

# Badania i analiza dokładności powierzchni docieraka docierarki jednotarczowej z ruchem posuwowym pierścienia prowadzącego

Research and analysis on the surface accuracy of lapping plat in single-sided lapping machine with reciprocating motion of conditioning ring

ADAM BARYLSKI  
NORBERT PIOTROWSKI\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.255

Zaprezentowano stanowisko badawcze, które umożliwi zbadanie wpływu położenia pierścienia prowadzącego w układzie niestandardowym docierania jednotarczowego na zużycie narzędzia. Przeprowadzono serie badań dla układu z ruchem posuwistym pierścienia prowadzącego, przedstawiono przykładowe wyniki oraz przeanalizowano zużycie tarczy docierającej dla różnych parametrów kinematycznych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** docieranie jednotarczowe, kinematyka docierania, zużycie ściernie

*This paper presents an experimental stand, which lets research influences of conditioning rings position in non-standard single-sided lapping system. Many researches of system with reciprocating motion of conditioning ring were performed sample results were presented and a lapping plate wear for different kinematics parameters was analysed.*

**KEYWORDS:** single-sided lapping, lapping kinematics, abrasive wear

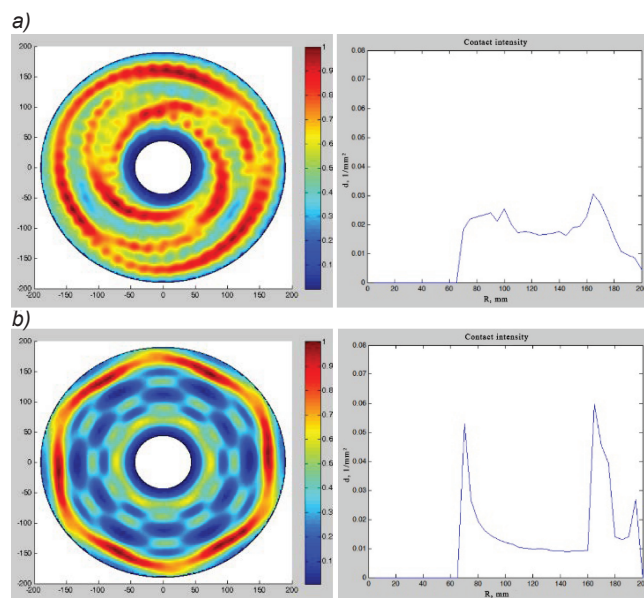
Istotny wpływ na dokładność wymiarową i kształtową oraz na jakość powierzchni przedmiotów obrabianych w docieraniu jednotarczowym ma tarcza docierająca. Jej nadmierne zużycie przez przedmioty obrabiane powoduje błędy zniekształceń: wklęsłość, wypukłość lub występowanie osiowego bicia powierzchni roboczej. Płaskość przedmiotów obrabianych oraz właściwe wykończenie powierzchni są zachowane pod warunkiem utrzymania odpowiednich warunków obróbki oraz kondycjonowania docieraka [1÷3].

W artykule zaprezentowano niekonwencjonalny układ docierania jednotarczowego, w którym pierścień prowadzący wykonuje w czasie obróbki ruch uzupełniający. Symulacje oraz badania wykazały, że zmiana kinematyki docierania ma znaczący wpływ na zużycie narzędzia.

## Symulacje zużycia tarczy docierającej

W docieraniu jednotarczowym do utrzymania płaskości tarczy docierającej wykorzystywane są pierścienie prowadzące. W praktyce czas kondycjonowania oraz położenie pierścieni prowadzących są kontrolowane i ustalane przez operatora obrabiarki. Zgodnie z zaleceniami producentów docierarek jednotarczowych oraz przeprowadzonymi wcześniej symulacjami [2, 4, 5] pierścienie prowadzące należy przesunąć na zewnątrz tarczy, gdy narzędzie jest wklęsłe. Aby natomiast wyeliminować wypukłość docieraka, należy przesunąć pierścienie do środka tarczy docierającej.

Celem większości opracowanych teoretycznych modeli zużycia jest optymalizacja parametrów zapewniająca równomierność zużycia czynnej powierzchni narzędzia oraz odpowiednie wykończenie powierzchni. Wielkość zużycia tarczy w docieraniu może być opisana za pomocą tribologicznego modelu Prestona, który badał zużycie materiału podczas szlifowania szkła. Model ten jest wykorzystywany m.in. do wyznaczania zużycia podczas szlifowania lub polerowania mechaniczno-chemicznego [6, 7]. Dla jednostajnego docisku oraz stałych warunków ścierania intensywność zużycia w docieraniu zależy od prędkości względnej oraz intensywności kontaktu ziaren ściernych z docierakiem. Na rys. 1 przedstawiono symulacje zużycia dla układu z ruchem posuwisto-zwrotnym.



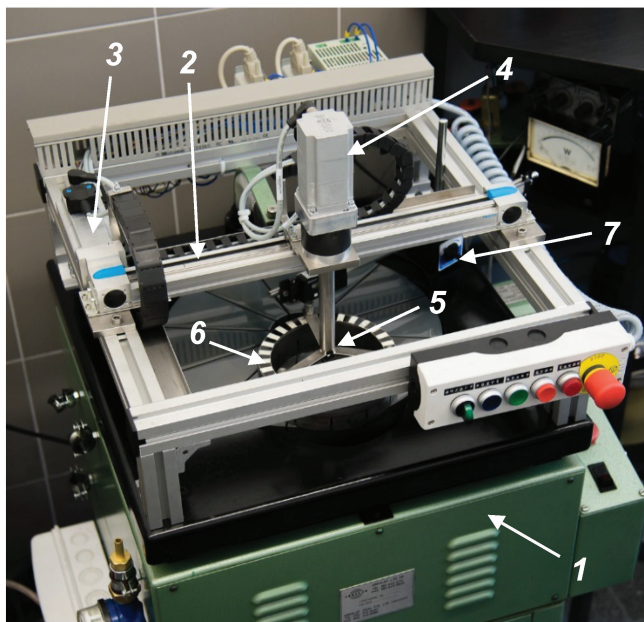
Rys. 1. Symulacje zagęszczenia ścieżek. Parametry: prędkość obrotowa tarczy  $\omega_1 = 55$  obr/min; prędkość obrotowa pierścienia  $\omega_s = 30$  obr/min; odległość minimalna pierścienia od środka tarczy  $R_{min} = 115$  mm; odległość punktu, dla którego mierzone jest zagęszczenie do środka pierścienia  $r = 50$  mm; długość ruchu liniowego  $d = 190$  mm; prędkość liniowa  $v = 50$  mm/s (a) i 200 mm/s (b)

## Opis stanowiska badawczego

Badania eksperymentalne przeprowadzono na docierarce jednotarczowej Abralap 380, która jest jednym z elementów stanowiska badawczego (rys. 2) przeznaczoną do analizy zużycia tarczy docierającej dla układów kinematycznych z wymuszonym ruchem pierścienia prowadzącego. Nad docierarką (1) zamontowano napęd liniowy (2) wyposażony w silnik krokowy (3), do którego przymocowany jest kolejny silnik krokowy (4). Za sprawą specjalnego uchwytu (5) silnik ten obraca

\* Prof. dr hab. inż. Adam Barylski (abarylsk@pg.gda.pl), mgr inż. Norbert Piotrowski (np.piotrowski@gmail.com) – Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej

pierścienia prowadzący (6). Układ umożliwia łatwe sterowanie przemieszczeniem pierścienia oraz prędkością obrotową w dwóch kierunkach. Zastosowane silniki krokowe pozwalają na precyzyjne pozycjonowanie i powtarzalne ruchy. Zakres roboczy ruchu liniowego to 350 mm. Dodatkowo cały napęd liniowy można przesunąć wzdłuż promienia docieraka. Niezależny pomiar prędkości docieraka realizowany jest przez obrotomierz zbudowany z optycznego czujnika odbiciowego i programowanego tachometru. Pola odbijające światło przymocowano do końcówki wału napędzającego docierak.



Rys. 2. Stanowisko badawcze: 1 – docierarka jednotarczowa Abralap 380, 2 – napęd liniowy, 3 – silnik krokowy napędu liniowego, 4 – silnik krokowy obracający pierścieniem, 5 – uchwyt, 6 – pierścień prowadzący, 7 – czujnik pomiarowy

Ponadto stanowisko wyposażono w czujnik pomiarowy (7), umożliwiający wykonywanie stykowych pomiarów bezpośrednio na docierarce. Pomiaru pozwalają na wyznaczenie rzeczywistego zużycia czynnej powierzchni docieraka po obróbce. Czujnik wyposażony jest w statyw magnetyczny, przytwierdzony do stołu docierarki. Na kolumnie statywu przymocowany jest linał, po którym można przesunąć czujnik zegarowy wzdłuż promienia tarczy. Cyfrowy linał pomiarowy pozwala odczytać przemieszczenie z dokładnością do 0,01 mm. Dokładność pomiarowa czujnika zegarowego to 0,001 mm.

### Przebieg oraz wyniki badań eksperymentalnych

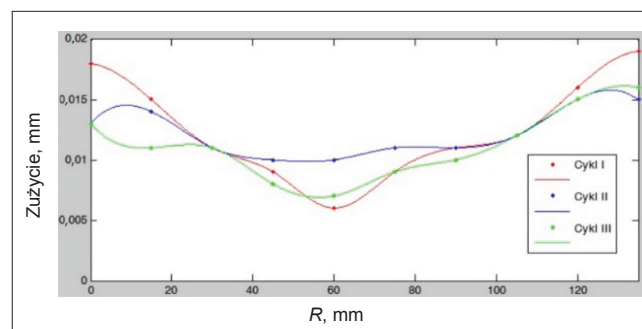
Badania eksperymentalne zostały podzielone na trzy części. W każdej z nich docierano tarcze przez 30 min, po czym dokonywano pomiarów. Do docierania użyto jed-

**TABLICA. Parametry kinematyczne wykorzystane w kolejnych cyklach badań eksperymentalnych**

Cykl docierania	I	II	III
Prędkość obrotowa tarczy $\omega_t$ , obr/min	55	55	55
Prędkość obrotowa pierścienia $\omega_s$ , obr/min	30	30	30
Odległość minimalna pierścienia od środka tarczy $R_{min}$ , mm	115	115	155
Długość ruchu liniowego $d$ , mm	0	190	190
Prędkość ruchu liniowego $v$ , mm/s	0	50	200

nego pierścienia, bez przedmiotów i separatora, oraz wykorzystano zawieszinę ścierną złożoną z węglików krzemu czarnego (98C F500), nafty i oleju maszynowego. Parametry każdego z cykli zamieszczono w tablicy.

Na pierwszym etapie badań do pomiaru płaskości czynnej powierzchni docieraka użyto przyrządu firmy Lapmaster. Składa się on z czujnika zegarowego na trzech nóżkach. Jest to urządzenie powszechnie stosowane do szybkiego i niezawodnego kontrolowania płaskości tarczy. Czujnik został na początku wyzerowany na dołączonym do niego wzorcu płaskości, a następnie był wykorzystywany jako punkt referencyjny do pomiaru tarczy docierającej. Płaskość mierzona była na 12 segmentach tarczy docierającej. Na drugim etapie mierzono wielkość zużycia tarczy za pomocą czujnika, który stanowi część stanowiska badawczego. Pomiaru wykonano w 10 punktach na czynnej powierzchni tarczy, oddalonych od siebie o 15 mm. Różnica pomiaru przed obróbką i po obróbce jest miarą zużycia. Wyniki przedstawiono na rys. 3. Analiza wyników badań eksperymentalnych pozwala stwierdzić, że zużycie pokrywa się w dużej mierze z wynikami uzyskanymi podczas symulacji układów docierania jednotarczowego. Ponadto zauważono, że wprowadzenie do układu dodatkowego ruchu pierścienia prowadzącego umożliwia uzyskanie bardziej równomiernego zużycia docieraka.



Rys. 3. Zużycie tarczy docierającej po trzech cyklach obróbki

### Podsumowanie

Nierównomierność zużycia profilowego narzędzia w docieraniu jednotarczowym wynika z kinematyki docierania. Odpowiednie warunki kinematyczne powinny być zapewnione w celu poprawy odchyłek płaskości tarczy docierającej – przez zmianę położenia pierścienia prowadzącego lub wprowadzenie dodatkowych ruchów. Określenie akceptowalnych zakresów nierówności oraz wybór odpowiednich parametrów będzie kolejnym krokiem w badaniu płaskości i równomierności zużycia tarczy docierającej.

### LITERATURA

- Uhlmann E., Ardelt T., Spur G. "Influence of kinematics on the face grinding process on lapping machines". *CIRP Annals*. 48, 1 (1999): pp. 281÷284.
- Stahli A.W. "The technique of lapping". Pieterlen/Biel, 2013.
- Klocke F. "Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping". Berlin-Heidelberg: Springer – Verlag, 2009.
- Marinescu I.D., Uhlmann E., Doi T. "Handbook of Lapping and Polishing". Taylor & Francis Publishing House, 2007.
- Barylski A., Piotrowski N. „Koncepty niekonwencjonalnych układów kinematycznych docierania jednotarczowego z wykorzystaniem robota”. *Mechanik*. R. 78, nr 8–9 (2014): s. 33÷36.
- Evans J., Paul E., Dornfeld D., Lucca D., Byrne G., Tricard M., Klocke F., Dambon O., Mullany B. "Material removal mechanisms in lapping and polishing". *STC "G" Keynote, CIRP Annals*. R. 52, No. 2 (2003): pp. 611÷633.
- Runnel S.R., Eymann L.M. "Tribology analysis of chemical-mechanical polishing". *Journal of The Electrochemical Society*. Vol. 141 (1994): pp. 1698÷1701.