dr hab. inż. Kazimierz ZALESKI, prof. PL (Politechnika Lubelska):

WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBKII SZCZOTKOWANIEM NA KSZTAŁTOWANIE KRAWĘDZI PRZEDMIOTÓW WYKONANYCH ZE STOPU ALUMINIUM

Streszczenie

Większość krawędzi przedmiotów po obróbce frezowaniem wymaga dalszych operacji polegających na zmianie ich stanu. Na niepożądany stan składają się krawędzie: ostre, posiadające zadziory lub nie spełniające stawianych wymagań. W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu parametrów obróbki szczotkowaniem na kształtowanie krawędzi przedmiotów wykonanych ze stopu aluminium 7075. Do badań wykorzystano trzy typy szczotek różniące się właściwościami.

Słowa kluczowe: szczotkowanie, kształtowanie przedmiotów

THE EFFECT OF BRUSHING PARAMETERS UPON EDGE FORMATION OF ALUMINUM ALLOY OBJECTS

Abstract

After milling operations most object edges require further operations in order to change their states. Undesirable states include the following cases: sharp edges, edges with burrs and those which do not satisfy the required conditions. This article presents the effects of brushing parameters on edge states of 7075 aluminum alloy objects. Three types of brushes with different properties were applied.

Keywords: brushing, shaping objects

WPLYW PARAMETRÓW OBRÓBKI SZCZOTKOWANIEM NA KSZTAŁTOWANIE KRAWĘDZI PRZEDMIOTÓW WYKONANYCH ZE STOPU ALUMINIUM

Jakub MATUSZAK, Kazimierz ZALESKI¹

1. WPROWADZENIE

Większość krawędzi przedmiotów po obróbce skrawaniem wymaga dalszych operacji polegających na zmianie ich stanu. Związane jest to z odkształceniami plastycznymi materiału spowodowanymi oddziaływaniem narzędzia, które wychodzi ze strefy obróbki. Na niepożądany stan składają się krawędzie ostre, posiadające zadziory lub te, które nie spełniają stawianych wymogów. Zmiana tego stanu może być realizowana różnymi sposobami [1, 2, 3]. Jedną z metod usuwania zadziorów jest obróbka szczotkowaniem, którą można zaadoptować na obrabiarkach sterowanych numerycznie jako ostatni zabieg w procesie kształtowania wyrobu [7, 8 13].

1.1. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU KRAWĘDZI PRZEDMIOTÓW

W wielu przypadkach stan krawędzi przedmiotów wykonanych ze stopów aluminium po obróbce frezowaniem jest niezadowolający i wymaga dalszej obróbki. Wy różnić można kilka podstawowych operacji związanych ze zmianą stanu krawędzi, a mianowicie: fazowanie, zaokrąglenie, stępienie i usunięcie zadziorów. Każda z tych operacji ma ściśle określoną definicję, a wybór realizacji określonej operacji podyktowany jest czynnikami technologicznymi, konstrukcyjnymi czy ekonomicznymi. Fazowaniem nazywa się wykonanie na krawędzi przedmiotu powierzchni o określonej szerokości i położonej pod określonym kątem, której śladem przecięcia płaszczyzną prostopadłą do teoretycznej krawędzi przedmiotu jest odcinek linii prostej. Natomiast zaokrąglenie definiuje się jako wykonanie na przedmiocie wypukłej powierzchni,

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin)

która łączy dwie powierzchnie przedmiotu schodzące się pod kątem, a jej śladem przecięcia płaszczyzną prostopadłą do teoretycznej krawędzi przedmiotu jest odcinek łuku o określonym promieniu styczny na końcach do powierzchni przedmiotu. Z kolei stopieniem nazywa się prosty zabieg obróbkowy, mający na celu usunięcie drobnych ilości materiału z ostrych krawędzi przedmiotu, który w swej definicji nie określa rodzaju i położenia kąтового otrzymanej powierzchni łączącej dwie powierzchnie przedmiotu schodzące się pod kątem. Usuwanie zadziorów polega na usunięciu z krawędzi przedmiotu wystających, nieregularnych fragmentów materiału, powstających podczas procesu wytwarzania [6].

1.2. CHARAKTERYSTYKA OBRÓBKII SZCZOTKOWANIEM

Obróbka szczotkowaniem, w ujęciu maszynowym, swoje zastosowanie znajduje między innymi w takich operacjach jak usuwanie zadziorów, zaokrąglanie krawędzi, nadawanie połysku oraz w szeroko pojętym procesie oczyszczania powierzchni. Badania procesu usuwania zadziorów metodą szczotkowania przedstawiono w pracach [9, 10]. Dodatkowo obróbka szczotkowaniem może służyć do wytworzenia określonej kierunkowości struktury geometrycznej powierzchni dającej efekt dekoracyjny, poprzedza proces łączenia, czy też służy do wygenerowania określonych właściwości warstwy wierzchniej [4, 5, 11]. Ponadto szczotki są łatwe do zastosowania w zautomatyzowanej obróbce, ponieważ giętkie końce włókien, które wykonują operację obróbkową z łatwością dopasowują się do obrabianej powierzchni. Wyróżnić można dwie odmiany szczotkowania: walcowe i czołowe. Szczotki mogą być trzpieniowe, beztrzpieniowe, z włóknami prostymi, falistymi. Istnieje wiele materiałów stosowanych na wypełnienia szczotek, które w zależności od sztywności drutów można podzielić na wypełnienia miękkie, średniotwarde oraz twarde. Analiza sił oddziaływania włókien szczotki na powierzchnie obrabianą została przedstawiona w pracy [12]. Włókna mogą charakteryzować się określonymi właściwościami, takimi jak: odporność chemiczna, termiczna, twardość itp. Jeden z głównych producentów szczotek, firma Kullen posiada w swojej ofercie ponad 140 tys. narzędzi. Dlatego też istotny jest prawidłowy dobór narzędzia do konkretnego zastosowania.

2. METODYKA BADAŃ

Eksperyment przeprowadzono z zastosowaniem próbek ze stop aluminium 7075-T651, w kształcie prostopadłościanów o wymiarach 50 x 15x 10 mm.

Obróbkę frezowaniem i szczotkowaniem realizowano na pionowym centrum frezarskim FV 580A wyposażonym w sterowanie Fanuc 0iMC. Przed szczotkowaniem próbki frezowano przy stałych parametrach ($v_c = 500$ m/min, $f_z = 0,05$ mm/ostrze) za pomocą frezu z węglików spiekanych o średnicy $D = 20$ mm, dedykowanego do obróbki stopów lekkich. Stałe parametry frezowania pozwoliły na ocenę wpływu para-

metrów szcztokowania na skuteczność usuwania zadziorów i promień zaokrąglenia krawędzi. Strategia frezowania ukierunkowana była na minimalizowanie powstawania zadziorów na krawędziach frezowanych próbek. Zastosowano frezowanie współbieżne, przy kącie wyjścia równym 30° (szerokość frezowania $a_e = 5$ mm).

Na podstawie badań wstępnych wytypowano takie ustawienie krawędzi przedmiotu, aby usytuowania była pod kątem 45° w stosunku do wektora prędkości obwodowej szcztoki.

Proces szcztokowania zrealizowano stosując trzy szcztoki o różnej charakterystyce wypełnienia przedstawionej w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka szcztok

symbol	M02	S02	S03
widok szcztoki			
średnica szcztoki	120 mm	120 mm	120 mm
materiał włókna	mosiądz	stal	stal
średnica włókna	0,2 mm	0,2 mm	0,3 mm

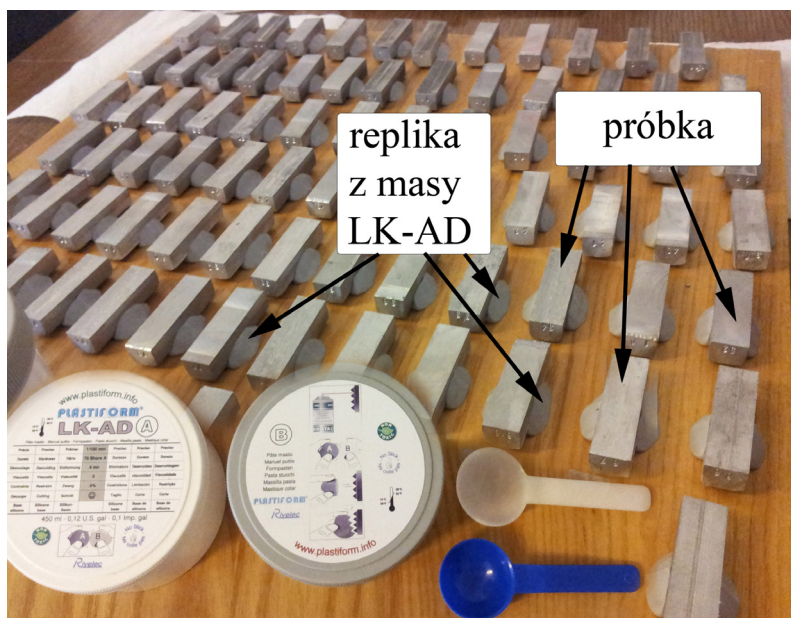
Analizowano wpływ prędkości obwodowej oraz posuwu szcztokowania na promień zaokrąglenia krawędzi. Z ekonomicznego punktu widzenia istotne jest by proces usuwania zadziorów przebiegał stosunkowo szybko, stąd szeroki zakres badanych posuwów z maksymalną wartością $v_f = 3700$ mm/min. Zakres zastosowanych prędkości obwodowych wytypowano na podstawie badań wstępnych. Maksymalna prędkość obwodowa ograniczona została maksymalną dopuszczalną wartością prędkości obrotowej podaną przez producenta dla tego typu narzędzi ($n_{max} = 4500$ obr/min). Wartość dosuwu ustalono na stałym poziomie $\Delta = 3$ mm, jednak parametr ten również w istotnym stopniu wpływa na efekty obróbki i jego wpływ będzie analizowany w dalszych badaniach. Pełna charakterystyka zastosowanych parametrów technologicznych szcztokowania przedstawiona jest w tabeli 2. Dodatkowo, w celu oceny wpływu medium obróbkowego, badania przeprowadzono na sucho oraz z zastosowaniem cieczy Oemeta Estramet 575.

Do odwzorowania zarysu krawędzi po procesie usuwania zadziorów wykorzystano metodę replik z zastosowaniem dwuskładnikowej masy L.K-A.D firmy Plastiform, szeroko wykorzystywanej w pomiarach nieniszczących trudnodostępnych miejsc.

Tabela 2. Parametry technologiczne szczotkowania

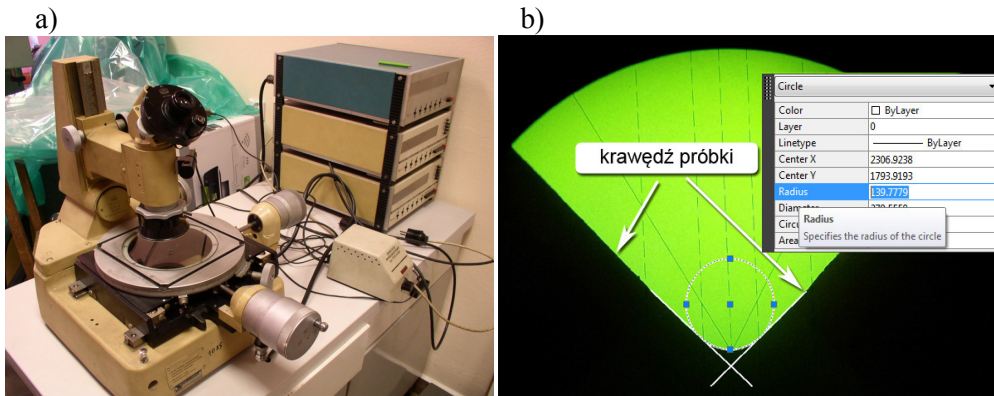
Lp.		1	2	3	4	5	6	7	8
prędkość obwodowa, v_c	m/min	422	844	1266	1689	1266			
prędkość posuwu, v_f	mm/min	370				140	370	1000	3700
dosuw, Δ	mm	3							

Polimeryzacja tego typu masy rozpoczyna się po wymieszananiu dwóch składników. Według danych producenta skurcz masy po polimeryzacji nie przekracza 1 mikrometra. Na rysunku 1 przedstawiono serię próbek po obróbce szczotkowaniem



Rys. 1. Sposób przygotowania replik

w trakcie polimeryzacji masy. Masę o konsystencji plasteliny „odciskano” na krawędziach badanych próbek. Konsystencja masy po utwardzeniu pozwala na przecinanie ostrym narzędziem. Pozwoliło to na szybkie uzyskanie dużej liczby przekrojów. Tak uzyskane przekroje, będące replikami przekroju próbki wokół krawędzi, fotografowano pod mikroskopem (rys. 2). Fotografie importowano do programu AutoCAD z zachowaniem skali. Wpisanie okręgu dopasowanego do konturu próbki pozwoliło na określenie promienia zaokrąglenia krawędzi po procesie usunięcia zadziorów metodą szczotkowania. Przykładowy widok repliki wraz z wpisanym okręgiem został zaprezentowany na rysunku 2b.

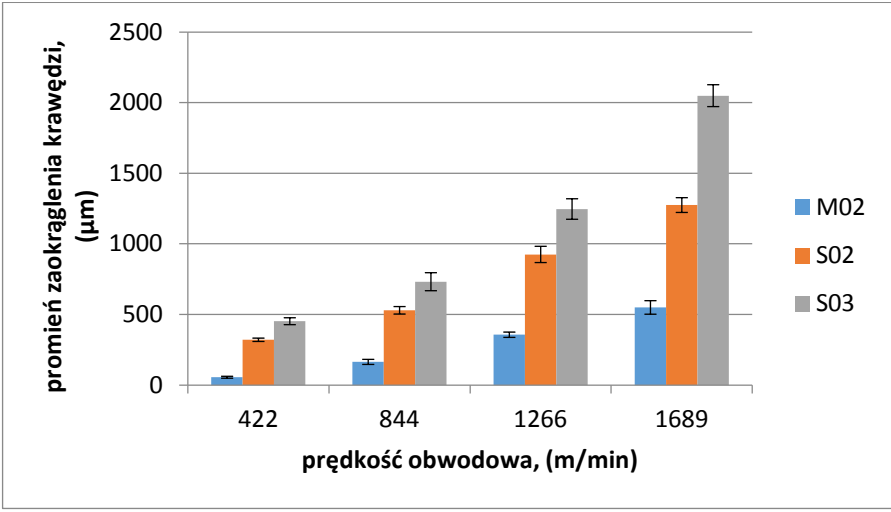


Rys. 2. Stanowisko do wyznaczania promienia zaokrąglenia krawędzi: a) mikroskop, b) widok repliki

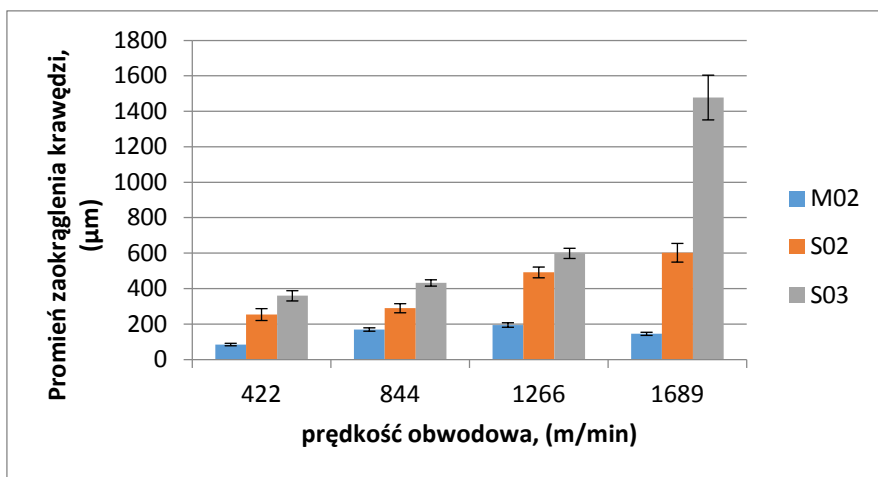
Badania powtórzono ośmiokrotnie dla każdego zestawu parametrów technologicznych szrotkowania, wyznaczając średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe.

3. WYNIKI BADAŃ

Po obróbce frezowaniem na krawędziach obrabianych przedmiotów pojawiły się zadziory. Średnia wysokość zadzioru wyniosła 21µm. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wykresy wpływu prędkości obwodowej v_c na promień zaokrąglenia krawędzi po procesie usuwania zadziorów dla próbek wykonanych ze stopu 7075, w przypadku obróbki na sucho (rys. 3) oraz w przypadku obróbki z zastosowaniem cieczy obróbkowej

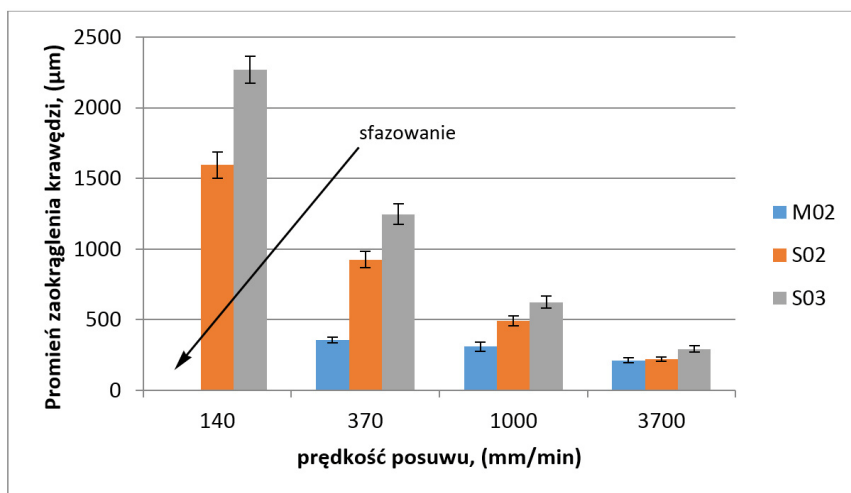


Rys. 3 Wpływ prędkości obwodowej na promień zaokrąglenia krawędzi – obróbka na sucho

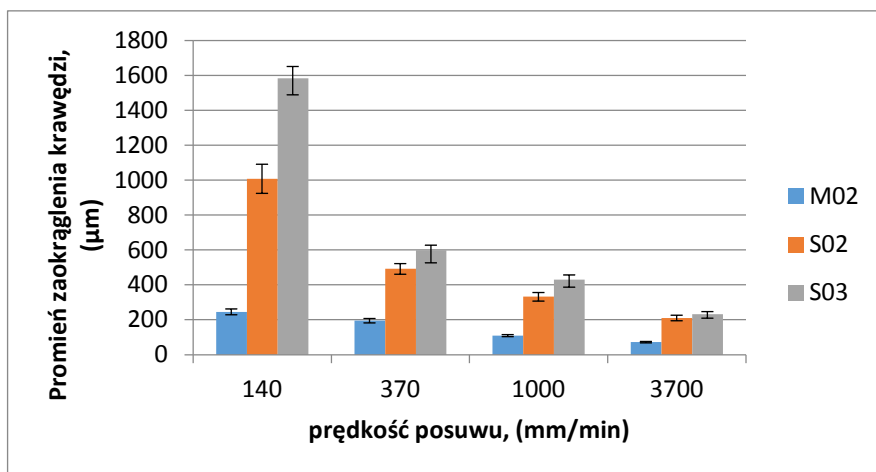


Rys. 4. Wpływ prędkości obwodowej na promień zaokrąglenia krawędzi – obróbka z chłodzeniem

(rys. 4). Ponadto poziomo zaprezentowano wpływ prędkości obwodowej v_c dla zastosowanych w badaniach szczotek: M02 – szczotka z drutu mosiężnego o średnicy pojedynczego włókna 0,2 mm; S02 – szczotka z drutu stalowego o średnicy włókna 0,2 mm oraz S03 – szczotka z drutu stalowego o średnicy włókna 0,3 mm. Promień zaokrąglenia krawędzi wyrażono w mikrometrach. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej n , a tym samym prędkości obwodowej v_c , wzrasta energia kinetyczna poszczególnych włókien. Silniejsze oddziaływanie powoduje zwiększenie promienia zaokrąglenia krawędzi po obróbce szczotkowaniem. Podczas obróbki na sucho za pomocą



Rys. 5. Wpływ prędkości posuwu na promień zaokrąglenia krawędzi – obróbka na sucho



Rys. 6. Wpływ prędkości posuwu na promień zaokrąglenia krawędzi – obróbka z chłodzeniem

szczotek S02 i S03, które charakteryzują się większą sztywnością, znacznie wzrasta temperatura w strefie szczotkowania. Uplastycznienie materiału powoduje uzyskanie większego promienia zaokrąglenia krawędzi.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono wyniki badań wpływu prędkości ruchu posuwowego na promień zaokrąglenia krawędzi, odpowiednio w przypadku obróbki na sucho oraz w przypadku obróbki z chłodzeniem. Im mniejsza prędkość posuwu, tym czas kontaktu włókien z krawędzią próbki jest dłuższy, a to przekłada się na skuteczniejszy proces usuwania zadziorów i większe promienie zaokrąglenia krawędzi. Wraz ze wzrostem posuwu promień zaokrąglenia krawędzi maleje.

W przypadku obróbki na sucho za pomocą szczotki M02 przy posuwie 140 mm/min (rys. 5) zaobserwowano charakterystyczne sfazowanie krawędzi, które także jest pożądanym stanem krawędzi z uwagi na fakt usunięcia zadziorów.

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu warunków obróbki szczotkowaniem na promień zaokrąglenia krawędzi próbek wykonanych ze stopu aluminium 7075. Następujące wnioski podsumowują rezultaty badań:

- istnieje możliwość skutecznego usuwania zadziorów, powstających po procesie frezowania, metodą szczotkowania,
- ciecz chłodząca w istotnym stopniu wpływa na promień zaokrąglenia krawędzi po obróbce szczotkowaniem,
- zastosowanie cieczy obróbkowej powoduje zmniejszenie promienia zaokrąglenia

- nia krawędzi, w porównaniu do obróbki na sucho dla wszystkich przyjętych w eksperymencie warunków szczotkowania,
- wraz ze wzrostem prędkości obwodowej wzrasta promień zaokrąglenia krawędzi,
 - wraz ze wzrostem prędkości posuwu maleje promień zaokrąglenia krawędzi,
 - dla wszystkich przyjętych w eksperymencie warunków obróbki szczotkowaniem nastąpiło usunięcie zadziorów.

LITERATURA

- [1] CICHOSZ P., KUZINOVSKI M., *Metody wykonywania fazek i gratowania krawędzi. Cz. 1*, Mechanik, 7, 2011, s. 353-359.
- [2] CICHOSZ P., KUZINOVSKI M., *Metody wykonywania fazek i gratowania krawędzi. Cz. 2*, Mechanik, 8-9, 2011, s. 674-681.
- [3] CICHOSZ P., KUZINOVSKI M., SZYMAŃSKI W., *Możliwości kształtowania fazek i gratowania krawędzi narzędziami z ostrzami sprężystymi*, Agencja MAGMA, Łódź 2010.
- [4] FREDJ N. B., NASR M. B., RHOUMA A. B., BRAHAM C., SIDHOM H., *Fatigue Life Improvements of the AISI 304 Stainless Steel Ground Surfaces by Wire Brushing*, Journal of Materials Engineering and Performance, 13(5), 2004, s. 564-574.
- [5] GILLSTRÖM P., JARL M., *Mechanical descaling of wire rod using reverse bending and brushing*, Journal of Materials Processing Technology, 172(3), 2006, s. 332-340.
- [6] RODZIEWICZ M.: *Racjonalne sposoby usuwania zadziorów*, WNT, Warszawa 1968.
- [7] MATUSZAK J., ZALESKI K., *Edge states after wire brushing of magnesium alloys*, Aircraft Engineering And Aerospace Technology, 2014, nr 4, vol. 86, s. 328-335
- [8] MATUSZAK J., ZALESKI K., *Effect of brushing parameters upon edge states after wire brushing of AZ91 HP magnesium alloy*, Advances In Science And Technology Research Journal, 2013, nr 20, vol. 7, s. 55-60
- [9] MATUSZAK J., ZALESKI K., *Badania porównawcze obróbki krawędzi przedmiotów ze stopu aluminium 7075 i stali C45 metodą szczotkowania*, Technologia i Automatykacja Montażu, 2, 2013, s. 35-39.
- [10] MATUSZAK J., ZALESKI K., *Badania stanu krawędzi przedmiotów ze stopów aluminium po procesie usuwania zadziorów*, Mechanik Nr 8-9, 2012, s.661.
- [11] SHIA C. Y., STANGO R. J., *Analysis of a Compliant Honing Tool for Brushing Cylindrical Surfaces*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 119 (3), 1997, s. 441-444.
- [12] SPADŁO S., *The analysis of brushing tool characteristics*. Archives of Civil and Mechanical Engineering. Quarterly Polish Academy of Sciences, Committee of Civil and Mechanical Engineering. Vol. IV, No. 4/2004, ISSN 1644-9665, s. 27-40
- [13] STANGO R. J., CHEN L., CARIAPA V., *Automated Deburring with a Filamentary Brush: Prescribed Burr Geometry*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 121 (3), 1999, s. 385-392.

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.