Justyna Molenda
Akademia Morska w Gdyni

WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW PROCESU DOCIERANIA NA TEMPERATURĘ NARZĘDZIA

Docieranie stanowi jeden ze sposobów bardzo dokładnej obróbki materiałów. Znajduje szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, zwłaszcza precyzyjnego. W obróbce tej wykorzystuje się luźne ścierniwo. Na uzyskanie odpowiedniego stopnia jakości (chropowatości, gładkości) obrabianej powierzchni wpływa wiele czynników składających się na złożony opis teoretyczny procesu. Szczególnie dotyczy to materiałów dotychczas nieobrabianych (ceramika, materiały półprzewodnikowe itp.), dlatego decydującą rolę odgrywa tu doświadczenie, wiedza i umiejętności operatora obrabiarki lub technologa.

W artykule przedstawiono wstępne wyniki badań procesu docierania elementów ze stali normalizowanej, wyrażone w funkcji zmian temperatury narzędzia zależnej od czasu pracy urządzenia dla stałej prędkości docieraka i przy stałym nacisku powierzchniowym.

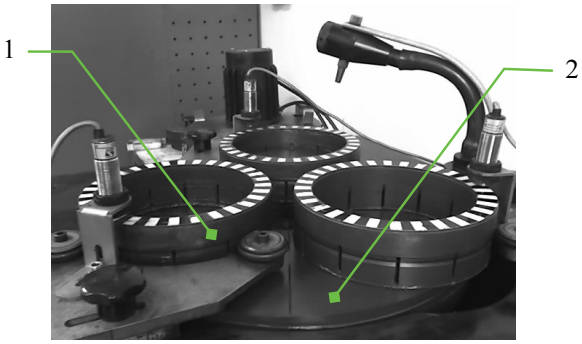
Słowa kluczowe: *docieranie, temperatura narzędzia, pomiary termowizyjne.*

WSTĘP

Docieranie stosuje się do tych powierzchni, w których wymagana jest wysoka dokładność kształtu (głównie płaskość), dokładność wymiarowa oraz mikrostereometria powierzchni obrobionej. Proces ten pozwala obrabiać materiały, które ze względu na swoje właściwości mechaniczne nie mogą być przetwarzane innymi metodami lub jest to ekonomicznie niekorzystne. W szczególności są to kruche ceramiki, materiały półprzewodnikowe i szkła.

Docieranie elementów płaskich realizuje się na docierarkach jedno- lub dwutarczowych, przy czym układy dwutarczowe stosuje się do obróbki powierzchni płasko-równoległych.

Podstawowy układ wykonawczy docierarki jednotarczowej przedstawiono na rysunku 1. Składa się on z trzech pierścieni prowadzących (1), które poruszają się po czynnej powierzchni docieraka (2) pod wpływem sił tarcia, z prędkością zależną od prędkości tarczy i warunków tarcia w strefie styku przedmiot obrabiany – narzędzie. W pierścieniach znajdują się separatory z umieszczonymi w nich przedmiotami obrabianymi. Między docierakiem a przedmiotami obrabianymi tworzy się szczelina, którą wypełnia warstwa ścierniwa [1, 2, 4, 7].



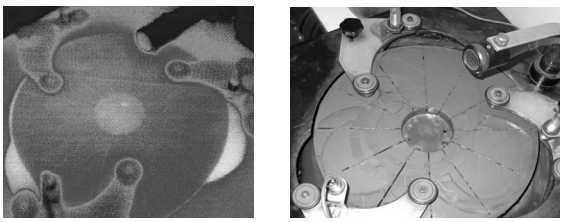
Rys. 1. Układ wykonawczy jednotarczowej docierarki pierścieniowej ABRALAP 380
1 – pierścienie prowadzące, 2 – docierak

Fig. 1. *Executory system of ABRALAP 380 lapping machine;*
1 – conditioning rings, 2 – lapping plate

1. TEMPERATURA DOCIERANIA

Narzędziem w procesie docierania jest docierak. Rolę ostrzy skrawających spełniają mikroziarna ścierne, dostarczane na jego powierzchnię w postaci zawiesiny w cieczy lub mikropasty. Mechanizm usuwania naddatku z powierzchni docieranej jest złożony. Mikroziarna mogą powodować jej odkształcenie plastyczne, umocnienie i w następstwie umocnienia odrywanie cząstek materiału lub mikroskrawanie. Od warunków w strefie obróbki zależy, który z tych mechanizmów jest dominujący [1, 2, 4, 7].

W procesie usuwania naddatku biorą udział tylko mikroziarna aktywne, czyli takie, których wymiar jest równy lub większy od wymiaru szczeliny roboczej. Wchodząc w kontakt roboczy z docieraną powierzchnią, powodują wydzielanie ciepła w efekcie działania siły tarcia i prędkości względnej między ziarnami a powierzchnią obrabianą. Tak wygenerowane ciepło powoduje nagrzewanie elementów układu wykonawczego obrabiarki, w tym docieraka. Podczas pracy docierak nagrzewa się nierównomiernie na swojej powierzchni, co potwierdza termogram przedstawiony na rysunku 2a). Zdjęcie wykonano kamerą termograficzną serii V-20 II firmy VIGO System S.A.



Rys. 2. Obszar docieraka widziany: a) w wyniku skanowania kamerą w podczerwieni,
b) obiektywem aparatu fotograficznego

Fig. 2. *The picture of scanned area made with: a) infrared camera, b) photo camera*

Płaskość docieraka stanowi czynnik decydujący o dokładności powierzchni obrobionej, ponieważ w trakcie obróbki błędy kształtu narzędzia odwzorowywane są na powierzchni obrobionej. Należy zatem zapewnić możliwie najwyższą płaskość tarczy. Aby zapobiegać jej nierównomiernym odkształceniom cieplnym, producenci wyposażają docieraki w systemy chłodzenia i kontroli temperatury narzędzia [2, 3, 5, 8]. W tabeli 1 przedstawiono przegląd ich ofert w tym zakresie.

Tabela 1

Oferta czołowych producentów docierarek w zakresie wyposażenia w systemy kontroli temperatury oraz chłodzenia tarczy [9–13]

The offer of lapping machines main producers in range of lapping plate cooling system and lapping plate temperature control system [9–13]

Kemet International Limited							
d_D [mm]	508 (20″)	610 (24″)	915 (36″)	1219 (48″)	1422 (56″)	1829 (72″)	2132 (84″)
Opcje	–	TCS	TCS	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP
Lapmaster International LLC							
d_D [mm]	508 (20″)	610 (24″)	915 (36″)	1219 (48″)	1422 (56″)	1829 (72″)	2132 (84″)
Opcje	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP
Peter Wolters GmbH							
d_D [mm]	–	600	800	1200	1600	–	
Opcje	–	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	–	
STAHLI Group							
d_D [mm]	500	550	750	1000	1250	1500	
Opcje	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	WCLP	
Engis Corporation							
d_D [mm]	381 (15″)	610 (24″)	711 (28″)	915 (36″)	1067 (42″)	1219 (48″)	
Opcje	WCLP TCS	WCLP TCS	WCLP TCSS	WCLP TCS	WCLP TCS	WCLP TCS	

d_D – średnica docieraka
TCS – układ kontroli temperatury docieraka
WCLP – układ chłodzenia docieraka

Podjęte badania mają na celu wyznaczenie zależności maksymalnej temperatury docieraka od podstawowych parametrów procesu. Dobór wartości parametrów procesu wpływa na ograniczenie nagrzewania tarczy powyżej dopuszczalnej wartości. W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę czynnikową.

2. ANALIZA CZYNNIKOWA PROCESU DOCIERANIA

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w pracy [6] wielkości, które mają wpływ na temperaturę elementów układu wykonawczego obrabiarki, podzielono na następujące czynniki:

- badane (niezależne),
- wynikowe (zależne),

- stałe,
- zakłócające.

Czynniki badane rozpatrywanego zagadnienia określono następującymi parametrami:
- prędkość docierania,
- czas docierania,
- nacisk jednostkowy,
- wymiar mikroziarna,
- twardość materiału obrabianego,
- obciążenie obrabiarki,
- czas pracy docierarki.

Czynniki wynikowe scharakteryzowano jako:
- przyrost temperatury w układzie wykonawczym,
- ubytek docieranego materiału.

Czynniki stałe obejmują:
- rodzaj materiału ściernego (jego właściwości),
- rodzaj nośnika mikroziaren ściernych (jego właściwości),
- rozkład wymiarów charakterystycznych mikroziaren ściernych,
- kształt mikroziaren,
- sposób dawkowania ścierniwa,
- skład ścierniwa,
- sposób zbrojenia powierzchni czynnej docieraka,
- rodzaj materiału docieraka (jego właściwości),
- budowę docieraka (sposób rowkowania, chłodzenia),
- geometrię docieraka,
- rodzaj i gatunek materiału obrabianego,
- geometrię obrabianych przedmiotów,
- stan powierzchni przed docieraniem,
- rodzaj obrabiarki, układu wykonawczego,
- odmianę docierania,
- mechanizm usuwania naddatku.

Czynniki zakłócające stanowią:
- koncentracja mikroziaren,
- ilość mikroziaren aktywnych,
- rozkład obciążenia,
- stan zużycia czynnej powierzchni docieraka,
- zmienność prędkości docierania,
- nierównomierność rozprowadzania mikroziaren ściernych w szczelinie roboczej,
- zmiany mikrogeometrii powierzchni próbek i tarczy docierającej.

3. BADANIA ROZPOZNAWCZE

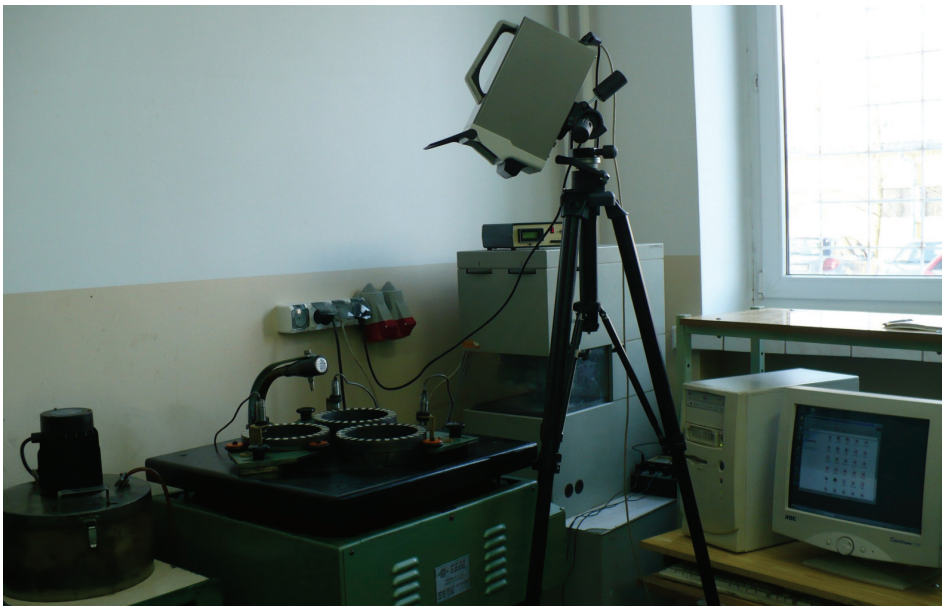
W kolejnym kroku analizowano wpływ kolejnych czynników celem wykluczenia z badań zasadniczych czynników o wpływie nieistotnym.

Badania wykonano na stanowisku badawczym, przedstawionym na rysunku 3, składającym się z:

- jednotarczowej docierarki pierścieniowej ABRALAP 380, przeznaczonej do obróbki powierzchni płaskich,
- kamery termograficznej serii V-20 II (firmy VIGO System S.A),
- komputera PC z oprogramowaniem THERM V-20.

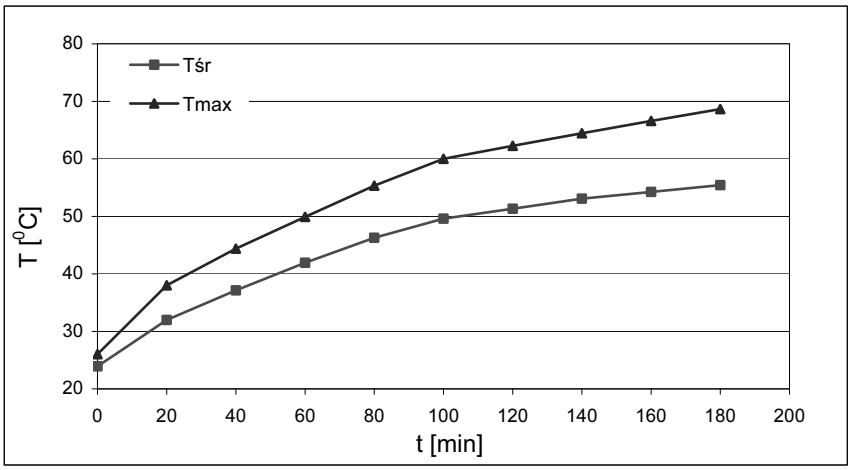
Kamera umożliwia pomiar w dwóch przedziałach temperatur: 10–80 i 10–252,50°C, z rozdzielczością 0,05°C. Wyposażona jest w detektor jednoelementowy, co powoduje konieczność skanowania nawrotnego, wiersz po wierszu. Rozdzielczość obrazu wynosi 240 × 240 punktów.

Obrabiarka ABRALAP 380 to docierarka jednotarczowa o podstawowym układzie wykonawczym, opisanym we wstępie. W trakcie badań wyposażono ją w płaski, rowkowany, żeliwny docierak oraz w trzy pierścienie prowadzące, z których wykorzystywano jeden. Wbudowany czasomierz umożliwia ustawienie czasu obróbki z dokładnością do 1 sekundy, a układ kinematyczny zapewnia bezpośrednią regulację szybkości obrotowej docieraka w zakresie do 56,5 obr/min. Jest ona wyposażona również w czterokanałowy obrotomierz, zbudowany z optycznych czujników odbiciowych SCOO–1002P i programowalnego tachometru 7760 firmy Trumeter, który umożliwia odczyt wartości szybkości obrotowej pierścieni i tarczy.



Rys. 3. Stanowisko badawcze
Fig. 3. *Measurement equipment*

Wstępnie przeprowadzone próby wykazały, że temperatura docieraka jest zależna od czasu pracy obrabiarki, co przedstawiono na rysunku 4. Krzywe obrazują zmiany temperatury średniej i maksymalnej w obszarze skanowania kamery (rys. 2a). Próbki w kształcie krążków o średnicy 119,8 mm, wykonane ze stali miękkiej, normalizowanej poddano docieraniu, z prędkością równą 0,77 m/s (wartość dla punktu środkowego przedmiotu obrabianego), stosując obciążenie siłą równą 32,76 N, co odpowiada naciskom równym 2,91 kPa. Do obróbki użyto ścierniwa z wykorzystaniem elektrokorundu zwykłego o numerze F600/9, które dawkowano ręcznie (okresowo). Przedmioty docierano cyklami po 20 minut. Po każdym cyklu, po zdjęciu odważników i przekładek mierzono temperaturę układu. Pomiędzy tymi pomiarami dokonywano pomiarów pomocniczych w 10. minucie docierania, nie przerywając obróbki.



Rys. 4. Wykres zmian temperatury docieraka w czasie (p = 2,91 kPa, v = 0,77 m/s)

Fig. 4. *Graph of temperature changes in time*

PODSUMOWANIE

Docieranie jest obróbką kształtową, toteż wszelkie błędy kształtu narzędzia znajdują odwzorowanie w kształcie powierzchni obrabianej. Przy tak dużej dokładności tej obróbki szczególnie ważne jest ich wyeliminowanie. Niepłaskość docieraka może być spowodowana nie tylko nierównomiernym zużywaniem się narzędzia, ale również niejednakowym nagrzewaniem i w wyniku nagrzewania – odkształcaniem. Nowe docierarki wyposażane są w systemy kontroli temperatury lub systemy chłodzenia tarczy, których celem jest wyeliminowanie problemu. Dla starszych docierarek, ciągle eksploatowanych, należy znaleźć inny sposób kontroli temperatury docieraka podczas pracy tak, aby ograniczyć jego odkształcanie cieplne i zapewnić możliwie dużą płaskość.

LITERATURA

1. Barylski A., *Podstawy docierania jednotarczowego powierzchni płaskich*, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, nr 67, Gdańsk 1992.
2. Barylski A., Molenda J., *Badania wstępne wpływu czasu i prędkości docierania na temperaturę elementów układu wykonawczego docierarki jednotarczowej*, XXIX Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Gdańsk-Jurata 2006.
3. Bulsara V.H., Ahn Y., Chandrasekar S., Farris T.N., *Polishing and lapping temperatures*, Journal of Tribology, 1997, Vol. 119, 163–170.
4. Evans C.J., Paul E., Dornfeld D., Lucca D.A. and others, *Material removal mechanisms in lapping and polishing,* Annals of the CIRP, 2003, Vol. 52, No. 2, 1–23.
5. Horng J.H., Jeng Y.R., Chen C.L., *A model for temperature rise of polishing process considering effects of polishing pad and abrasive*, Transactions of ASME, 2004, Vol. 126, 422–429.
6. Kukiełka L., *Podstawy badań inżynierskich*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2002.
7. Marinescu I.D., Uhlmann E., Doi T.K., *Handbook of lapping and polishing,* CRC Press, Boca Raton, London, New York 2007.
8. Molenda J., Charchalis A., Barylski A., *The influence of abrasive machine on temperature during one side lapping*. Journal of KONES Powertrain and Transport, 2010, Vol. 17, No. 2, 357–362.
9. www.engis.com.
10. www.kemet.co.uk.
11. www.lapmaster.com.
12. www.peter-wolters.com.
13 www.stahli.com.

THE INFLUENCE OF SELECTED LAPPING PROCESS PARAMETERS ON TOOL TEMPERATURE

Summary

Lapping is one of the precision finishing processes and it is used in many different industries, especially in precision engineering industries. This is a method with loose abrasive grains which results are influenced by numerous factors. This causes the lack of a systematic understanding of the process, finetuning or developing processes for a new product has always been an empirical process with success dependent upon the skill of the machine operator or engineer. This paper presents results of lapping process analysis in range of tool temperature and preliminary research result which allow for not taking into consideration during next analysis the machine working time.

Key words: *lapping, tool temperature, infrared camera measurement.*