

ZMIANY TEMPERATURY ELEMENTÓW UKŁADU WYKONAWCZEGO DOCIERARKI JEDNOTARCZOWEJ O STANDARDOWEJ KINEMATYCE

Adam BARYLSKI ¹

***Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań docierania powierzchni płaskich na docierarce jednotarczowej. Praca stanowi wstęp do badań zagadnienia wzrostu temperatury elementów układu wykonawczego obrabiarki. Eksperymenty przeprowadzono na docierarce jednotarczowej ABRALAP 380 przy użyciu kamery termowizyjnej MICRO-EPSILON/TM 160.*

***Słowa kluczowe:** docieranie, powierzchnie płaskie, temperatura, pomiary termowizyjne*

***Summary:** In the paper experimental research of flat surfaces lapping with single-disk presented. The paper is an introduction to one-disc lapping machine executory system components temperature rise research. Experiments were being conducted during flat lapping with use of ABRALAP 380 lapping machine and infrared camera MICRO-EPSILON/TM 160.*

***Key words:** Lapping, flat surfaces, temperature, infrared camera measurement*

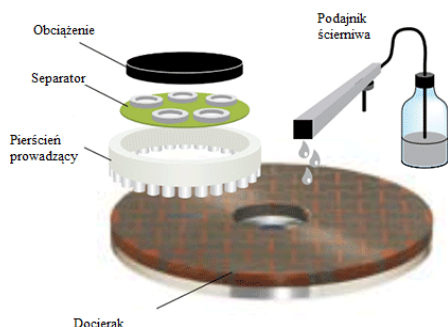
1. WPROWADZENIE

Docieranie, jako obróbkę ścierną bardzo dokładną, zalicza się tradycyjnie do niskotemperaturowych metod kształtowania powierzchni. Współcześnie, z uwagi na wysokie wymagania w zakresie dokładności wymiarów i kształtu obrabianych przedmiotów, aspekt zmienności temperatury elementów układu obróbkowego powinien być również uwzględniany, szczególnie w przypadku docierania przedmiotów metalowych.

W standardowym systemie docierania jednotarczowego powierzchni płaskich zawieszona ścierna podawana jest kroplowo na obracający się docierak (tarczę docierającą), zaś elementy obrabiane rozmieszczone są w separatorach (wewnątrz pierścieni prowadzących) i odpowiednio dociążane, dla uzyskania właściwego nacisku jednostkowego (rys.1).

Tarcze docierające wykonuje się najczęściej z żeliwa, ze względu na dużą uniwersalność w zastosowaniach praktycznych. Stosuje się też docieraki kompozytowe i wielomateriałowe [1,6-9]. Pierścienie prowadzące, w liczbie od 1. do 4. (w zależności od wymiarów tarczy docierającej, najczęściej 3), utrzymywane są w określonym miejscu na docieraku przez rolki prowadzące, umożliwiające też zmianę ich położenia – przez odpowiednie ręczne przemieszczenie każdej z dźwigni utrzymującej rolki. Wpływa to na kształtowanie (niwelowanie) wypukłości bądź wklęsłości powierzchni roboczej narzędzia, także w czynnościach jej wyrównywania międzyoperacyjnego (rys.2).

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, ul. G. Narutowicza 11/12, abarylsk@pg.gda.pl



Rys.1. Standardowy układ wykonawczy docierania jednotarczowego powierzchni płaskich [17]



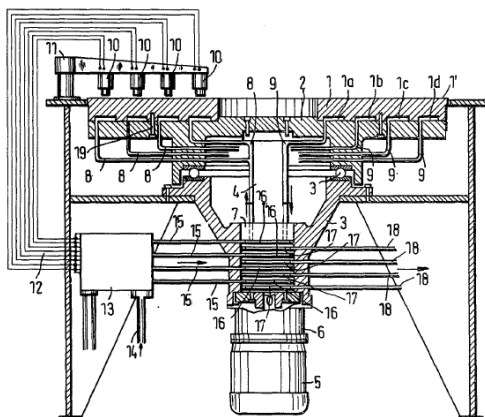
Rys.2. Widok ogólny: a) docierarka jednotarczowa ABRALAP 380, b) układ wykonawczy obrabiarki, c) zbiornik zawiesziny ścierniej z pompą, d) układ dozujący zawiesinę

Stosowane niekiedy w praktyce systemy chłodzenia tarcz docierających zapobiegają przede wszystkim nagłym zmianom temperatury w układzie roboczym. Temperatura utrzymywana jest wtedy na względnie stałym poziomie przez chłodzenie wodne, przy użyciu specjalnych agregatów chłodzących. W docierarkach jednotarczowych stosuje się dwa sposoby regulacji temperatury: przez chłodzenie docieraka lub przez kontrolę temperatury. Układ chłodzenia może być wbudowany w tarczę docierającą i wtedy budowa jej znacznie różni się od rozwiązania klasycznego (rys.3).



Rys.3. Budowa tarcz docierających: a) sposób chłodzenia, b) docierak chłodzony wodą firmy Peter Wolters, c) docierak rowkowany bez chłodzenia wewnętrznego firmy LAMPLAN [17]

Przykład systemu kontroli temperatury zintegrowany z układem wykonawczym docierarki jednotarczowej do płaszczyzn pokazano na rys.4. Czujniki pomiarowe 10 umieszczone są bezpośrednio nad tarczą docierającą. Gdy mierzona temperatura różni się o zadaną wartość następuje jej wyrównanie w zbiorniku płynu 13, poprzez uzupełnienie chłodziwa kanałem 14.



Rys.4. Schemat ogólny docierarki jednotarczowej z układem kontrolnym temperatury: 1- tarcza docierająca, 1a ÷ 1d – komory chłodzące w tarczy docierającej, 1' – powierzchnia robocza docieraka, 2 – tarcza nośna docieraka, 3 – łożysko wzdłużne, 4 – wał główny, 5 – silnik napędowy, 6 – przekładnia zębata, 7 – tuleja łącząca, 8,9,15,18 – rurki chłodzące, 10 – czujniki temperatury, 11 – ramię nośne, 12 – przewody, 13 – zbiornik cieczy chłodzącej, 14 – kanał doprowadzający ciecz, 16 – rowki w tulei 7, 17 – rowek pierścieniowy [11]

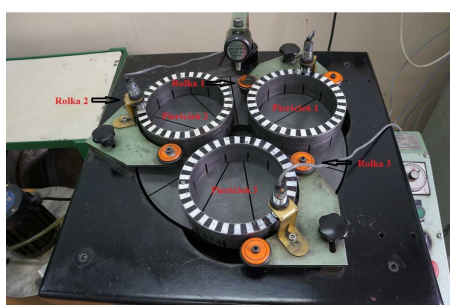
Układy chłodzenia tarcz docierających stosowane są m.in. przez firmy: Lapmaster (modele: 20" ÷ 84"), Stähli (modele: FLM500 ÷ FLM1500), Kemet (modele: 48" ÷ 84") i Engis (modele: FL-15VP ÷ FL-48VP), zaś systemy kontroli temperatury narzędzi w docierarkach jednotarczowych firmy Kemet (modele: 24" ÷ 40") i Engis (modele: FL-15VP ÷ FL-48VP) [13-16,18].

Na przebieg i wynik docierania ma wpływ wiele czynników związanych z tarczą docierającą, zastosowanym ścierniwem i warunkami technologicznymi obróbki. Największy wpływ ma tu prędkość docierania oraz wartość nacisku jednostkowego. Zwiększenie nacisku jednostkowego powoduje wzrost wydzielanego ciepła, zaś zmniejszenie prędkości docierania korzystnie wpływa na jakość struktury geometrycznej powierzchni obrobionej. Chcąc ocenić zmiany temperatury w układzie wykonawczym docierarki wykonano badania doświadczalne obróbki elementów miedzianych i żeliwnych przy zróżnicowanych warunkach prędkości obrotowych tarcz docierających i przy dawkowaniu zawiesiny płynnej mikroziaren elektrokorundu zwykłego. Przeprowadzono również pomiary zmienności temperatury elementów układu wykonawczego docierarki jednotarczowej w procesie wyrównywania tarczy pierścieniami prowadzącymi, dla trzech wartości prędkości obrotowej docieraka.

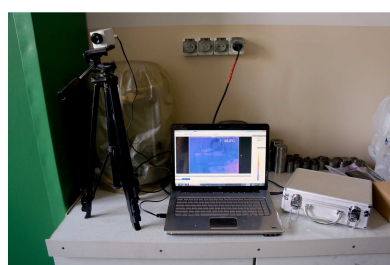
2. STANOWISKO BADAWCZE

Badania [12] przeprowadzono na docierarce jednotarczowej ABRALAP 380 z bezstopniową regulacją prędkości obrotowej tarczy docierającej (do 64 min^{-1}) oraz możliwością pomiaru obrotów pierścieni prowadzących i narzędzia (rys.5).

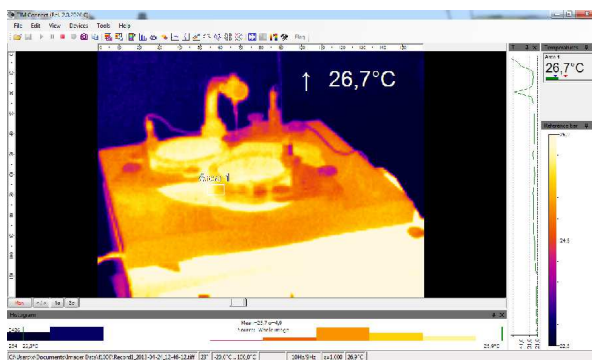
Pomiary temperatury przeprowadzono za pomocą kamery termowizyjnej MICRO-EPSILON/ TM (rys.6). Kamera posiada standardową soczewkę $23^{\circ} \times 17^{\circ}$ o ogniskowej 10 mm i wysoką wrażliwość cieplną (od 80 mK). Umożliwia pomiar w zakresie od -20°C do 100°C , zaś detektor o rozdzielczości 160 x 120 pikseli pozwala na wykrycie promieniowania o długości fali 7,5 – 13 μm , co odpowiada fali promieniowania podczerwonego. Dokładność odczytu wynosi $\pm 2\%$ [10]. Program TIM Connect opracowany przez firmę Optris umożliwia obserwację, pomiary i analizę temperatury badanych elementów (rys.7). Istnieje możliwość badań online, a dzięki funkcji nagrywania i wykorzystania zdjęć można analizować wyniki po zakończeniu eksperymentu i odłączeniu aparatury (funkcja offline).



Rys.5. Układ wykonawczy badanej docierarki jednotarczowej ABRALAP 380



Rys.6. Widok ogólny stanowiska pomiarowego, składającego się z kamery termowizyjnej i przenośnego komputera z oprogramowaniem TIM Connect



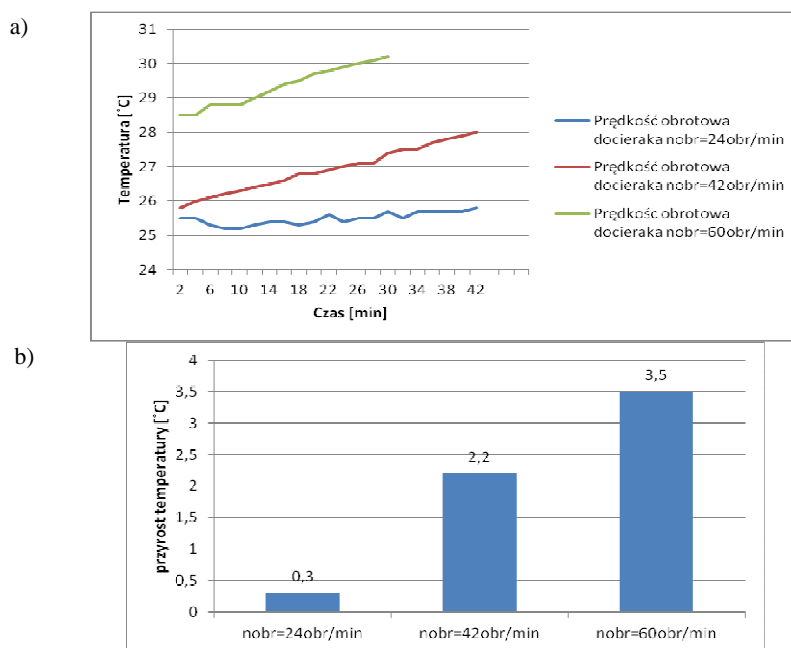
Rys.7. Przykładowe okno programu TIM Connect

3. WYNIKI BADAŃ

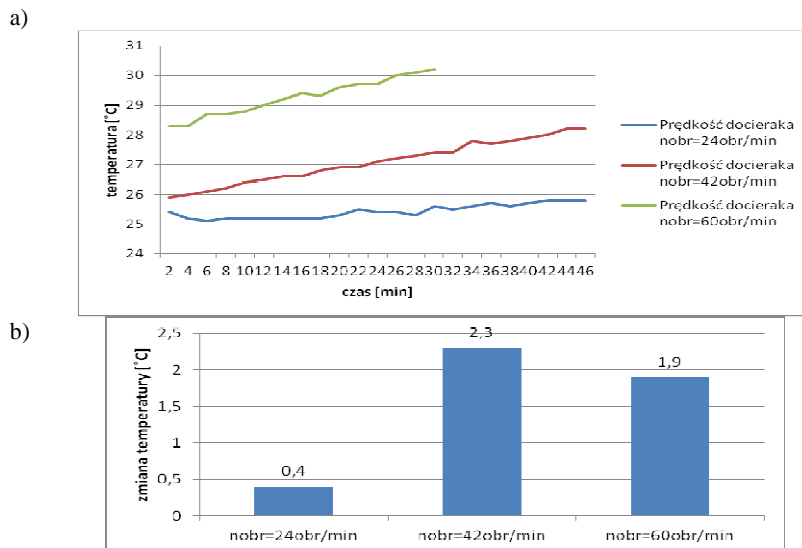
W pierwszej sekwencji badań stosowano zmienną liczbę pierścieni prowadzących oraz różną ich prędkość obrotową n_p – uzyskaną przez zmianę prędkości obrotowej tarczy docierającej n_{obr} . W przypadku $n_{obr} = 24 \text{ min}^{-1}$, średnia prędkość obrotowa pierścieni prowadzących wynosiła $n_p = 21,8 \text{ min}^{-1}$ ($v = 2,8 \text{ m/min}$), dla $n_{obr} = 42 \text{ min}^{-1}$ – $n_p = 38,4 \text{ min}^{-1}$ ($v = 4,9 \text{ m/min}$), zaś przy $n_{obr} = 60 \text{ min}^{-1}$ prędkość ta była równa $n_p =$

53,6 min⁻¹ ($v = 7,0$ m/min). Na tym etapie wyrównywania powierzchni roboczej tarczy docierającej pierścieniami prowadzącymi stosowano zawieszinę ścierną z mikroziaren 95A F320, podawaną kroplowo w sposób ciągły.

W wyniku doświadczenia otrzymano 60 obrazów termowizyjnych, które umożliwiają określenie zmian temperatury docieraka, pierścieni prowadzących oraz dźwigni i rolek regulujących położenie pierścieni (separatorów z przedmiotami, lub bez – co odpowiada warunkom wyrównywania tarczy docierającej). Przykładowe wyniki badań podano na rys.7–9. Łatwo zauważyć dodatni wpływ prędkości obrotowej docieraka na przyrost jego temperatury w czasie (rys.7). Średnio, przy prędkości $n_{obr} = 42$ min⁻¹ następował wzrost temperatury maksymalnej o 0,1-0,2°C przez 2. minuty, zaś przy prędkości tarczy $n_{obr} = 60$ min⁻¹ był większy i wynosił 0,1-0,15°C/min. Po dwóch godzinach pracy docierarki temperatura maksymalna w układzie była równa 30,2°C. Przyrost temperatury tarczy docierającej poruszającej się z prędkością $n_{obr} = 24$ min⁻¹ był najmniejszy i wyniósł 0,3°C przez 45 min jej wyrównywania. Nagrzewanie się pierścieni prowadzących podczas wyrównywania powierzchni roboczej docieraka obrazuje rys.8. Stosowany nacisk jednostkowy pierścieni wynosił 4,9 kPa. Otrzymane wyniki badań są zbliżone do tych jakie dotyczą tarczy docierającej, jedynie w przypadku zwiększonej prędkości narzędzia $n_{obr} = 60$ min⁻¹ – różnice są większe. Może to świadczyć o wyrównywaniu się temperatur i bliskości osiąganej tu wartości maksymalnej.

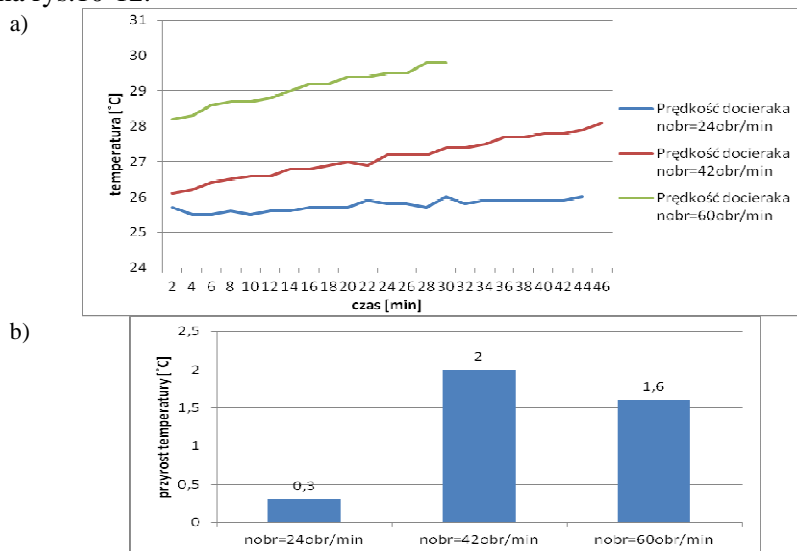


Rys.7. Wyniki badań temperatury docieraka podczas wyrównywania tarczy: a) w funkcji czasu, b) przyrost temperatury (dla $n_{obr} = 24$ i 42 min⁻¹ po 45 min oraz dla $n_{obr} = 60$ min⁻¹ – po 30 min)



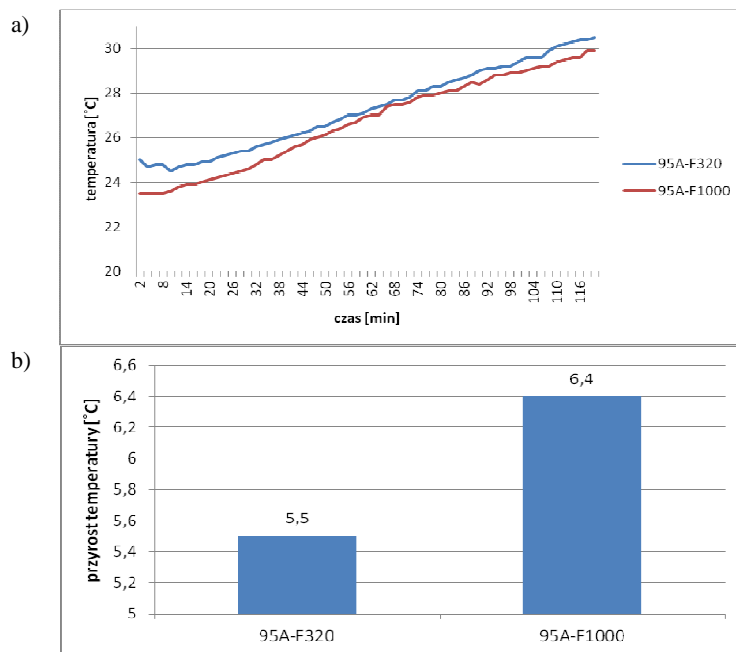
Rys.8. Wyniki badań temperatury pierścieni prowadzących podczas wyrównywania tarczy docierającej:
 a) w funkcji czasu, b) przyrost temperatury
 (dla $n_{obr} = 24$ i 42 min^{-1} po 45 min oraz dla $n_{obr} = 60 \text{ min}^{-1}$ – po 30 min)

Największą zmianę temperatury rolki regulującej ruch pierścieni prowadzących stwierdzono dla prędkości tarczy $n_{obr} = 60 \text{ min}^{-1}$ (0,2-0,3°C przez dwie minuty) – rys.9. Po zmianie stosowanych mikroziaren ściernych w zawieszinie otrzymano wyniki podane na rys.10-12.

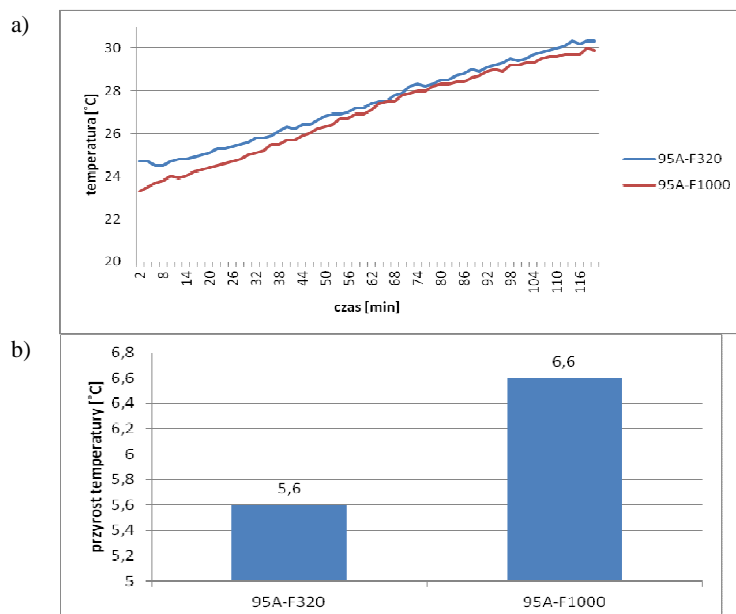


Rys.9. Wyniki badań temperatury rolki regulującej ruch pierścienia prowadzącego: a) w funkcji czasu, b) przyrost temperatury (dla $n_{obr} = 24$ i 42 min^{-1} po 45 min oraz dla $n_{obr} = 60 \text{ min}^{-1}$ – po 30 min)

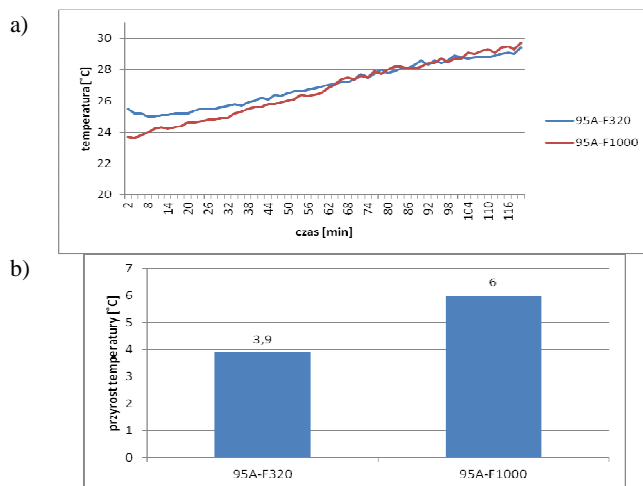
MECHANIK NR 8-9/2013
XXXVI NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKI ŚCIERNEJ



Rys.10. Wpływ ziarnistości ścierniwa na temperaturę docieraka: a) zmiany w czasie, b) przyrost temperatury (po 2. godzinach)



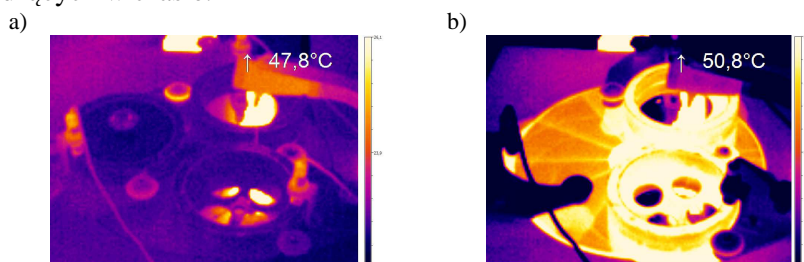
Rys.11. Wpływ ziarnistości ścierniwa na temperaturę pierścieni prowadzących: a) zmiany w czasie, b) przyrost temperatury (po 2. godzinach)



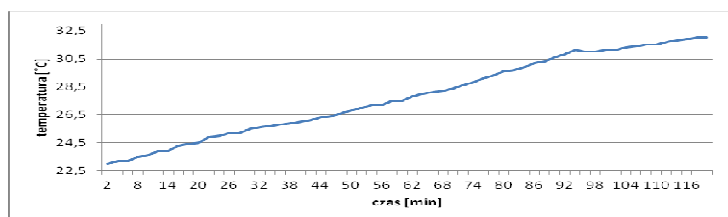
Rys.12. Wpływ ziarnistości ścierniwa na temperaturę rolki regulującej ruch pierścienia prowadzącego: a) zmiany w czasie, b) przyrost temperatury (po 2. godzinach)

Zauważalny jest niewielki wzrost temperatury maksymalnej elementów układu wykonawczego docierarki przy stosowaniu mikroziaren o większych rozmiarach (F320), zaś przyrost temperatury w czasie okazał się nieznacznie intensywniejszy w przypadku użycia ścierniwa drobniejszego (F1000). W badaniach stosowano względną prędkość docierania $v = 7,2 - 7,7$ m/min.

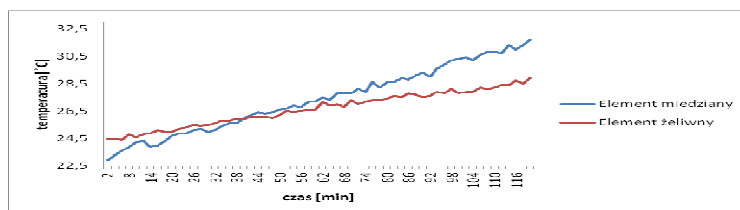
W przypadku docierania elementów miedzianych o średnicy 44,5 mm (MOOB) i żeliwnych o średnicy zewnętrznej 120 mm (Zl250) zastosowano zawieszinę ścierną składającą się z mikroziaren elektrokorundu 95A F600 i oleju maszynowego, w proporcji: litr oleju – 100 ml ścierniwa. Obserwowano zmiany temperatury przez 2 godziny pracy obrabiarki, przy czym wykonano 60 zdjęć do analiz (co 2. minuty). Stosowany nacisk jednostkowy wynosił 1,1 kPa (dla elementów miedzianych) i 1,6 kPa (dla żeliwnych). Maksymalna temperatura badanego układu wykonawczego wynosiła od wartości 47,8°C do 50,8°C (rys.13). Na rys. 14-16 przedstawiono wyniki pomiarów zmian temperatury docieraka, obrabianych elementów i pierścieni prowadzących w czasie.



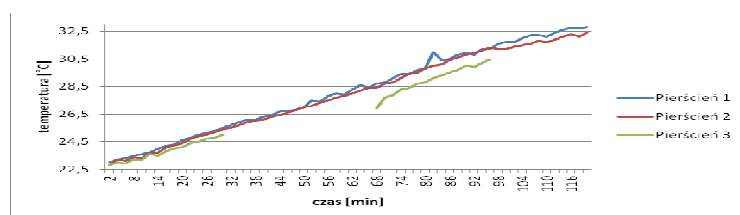
Rys.13. Obraz termowizyjny układu wykonawczego docierarki jednotarczowej wraz z obrabianymi elementami: a) przed rozpoczęciem próby, b) po dwóch godzinach



Rys.14. Zmiana temperatury docieraka podczas docierania elementów miedzianych i żeliwnych (umieszczonych w oddzielnych separatorach)



Rys.15. Zmiana temperatury docieranych elementów w czasie



Rys.16. Zmiana temperatury pierścieni prowadzących podczas docierania elementów miedzianych i żeliwnych (umieszczonych w oddzielnych separatorach)

Zmiana temperatury maksymalnej docieraka w tym eksperymencie wynosiła $9,0^{\circ}\text{C}$ (przez dwie godz.) – rys.14. Szybszy wzrost temperatury docieranych elementów miedzianych jest tu oczywisty (rys.15); przy czym zmiana dla miedzi wynosiła $0,1 - 0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$, zaś dla żeliwa $0,15^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Intensywność nagrzewania się pierścieni prowadzących była zbliżona, tj. $0,05 - 0,1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (średni przyrost $9,03^{\circ}\text{C}$ po 2. godz. pracy).

4. PODSUMOWANIE

W przeprowadzonych badaniach wyrównywania tarczy docierającej pierścieniami prowadzącymi, jak i w procesie docierania elementów miedzianych i żeliwnych, żaden z analizowanych elementów układu wykonawczego docierarki jednotarczowej nie osiągnął temperatury 35°C . Jedynym zespołem, który nagrzewał się po 2. godzinach pracy do temperatury 55°C była przekładnia ślimakowa, napędzająca tarczę docierającą i umieszczona w stosunkowo bliskiej odległości od niej. Ważnym problemem w budowie tych obrabiarek staje się więc zastosowanie odpowiedniej

izolacji termicznej narzędzia. Istotnym okazał się też wpływ prędkości obrotowej tarczy docierającej, a tym samym i pierścieni prowadzących. Wraz z tymi zmianami zwiększa się wartość prędkości względnej w układzie docierak - pierścien prowadzący i docierak - przedmiot obrabiany. Ma to wpływ na wydajność obróbki i jakość obrabianych powierzchni [2-5]. Chcąc zatem przeciwdziałać nadmiernemu nagrzewaniu się elementów układu wykonawczego docierarki (tarczy docierającej, pierścieni i rolek prowadzących), a tym samym i obrabianych elementów należy dążyć do zmniejszenia parametrów kinematycznych (prędkości docierania) oraz wywieranego nacisku jednostkowego. W przypadku wyrównywania tarczy docierającej pierścieniami prowadzącymi spowoduje to wydłużenie tego procesu, w przeciwnym razie należałoby uwzględnić przerwy technologiczne przed rozpoczęciem właściwego docierania elementów, szczególnie przy wysokich wymaganiach dotyczących dokładności wymiarowo-kształtowej.

LITERATURA

- [1] BARYLSKI A., *Badania docierania powierzchni płaskich docierakami żeliwnymi i dwumetalowymi*. Sci. Bull. Rzeszow Univ. Technol., 2004, nr 209, Mechanics nr 62, 13-20.
- [2] BARYLSKI A., *Badania docierania powierzchni płaskich elementów z ceramiki technicznej*. Sci. Bull. Rzeszow Univ. Technol., 2004, nr 209, Mechanics nr 62, 7-12.
- [3] BARYLSKI A., *Badania jakości docierania stali hartowanej docierakami aktywowanymi w sposób swobodny*. Materiały i Technologie, Gdańsk, 2006, nr 4, 21-26.
- [4] BARYLSKI A., *Badania kształtowania powierzchni materiałów ceramicznych przez docieranie*. Tribologia, 2004, nr 3, 25-33.
- [5] BARYLSKI A., *Badania porównawcze docierania powierzchni płaskich elementów miedzianych, ceramicznych i z węglików spiekanych*. Materiały i Technologie, Gdańsk, 2006, nr 4, 27-32.
- [6] BARYLSKI A., *Machining of the flat surfaces with abrasive-metallic lapping tools*. Trans. Mater. a. Heat Treatment, 2004, vol. 25, nr 5, 1333-1335.
- [7] BARYLSKI A., *Modułowe narzędzia tarczowe do mikroszlifowania powierzchni płaskich*. Technologia i Automatyzacja Montażu, 2006, nr 3, 27-28.
- [8] BARYLSKI A., *Nowe konstrukcje narzędzi ściernych do obróbki na docierarkach tarczowych*. Zesz. Nauk. Wydz. Mech. P.Kosz., 2004, nr 36, 417-426.
- [9] BARYLSKI A., *Symulacja rozmieszczenia wkładek ściernych w narzędziach tarczowych do mikroszlifowania*. Logistyka, 2010, nr 6, 141-150.
- [10] Instrukcja kamery P1160 firmy Optris.
- [11] Patent, USA, nr 4 471 379. *Lapping or polishing machine*. Hans-Joachim Bovensiepen, 18.09.1984.
- [12] SAWICKA K., *Analiza temperatury układu wykonawczego docierarki jednotarczowej*. Pr.dypl., P. Gdań.. Wydz. Mech., prowadz. pracę A. Barylski, Gdańsk, 2013.
- [13] www.engis.com (dostęp 30.05.2013).
- [14] www.kemet.co.uk (dostęp 30.05.2013).
- [15] www.lapmaster.com (dostęp 30.05.2013).
- [16] www.lappingmachines.com (dostęp 30.05.2013).
- [17] www.polishing-technology.com (dostęp 30.05.2013).
- [18] www.stahli.com (dostęp 30.05.2013).

