

Badania obróbki wibro-ściernej jako procesu wygładzania powierzchni obręczy kół samochodowych

dr hab. inż. Sławomir Spadło, mgr inż. Damian Bańkowski
Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn

W artykule przedstawiono możliwości wibro-ściernej obróbki wykończeniowej obręczy kół samochodowych wykonanych ze stopu aluminium. Celem badań było określanie warunków usuwania makronierówności, warstw tlenkowych oraz wygładzanie powierzchni w procesie obróbki wibro-ściernej. Przedstawiono wyniki badań w formie fotografii powierzchni oraz pomiarów chropowatości 3D. Wyniki badań pokazują, że obróbka wibro-ścierna stanowi skuteczną metodę usuwania makronierówności oraz wygładzania powierzchni.

Wstęp

Cechy struktury geometrycznej powierzchni (SGP) w znacznym stopniu determinują właściwości eksploatacyjne warstwy wierzchniej takie jak: odporność na ścieranie, przydatność do przeniesienia obciążeń stałych lub zmiennych, odporność na korozję. Chropowatość powierzchni jako element SGP ma również istotny wpływ na opory przepływu, co jest bardzo ważnym czynnikiem wszędzie tam, gdzie należy zapewnić ruch cieczy względem powierzchni ciał stałych [1]. W wielu przypadkach istotną funkcją kształtowania SGP jest nadanie oczekiwanych cech estetycznych produktowi.

1. Przedmiot badań

Przedmiot badań stanowią obręcze samochodowe (popularnie nazywane felgami) wykonane ze stopu aluminium. Postęp cywilizacji przyczynił się do zwiększenia liczby samochodów na drogach. Na początku lat 90-tych XX wieku w Polsce przypadało ok. 140 samochodów na 1000 mieszkańców. Obecnie, w drugiej

dekadzie XXI wieku wskaźnik ten osiągnął wartość około 500 samochodów na 1000 mieszkańców [3]. W segmencie samochodów klasy premium producenci dążą do uatrakcyjnienia wyglądu samochodów, m.in. poprzez stosowanie elementów wykończenia o dużej refleksyjności powierzchni. Osobną grupę zainteresowanych wygładzaniem obręczy stanowią firmy tuningowe, a także klienci indywidualni. Coraz częściej kierowcy, pragnący mieć oryginalnie wyglądające auto, podejmują działania mające na celu wypolerowanie obręczy wykonanych ze stopu aluminium. Zadania to można wykonać kilkoma sposobami, począwszy od bardzo pracochłonnych procesów prowadzonych metodami ręcznymi, przez prace z wykorzystaniem zmechanizowanych urządzeń – polerek, po coraz powszechniej stosowane polerowanie z wykorzystaniem luźnych kształtek [2, 8, 9].

Typowym rozwiązaniem we współczesnych samochodach jest stosowanie obręczy stalowych (rozumianych jako podstawowy element koła samo-

chodowego). W większości samochodów klasy średniej i lepszej montowane są jednak obręcze ze stopów aluminium. Z uwagi na duże wymagania i oczekiwania klientów kupujących drogie modele samochodów konieczne staje się poszukiwanie nowych lub udoskonalanie istniejących metod obróbki wykończeniowej elementów takich aut. Tworzywami konstrukcyjnymi stosowanymi na obręcze nieżelazne są odlewnicze stopy aluminium (siluminy), takie jak: AlSi7Mg (dawniej AK7), AlSi9Mg (AK9) oraz AlSi11Mg (AK11). Skład chemiczny wymienionych stopów zestawiono w Tabeli 1.

Zastosowanie stopów lekkich pozwala na zmniejszenie masy samochodu [6], a przez to na poprawę jego osiągnięć, komfortu resorowania, dużej sztywności [7]. Ponadto, użycie obręczy aluminiowych pozwala, m.in. na [5]:

- poprawę estetyki samochodu – dostępne są wzory nadające samochodowi charakter sportowy bądź elegancki,
- większą dokładność wykonania – wykonuje się je z dokładnością do 0,3 mm;



Tabela 1. Skład chemiczny stopów aluminium używanych na obręcze

Oznaczenie	Skład chemiczny, %						
	Si	Mg	Cu max	Fe max	Ti max	Sr max	Mn max
AlSi7Mg	6,50–7,50	0,25–0,45	0,05	0,18	0,20	0,04	0,10
AlSi9Mg	9,00–10,00	0,25–0,45	0,05	0,25	0,20	0,04	0,10
AlSi11Mg	9,00–11,80	0,15–0,40	0,05	0,25	0,20	0,04	0,10

dla obręczy stalowych jest to obecnie 0,7 mm,

– lepsze chłodzenie układu hamulcowego – budowa tych obręczy korzystnie wpływa na odprowadzania ciepła z tarcz i bębnow hamulcowych; dzięki temu chłodzenie układu hamulcowego jest bardziej efektywne, a czas eksploatacji hamulców zwiększa się.

Obecnie stosuje się pięć podstawowych metod wytwarzania obręczy:

- kucie lub prasowanie,
- rolowanie (połączone niekiedy ze zgniataniem obrotowym),
- odlewanie niskociśnieniowe,
- odlewanie wysokociśnieniowe,
- odlewanie grawitacyjne.

Najczęściej spotykaną metodą produkcji obręczy aluminiowych jest odlewanie niskociśnieniowe. Stosując tę metodę wytwarzania uzyskuje się wyroby charakteryzujące się dobrą jakością przy stosunkowo małych kosztach produkcji. Ponadto, nie występują istotne ograniczenia dotyczące możliwości otrzymania finalnych kształtów obręczy.

Inną metodą kształtowania obręczy kół jest prasowanie. Przykładowe etapy kształtowania tą metodą przedstawiono na rys. 1.

Każda obręcz opisywana jest przez wielkość decydujące o jej przydatności montażowej do danego modelu samochodu. Są nimi [4]:

- gabaryty obręczy,
- rozstaw śrub mocujących koło,
- odsadzenie (ET, offset) – odległość powierzchni montażowej obręczy od jej środka symetrii; wartość ta decyduje o usytuowaniu obręczy w nadkolu,
- średnica otworu centralnego,
- nośność.

Powyżej opisane cechy uzyskiwane są podczas procesów kształtowania makro-

geometrii wyrobu, przede wszystkim w wyniku obróbki skrawaniem.

2. Podstawowe cele obróbki wykończeniowej – polerowania

Proces polerowania obręczy samochodowych może być prowadzony bezpośrednio na linii produkcyjnej. Pożądanym efektem końcowym obróbki, stanowiącym o ostatecznym wyglądzie całego wyrobu jest uzyskanie powierzchni o dużej refleksyjności (efekt lustra). Osiągnięcie opisywanego efektu sprowadza się z technicznego punktu widzenia do uzyskania odpowiednich cech stereometrycznych struktury geometrycznej powierzchni, w tym subchropowatości. Uzyskanie zamierzonego efektu, w postaci wypolerowanej powierzchni wymaga znacznych nakładów pracy ręcznej. Zastosowanie manualnych metod obróbki staje się szczególnie nieefektywne w przypadku dużych wymiarów i złożonych kształtów ramion obręczy.

W wyniku procesu polerowania uzyskuje się:

- zmniejszenie chropowatości powierzchni,
- poprawę walorów estetycznych wyrobu (połysk),
- zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej,
- zwiększenie odporności korozyjnej.

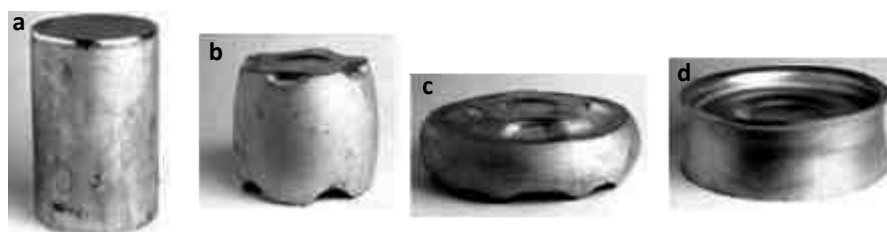
Proces eksploatacji obręczy wypolerowanych wymaga szczególnej uwagi,

ponieważ ich powierzchnie są mniej odporne na oddziaływanie czynników takich jak: bezpośrednie oddziaływanie warunków atmosferycznych, oddziaływanie pyłów powstałych w wyniku ścierania klocków i tarcz hamulcowych.

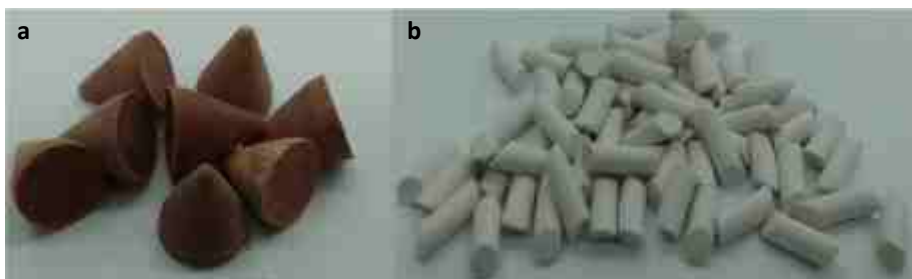
3. Warunki i efekty procesu polerowania

Badaniom poddano obręcze aluminiowe firmy „Kahn” o średnicy 482,6 mm (19 cali), wykonane ze stopu aluminium AlSi7Mg. Obręcze przygotowano do polerowania poprzez usunięcie warstwy lakieru za pomocą preparatu Scansol – środka przeznaczonego do tego właśnie celu. Przeprowadzono pomiary elementów tworzących SGP przed i po obróbce wibro-ściernej. Dokonano oceny cech stereometrycznych powierzchni poprzez obserwację mikroskopową z wykorzystaniem z mikroskopu optycznego Nikon MA 200 Eclipse z systemem analizy obrazu NIS 4,20.

Z uwagi na konieczność usunięcia makronierówności proces przeprowadzono dwuetapowo. W pierwszej kolejności – z wykorzystaniem kształtek żywicznych PB 20 KT o spoiwie poliesterowym (85% intensywności ściernej), a następnie – wykorzystując kształtki porcelanowe EB 0410 V. Fotografii stosowanych kształtek przedstawiono na rys. 2. Jako medium wspomagające proces polerowania felgi zastosowano płyn ME L100 A22/NF.



Rys. 1. Etapy powstawania obręczy kół metodą prasowania: a) półwyrob, b) pierwszy etap prasowania, c) drugi etap prasowania, d) końcowe formowanie kształtu obręczy [5]



Rys. 2. Kształtki: a) o spoiwie żywicznym PB 20KT b) z ceramiki EB 0410 V

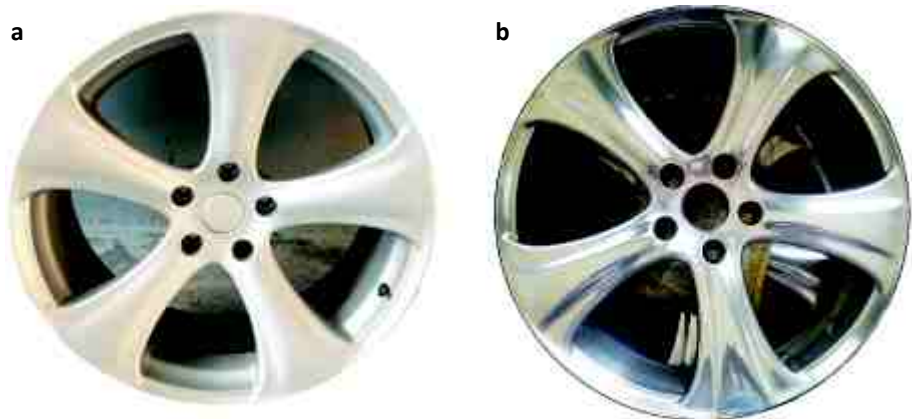


Rys. 3. Fazy procesu obróbki wygładzającej obręcze: a) gratowanie, b) polerowanie

Na fotografiach widoczne są efekty zastosowania obróbki wibro-ściernej, w szczególności w aspekcie estetyki.

4. Badania struktury geometrycznej powierzchni

Badano powierzchnie obręczy aluminiowych: w stanie wyjściowym oraz po obróbce wibro-ściernej z zastosowaniem



Rys. 4. Obręcze aluminiowe: a) przed polerowaniem, b) po polerowaniu (obróbka wibro-ścierna)

Fazy przykładowego procesu obróbki wygładzającej obręcze przedstawiono na rys. 3. Przebiegał on dwuetapowo: obróbka wstępna – gratowanie oraz wykończeniowa – polerowanie.

Na kolejnym rysunku – rys. 4, przedstawiono przykładowe efekty uzyskane w wyniku wibro-ściernej obróbki obręczy.

gratowania oraz polerowania. Strukturę geometryczną powierzchni zbadano w Zakładzie Metaloznawstwa i Technologii Amunicji Politechniki Świętokrzyskiej przy użyciu profilometru Taylor Hobson Surtronic25. Zastosowano następujące parametry pomiaru chropowatości: filtr CutOff (filtr Gausa) na 0,8 mm, odcinek pomiarowy 4 mm. Pomiarów

dokonano dla losowo wybranych powierzchni. Na rys. 5 przedstawiono profilogram powierzchni uzyskany w wyniku obróbki danych pomiarowych z wykorzystaniem oprogramowania TalyProfile Gold, umożliwiającego przedstawienie graficzne profilu badanej powierzchni oraz wyznaczenie parametrów chropowatości.

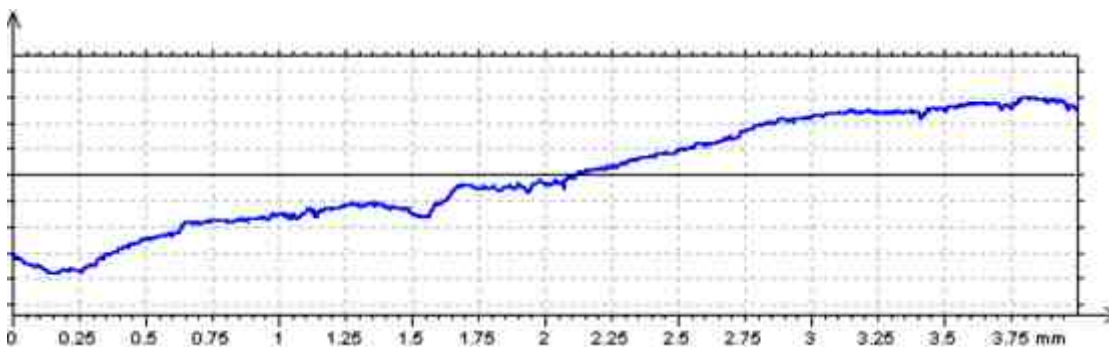
Obróbkę przeprowadzono w wygładzarce o pojemności odpowiadającej 125 kg medium obróbczego, dodano 300 gramów płynu wspomagającego. Podczas badań dokonywano oceny SGP co godzinę. Założony efekt wybliszczony uzyskano po 6 godzinach obróbki.

Analizując topografię powierzchni próbek oglądanych pod mikroskopem można zauważyć, że obręcz była wykonana metodą rolowania – nieuzbrojonym okiem widoczne są równoległe paski po procesie wytwarzania. Ich średnia chropowatość Ra wyniosła ok. 29 µm, natomiast po polerowaniu, parametr Ra osiągnął wartość 0,36 µm. Wewnętrzna strona obręczy po procesie prasowania posiada minimalne ślady równoległych pasów, co widoczne jest na rys. 7. Całkowite wygładzenie wewnętrznej powierzchni wymagałoby zwiększenia czasu prowadzenia procesu obróbki w luźnych kształtkach.

Uzyskany stan SGP oceniany wzrokowo wskazuje, że stawiany cel, w formie wybliszczony powierzchni, został osiągnięty.

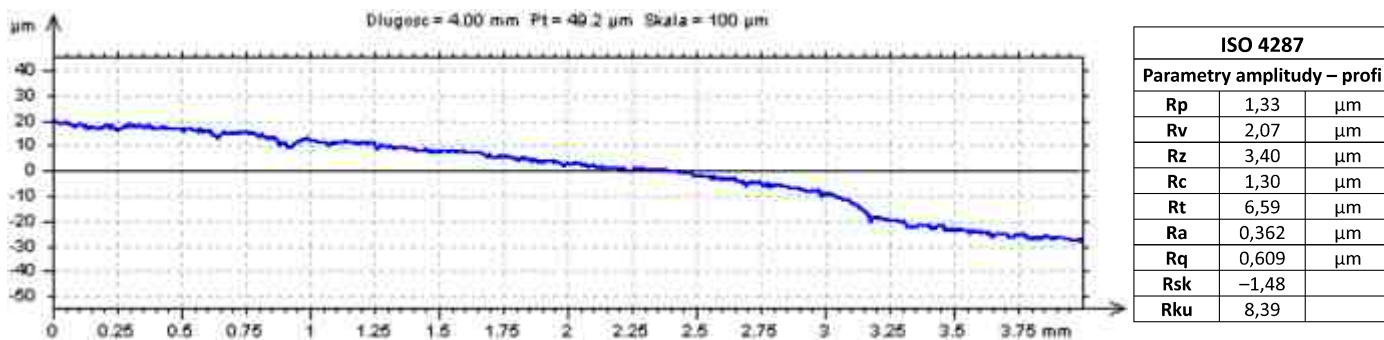
Podsumowanie

Coraz powszechniej stosowane polerowanie obręczy aluminiowych jest bardzo efektywnym procesem. Uzyskanie efektu tzw. lustra jest niejednokrotnie żmudne i bardzo czasochłonne. Można przeprowadzać to ręcznie, jednak czas potrzebny na wykonanie obróbki jednej obręczy wynosi na ogół

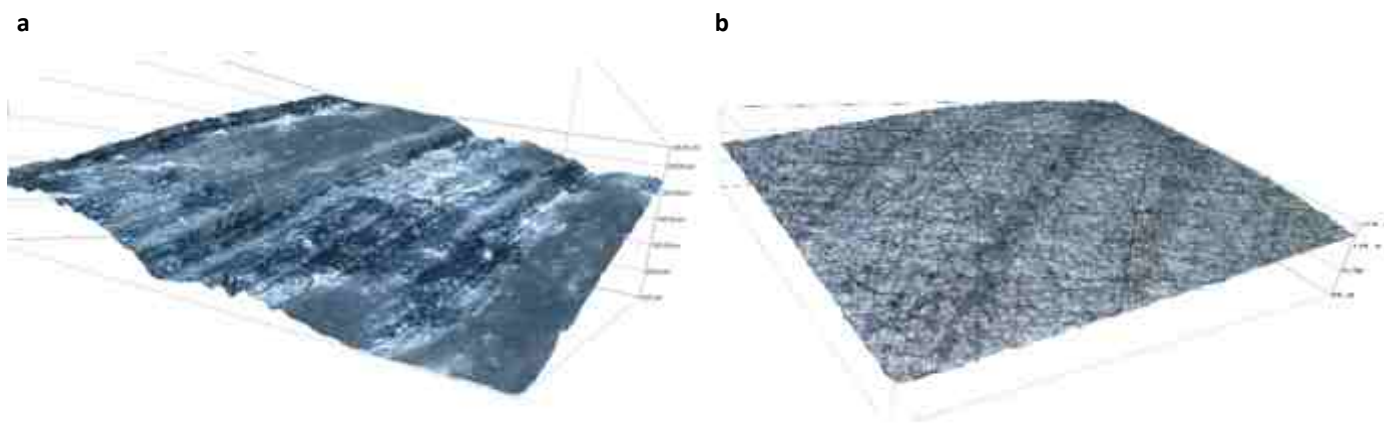


ISO 4287		
Parametry amplitudy – profi		
Rp	-22,80	µm
Rv	23,96	µm
Rz	46,76	µm
Rc	11,81	µm
Rt	19,62	µm
Ra	29,966	µm
Rtq	7,29	µm
Rsk	-6,34	
Rku	19,07	

Rys. 5. Zarys profilu chropowatości elementu przed obróbką gładkościową oraz zmierzone wartości parametrów chropowatości



Rys. 6. Zarys profilu chropowatości elementu obrabianego na wygładzarce wibro-ścierniej oraz zmierzone wartości parametrów chropowatości; czas obróbki: 6 godzin



Rys. 7. Struktura geometryczna powierzchni obręczy aluminiowej: a) przed polerowaniem (bezpośrednio po usunięciu lakieru), b) po procesie polerowania

15÷20 godzin. W zależności od wymiarów obręczy i skomplikowania jej kształtu czas ten może ulec zmianie.

Przeprowadzenie polerowania obręczy aluminiowych z użyciem procesów luźnymi kształtkami, np. obróbki wibro-ścierniej, pozwala na znaczne skrócenie czasu potrzebnego do wykonania polerowania (6÷8 godzin) przy jednoczesnym zachowaniu powtarzalności procesu. Zastosowanie obróbki wibro-ścierniej umożliwia polerowanie obręczy nawet o bardzo złożonych kształtach.

Przeprowadzone pomiary pozwalają stwierdzić, iż powierzchnia obręczy po polerowaniu osiąga średnią chropowatość Ra = 0,36 µm, jest to polepszenie wskaźnika Ra o 80 razy w stosunku do powierzchni przed obróbką wibrościerną (Ra = 29 µm).

Przeprowadzenie dwuetapowego procesu obróbki wibro-ścierniej, tj. grатовanie kształtkami żywicznymi i polerowanie kształtkami porcelanowymi, pozwala na uzyskanie lepszych efektów niż w przypadku prowadzenia samego

polerowania za pomocą kształtek porcelanowych.

Na podstawie obserwacji SGP pod mikroskopem można stwierdzić, że powierzchnie przed obróbką posiadają charakterystyczne równoległości jako pozostałość po procesie wytwarzania metodą rolowania. Po procesie obróbki luźnymi kształtkami w pojemniku wibracyjnym powierzchnia zewnętrzna jest błyszcząca, a strona wewnętrzna jest pozbawiona równoległych pasów – widoczne są one jedynie przy obserwacjach pod mikroskopem.

Literatura

1. Adamczak S.: *Pomiary geometryczne powierzchni*, Wyd. WNT, Warszawa 2008.
2. Bakoń A., Brzeziński M., *Wybrane aspekty obróbek powierzchniowych wyrobów z tworzyw sztucznych metodami stumieniowo ściernymi i w luźnych kształtkach*, Mechanik nr 8-9/2014.
3. <http://forsal.pl/artykuly/764449>, liczba-samochodow-na-1000-mieszkancow-ranking-polskich-miast.html

4. http://pl.wikipedia.org/wiki/Felgi_aluminiowe (02,03,2015).

5. http://superauto24.se.pl/auto-porady/jakie-sa-rodzaje-felg-aluminiowych-ktory-typ-obreczy-jest-najtrwalszy-i-warty-zakupu_385759.html.

6. 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, s. 577-580.

7. Oryński F., Synajewski R., Bechciński G.: *Fizyczny model szlifowania wibracyjnego płaszczyzn w kierunku poprzecznym*. Mechanik nr 1/2013, s. 30-34.

8. Spadło S. Zarzycki M.: *Analiza możliwości zastosowania obróbki wibrościerniej do wyblyszczania powierzchni elementów amunicji*. Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej Nauki techniczne – Budowa i Eksploatacja Maszyn, z. 11/2008, s. 289-296, Kielce 2008.

9. Woźniak K.: *Media roślinne do obróbki na sucho w wygładzarkach pojemnikowych*. Obróbka Metalu nr 4/2014, s. 36-44. ■