

## ZMIANY STRUKTURY GEOMETRYCZNEJ POWIERZCHNI ELEMENTÓW MASZYN WYKAŃCZANYCH ZA POMOCĄ OBRÓBK WIBROŚCIERNEJ

### Streszczenie

*W artykule zostało przedstawione zastosowanie obróbki wibrościernej do obróbki wykończeniowej elementów maszyn. Jako przykład analizy wybrano podkładki stalowe. W formie wyjściowej posiadały ślady po procesach produkcyjnych w postaci kucia a więc ostre krawędzie. Ponadto na powierzchni podkładek były ślady korozji. Proces obróbki wibrościernej pozwolił na zaokrąglenie ostrych krawędzi oraz usunięcie korozji i warstw tlenkowych z powierzchni obrabianych elementów. Pozwoliło to w konsekwencji na poprawienie średniej chropowatości powierzchni  $R_a$  z blisko  $1.1 \mu\text{m}$  do  $0.47 \mu\text{m}$ .*

### WSTĘP

Obróbka ścierna może być definiowana na wiele sposobów. Spośród nich dwie definicje wystarczająco opisują to pojęcie. Pierwsza definicja wskazuje, że obróbka ścierna polega na usunięciu materiału przy pomocy mediów ściernych (kształtek lub też sypkich) [13]. Orientacja kształtek względem głównych kierunków kinematycznych w momencie kontaktu z materiałem jest przypadkowa. Według drugiej definicji, termin obróbki ścierniej jest usuwanie stałej objętości materiału przy pomocy kształtek wykonanych z materiałów twardych (trudnościeralnych) [2].

Zabiegi ściernie można podzielić na trzy grupy: obróbka kształtkami, obróbka ścierniwem luźnymi obróbka elektrochemiczna. Materiały ściernie oddzielone są za pomocą energii mechanicznej i erozji, w zależności od materiału rozdzielającego. Podczas obróbki ścierniej formowany jest odpad w postaci mikro-wiórow [3, 11].

Biorąc pod uwagę wzajemne oddziaływanie zachodzące podczas procesu obróbki wibracyjnej należy pamiętać o interakcji pomiędzy wszystkich elementami procesu. Jednakże, ze względu na liczbę kształtek oraz ich czynną powierzchnię oddziaływującą na ścianki obrabianych detali są najbardziej istotne w tym procesie [9]. Dlatego ważne jest, aby wybrać odpowiedni rodzaj środka ściernego dopasowany do danego rodzaju materiału z zastosowaniem odpowiednich mediów wspomagających obróbkę [4,6]. Wielkość i rodzaj ziaren ściernych oraz intensywność ich upakowania też odgrywa znaczącą rolę [5]. Niewątpliwie bardzo ważne dla końcowego wyniku jest również kształt i wymiary wygładzania detali.

### 1. OBRÓBKA WIBROŚCIERNA – WARUNKI, MOŻLIWOŚCI, ZASTOSOWANIE

Obróbka wibrościerna znajduje szerokie zastosowanie w jubilerstwie do polerowania biżuterii metalowej, elementów z tworzyw sztucznych, naturalnych kości i kamieni szlachetnych oraz procesach gratowania i odtłuszczania a także w elaboracji amunicji do czyszczenia uprzednio odstrzelonych łusek [5,14].

Obróbka wibrościerna wykorzystywana często bywa jako obróbka wykańczająca do usuwania zadziorów z krawędzi bądź też ich wygładzania [15]. Proces odbywa się w zamkniętych szczelnie pojemnikach zawierających obrabiane elementy, medium robocze w postaci odpowiednio dobranych kształtek ściernych lub polerujących oraz płynu roboczego [8]. Proces polega na przemieszczaniu się obrabianych przedmiotów względem kształtek ściernych. Ruchy planetarne i wibracyjne powodują nieustanne przemieszczanie się

materiału ściernego oraz obrabianych detali, umieszczonych swobodnie w pojemniku roboczym maszyny. Prowadzi to do wzajemnego oddziaływania na siebie materiałów zawartych w zbiorniku oraz ścieranie defektów z powierzchni [1]. W laboratorium dysponujemy urządzeniami SMD R25 do obróbki wibrościernej o pojemności 25 litrów, w których mogą być obrabiane przedmioty o maksymalnej długości ok. 50 mm [10].

Przed zastosowaniem obróbki wibrościernej musimy pamiętać o odpowiednim dobraniu parametrów procesu:

- media ściernie (szlifujące i/lub polerujące)
- wspomagające płyny obróbkowe i/lub pasty
- czas obróbki
- częstotliwość pracy urządzenia
- właściwa proporcja mediów i przedmiotów obrabianych

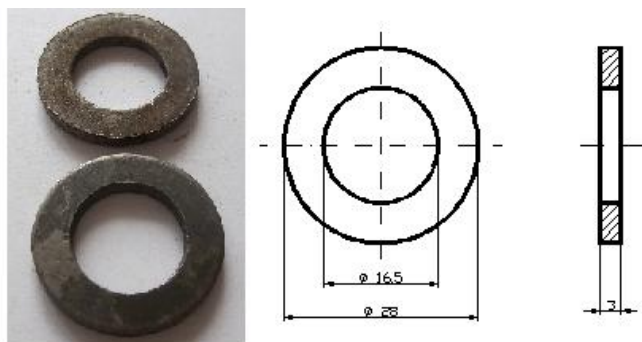
Czas obróbki waha się od kilkunastu minut (srebrne detale jubilerskie w tumblerze bezwładnościowym) do kilku tygodni (kamienie szlachetne w tumblerze wibracyjnym) i zależy od stosowanej metody, materiału ściernego oraz obrabianych przedmiotów.

Proces może być stosowany na sucho z użyciem past ściernych i odpowiedniego nośnika (mielone kaczany kukurydzy lub łupiny orzecha włoskiego). Możemy również wyróżnić procesy przeprowadzane na mokro – najczęściej z dodatkiem płynu wspomagającego lub wodnej zawiesiny ścierniwa – z użyciem żywicznych lub ceramicznych kształtek ściernych albo śrutu ze stali nierdzewnej, kwasoodpornej lub szkła.

Stosuje się również roztwory chemiczne (między innymi sole zwilżające, sole trawiące oraz mydła alkaiczne) podczas obróbki, które wchodzi w reakcję z materiałem obrabianym oraz ułatwiają usuwanie produktów ścierania. Zadaniem składników roztworu wspomagającego jest oczyszczenie i odtłuszczenie powierzchni obrabianych detali, zwilżenie powierzchni przedmiotów i kształtek ściernych, ochrona przed korozją. Przy doborze płynów wspomagających należy uwzględnić rodzaj obróbki oraz właściwości chemiczne obrabianych metali. Reaktywność chemiczna metali i ich stopów jest różna, i dlatego wymagają one różnych roztworów wspomagających. Należy pamiętać, że duża ilość płynów może obniżyć amplitudę drgań powodując zmniejszenie wydajności procesu.

### 2. BADANIA DOŚWIADCZALNE

Badania doświadczalne przeprowadzono dla próbek ze stali C45 o wymiarach podanych na rys. 1.



Rys. 1 Próbki wraz z wymiarami użyte do badań.

Próbki zostały przygotowane poprzez obróbkę mechaniczną polegającą na wycinaniu na wykrojnیکach. Próbki w postaci podkładek są to tzw. handlowe podkładki hutnicze, nie posiadające warstwy zabezpieczającej przed korozją. Próbki zostały dobrane w partie po 5 sztuk w każdej partii, a następnie oznaczone punktami tak aby numer partii odpowiadał ilości nakuć na próbce. Kolejnym krokiem było zważenie próbek, aby móc określić ubytek masowy znając masę przed oraz po określonym czasie obróbki.



Rys. 2 Kształtki ściernie.

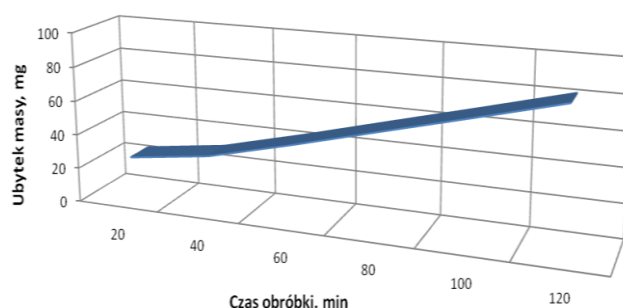
Badania zostały przeprowadzone na urządzeniu do obróbki wibrościerniej – marki SuperMinor SMD-R25 w Zakładzie Metaloznawstwa i Technologii Amunicji. Podczas badań częstotliwość drgań maszyny ustawiono na 2500 Hz. Do zbiornika zostały wysypane kształtki ściernie jak przedstawiono na rys. 2 w ilości ok. 20 litrów. Obróbka odbywała się na mokro, jako czynnika ciekłego zastosowaliśmy wodę demineralizowaną (ok. 250 ml).

### 3. WYNIKI POMIARÓW

Po przygotowaniu urządzenia oraz mediów obróbczych przystąpiliśmy do doświadczenia. W równych odstępach czasu wynoszących 20 min wyciągaliśmy określoną partię próbek, aż do 120 min czasu obróbki. W rezultacie dało nam 6 wyników pomiarowych. Podobnie jak przed pomiarami partie zostały zważone a dane zostały zamieszczone w tab. 1.

Analizując tabelę można zauważyć, iż zgodnie z naszymi oczekiwaniami masa próbek maleje wraz z upływem czasu. W przypadku 5 detali ubytek masy obrabianych wibracyjnie po 20 minutach zmalał o 24,6mg w stosunku do próbek nie obrabianych, natomiast w przypadku 120 minut obróbki ubytek jest już ponad trzykrotnie większy i wyniósł 82,4mg. Chcąc mieć obraz jak zmienia się masa w stosunku do masy próbek przed obróbką policzono procentowy ubytek masowy. Analogicznie dla czasu obróbki równemu 20 minut masa zmalała o 0,58 %, natomiast dla 120 minut już 1,92 %.

Rozważając natomiast prędkości ubytku masy można stwierdzić, że w pierwszych 20 minutach trwania procesu wartość  $\Delta m/t$  wynosi 73,8 mg/godz. Jest to dwukrotnie większa wartość niż dla dalszych czasów trwania procesu. Analogicznie przedstawia się prędkość ubytku masy  $\Delta V/t$  która wynosi dla 20 minut 9,40 mm<sup>3</sup>/godz. A dla dalszych czasów oscyluje w granicach 5,5 mm<sup>3</sup>/godz. Można więc stwierdzić, iż w pierwszym etapie trwania obróbki usuwanych jest najwięcej ostrych krawędzi, zadziórów oraz różnych nierówności powierzchni.



Wyk. 1 Zależność ubytku masy w funkcji czasu.

Dla zobrazowania w formie graficznej zmiany masy partii próbek sporządzono wykres 1 przedstawiający zależności ubytki masowe w funkcji czasu obróbki. Zauważamy na nim, iż z upływem czasu ubytek masowy rośnie i jest to zależność niemalże liniowa.

Aby móc określić jak zmieniały się ubytki masowe w pojedynczych próbkach odpowiednie wyniki uzyskane w tabeli 2 należało podzielić przez ilość próbek w partii (w naszym przypadku 5), co będzie ukazywać zależności masowe dla pojedynczych detali. Policzono również jak zmienia się ubytek masy pomiędzy kolejnymi okresami trwania obróbki. Analizując wyniki zauważamy, że największy ubytek masy następuje w czasie pierwszych 20 minut trwania procesu i wyniósł on 4,92 mg. Dla kolejnego okresu od 20 do 40 minuty różnica mas przed i po obróbce okazała się dwukrotnie mniejsza niż dla pierwszego okresu. Kolejne okresy charakteryzują się już prawie liniową zależnością ubytku masy w stosunku do poprzedzającego okresu i oscylują w granicach 2,5 mg. Potwierdza to założenia, iż w pierwszym etapie trwania obróbki usuwanych jest najwięcej ostrych krawędzi, zadziórów oraz pozostałych nierówności

Tab. 1 Parametry oraz wyniki eksperymentu.

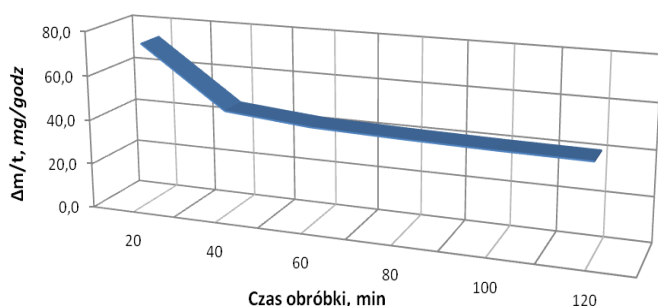
Nr partii	Czas obróbki, min	Masa partii przed obróbką, g	Masa partii po obróbce, g	$\Delta m$ , mg	$\alpha$ , %	$\Delta m/t$ , mg/godz.	$\Delta V/t$ , mm <sup>3</sup> /godz.
1	20	42,3962	42,3716	24,6	0,58	73,8	9,40
2	40	43,1281	43,0969	31,2	0,72	46,8	5,96
3	60	42,7815	42,7381	43,4	1,01	43,4	5,53
4	80	42,9303	42,8739	56,4	1,31	42,3	5,39
5	100	43,2907	43,2214	69,3	1,60	41,6	5,30
6	120	43,0244	42,942	82,4	1,92	41,2	5,25

powierzchni.

**Tab. 2** Ubytek masowy pojedynczych próbek oraz ubytek masowy pomiędzy kolejnymi próbkami.

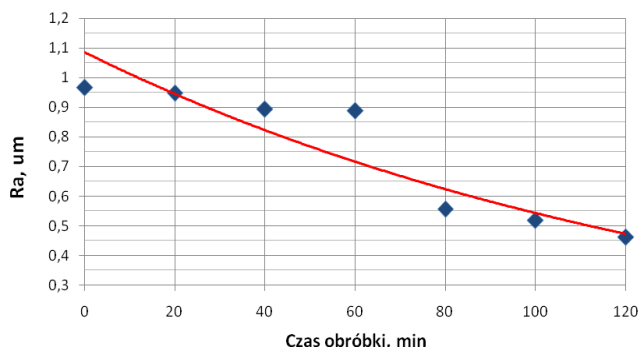
Nr próbki	Czas obróbki, min	Ubytek masy, mg	Ubytek masy w stosunku do próbki poprzedniej, mg
1	20	4,92	4,92
2	40	6,24	1,32
3	60	8,68	2,44
4	80	11,28	2,60
5	100	13,86	2,58
6	120	16,48	2,62

Dla pełniejszego zobrazowanie danych zgromadzonych w powyższej tabeli sporządzono wykres 2 przedstawiający prędkość zmiany masy w funkcji czasu.



**Wyk. 2** Prędkość zmiany masy w funkcji czasu trwania obróbki.

Analiza struktury geometrycznej powierzchni próbek została wykonana przy użyciu urządzenia Taylor Hubson Surtronic25. Obróbka wibrościerna poprzez swoją prostotę ma bardzo duże zastosowanie w obróbce wykańczającej detali [12]. Otrzymane wyniki badań chropowatości powierzchni dla próbek poddanych obróbce w różnych czasach pozwoliły na sporządzenie wykresu 3. Wykres ten ilustruje graficznie wartości średniego odchylenia od linii środkowej  $R_a$  [7] w funkcji czasu trwania obróbki. W celu połączenia punktów na wykresie skorzystano z linii trendu typu wykładniczego, która najlepiej przybliży jak zmienia się chropowatość powierzchni w zależności od trwania procesu wygładzania.



**Wyk. 3** Zależność chropowatości powierzchni  $R_a$  od czasu trwania obróbki.

## PODSUMOWANIE

Obróbka wibracyjna jest doskonałym procesem do obróbki wykończeniowej prostych jak i bardziej skomplikowanych elementów. Największe ubytki masowe mają miejsce w pierwszych minutach

trwania procesu. W przypadku próbek obrabianych przez pierwszych 20 minut ubytek ten dla pojedynczej próbki wyniósł 4,92 mg natomiast kolejne okresy 20 minutowe przynoszą już niemalże stałe dwukrotnie mniejsze ubytki, wynoszące około 2,5 mg.

Obróbka wibrościerna umożliwiła umocnienie powierzchni poprzez intensywne oddziaływanie twardymi kształtkami polerującymi na badaną powierzchnię.

Badania chropowatości powierzchni pozwoliły nam stwierdzić, że obróbka próbek typu podkładki zastosowanych w pracy badawczej w czasie 120 minut wykazały ponad dwukrotnie mniejszą wartość parametru  $R_a=0,462 \mu\text{m}$  niż w przypadku próbek nie poddanych tej obróbce  $R_a=0,966 \mu\text{m}$ .

## BIBLIOGRAFIA

- Burakowski T., Wierzchoń T.: *Inżynieria powierzchni metali*, Wyd. WNT, Warszawa 1995.
- Filipowski R., Marcinak M.: *Techniki obróbki mechanicznej i erozyjnej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- Górski E.: *Obróbka Gładkościowa*, Wyd. WNT, Warszawa 1963.
- <http://www.armtech.pl/uslugi#tabs-wibroscierna>
- <http://www.grantrade.com>
- [http://www.gubad.com/uslugi/obrobka\\_wibroscierna.html](http://www.gubad.com/uslugi/obrobka_wibroscierna.html)
- 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
- Oryński F., R. Synajewski, *Badania chropowatości powierzchni obrabianych konwencjonalnie i wibracyjnie na szlifierce do płaszczyn*, *Mechanik*, 2010, R. 83, nr 3, s. 190-192
- Oryński F., Synajewski R., Bechciński G.: Fizyczny model szlifowania wibracyjnego płaszczyn w kierunku poprzecznym. *Mechanik*, 1,30-34, 2013.
- Podręcznik obsługi: Rotacyjna maszyna dla wykończeń wibracyjnych SMR-D-25, Rollwasch @Italiana SpA.,
- Pogan J., *Odpady po obróbce wibrościerniej, Recykling*. 2007, nr 9, s. 24-25
- Praca zbiorowa pod red. Humiennego Z., *Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS), Podręcznik europejski*, Wyd. WNT 2004.
- Rodziewicz M.: *Wygładzanie luźnym ścierniwem w pojemnikach*, Wyd. WNT, Warszawa 1968.
- Spadło S., Bańkowski D., „Badania usuwania zadziorów metodą obróbki wibrościerniej”, *Mechanik, Zeszyt: 12.*; 2014
- Starosta R.: *Obróbka powierzchniowa*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia 2008.

## CHANGES IN THE STRUCTURE OF GEOMETRIC SURFACES OF MACHINES FINISHED USING VIBRO-ABRASIVE MACHINING

### Abstract

The paper was presented to the use of vibro-abrasive machining to finishing machine elements. As an example, the analysis of selected steel washers. In

*the output form they had traces of manufacturing processes as forging and so sharp edges. In addition, on the surface of the pads were signs of corrosion. Vibroabrasive machining process allowed the rounding off sharp edges and remove rust and oxide layers from the surface of the workpieces. This allowed consequently to improve the average surface roughness Ra of 1.1 microns close to 0.47 $\mu$ m.*

Autorzy:

prof. PŚk dr hab. inż. **Sławomir Spadło** - Kielce University of Technology, sspadlo@tu.kielce.pl

mgr inż. **Damian Bańkowski** - Kielce University of Technology, bankowskid@tu.kielce.pl

mgr inż. **Piotr Młynarczyk** - Kielce University of Technology, piotr.m@tu.kielce.pl