

Adam Barylski

Analiza temperatury docierarki jednotarczowej

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.404

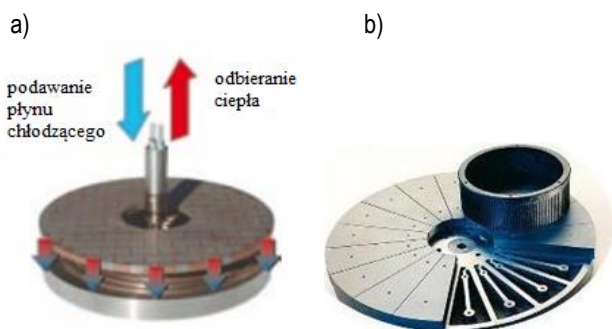
Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

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.

Słowa kluczowe: docieranie, temperatura, pomiary termowizyjne.

Wstęp

Docieranie, jako bardzo dokładny sposób obróbki ścierniej, znajduje obecnie zastosowanie w wielu branżach przemysłu, również w wytwarzaniu elementów maszynowych dla różnorodnych środków transportu [1,2]. Nie ma w zasadzie ograniczeń co do obrabianych materiałów, zaś wymagania konstruktorów dotyczące dokładności wymiarowej i kształtowej części powodują, iż pomimo że standardowe docieranie luźnym ścierniwem zaliczane jest do technologii niskotemperaturowych, to nawet niewielki wzrost temperatury w układzie obróbkowym może spowodować niepożądany rozrzut uzyskiwanych wymiarów długościowych obrabianych elementów metalowych [3,5]. Dotyczy to między innymi grubości obrabianych części płaskich oraz opracowania odpowiedniej procedury kontroli jakości po obróbce, czy pomiarów międzyoperacyjnych. Dlatego, część producentów docierarek tarczowych (np. firma Lam Plan i Peter Wolters) wprowadziło odpowiednie układy wodnego chłodzenia tarcz docierających (rys.1).



Rys. 1. Przykłady tarcz docierających chłodzonych w sposób wymuszony: a) firmy Lam Plan [8], b) firmy Peter Wolters [10]

Również w przypadku innych producentów docierarek jednotarczowych zastosowano układy chłodzenia tarczy lub kontroli temperatury, przykładowo: firma Lapmaster International LLC w modelach 20", 24", 36", 48", 56", 72" i 84" [], firma Stähli Group w modelach FLM500, FLM750, FLM1000, FLM1000L, FLM1250 i FLM1500 [11] oraz firma Kemet International Ltd. w modelach 48", 56", 72" i 84" [7], a więc w dużym zakresie średnic narzędzi. Ponadto, w modelach 24", 36" i 40" firmy Kemet wprowadzono układy kontroli temperatury [7], zaś firma Engis Corporation w modelach FL15VP, FL20VP, FL24VP, FL28VP, FL36VP, FL42VP i FL48VP zastosowała zarówno odpowiednie układy chłodzenia, jak i kontrolę temperatury tarcz docierających podczas pracy [6].

Większość docierarek jednotarczowych posiada bezstopniowy napęd docieraka, przy czym wykorzystywana jest tu także przekładnia ślimakowa. Standardowy układ wykonawczy obrabiarki wyposażony jest w pierścienie prowadzące separatory z przedmiotami obrabianymi (w liczbie od jednego do czterech - w zależności od średnicy docieraka), które utrzymywane są w określonym położeniu przez rolki prowadzące - umieszczone w regulowanych dźwigniach (rys.2).



Rys.2. Widok ogólny: a) docierarki jednotarczowej; b) pierścieniowego układu wykonawczego; c) zbiornika z zawieszoną ścierną i pompą; d) wylotu układu dawkującego zawieszinę na tarczę docierającą

Biorąc pod uwagę wpływ temperatury poszczególnych elementów i zespołów obrabiarki na wynik docierania, przeprowadzono odpowiednie eksperymenty z wykorzystaniem kamery termowizyjnej. Omówienie wybranych wyników badań nagrzewania się elementów układu jest głównym celem niniejszego artykułu.

1. Stanowisko badawcze

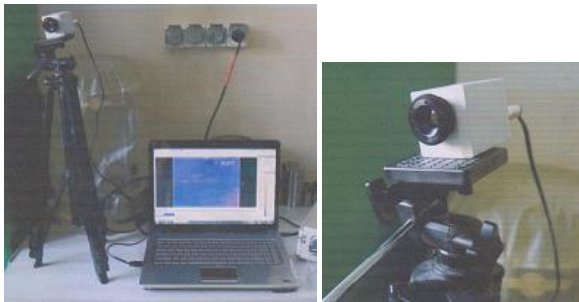
Badania eksperymentalne przeprowadzono na standardowej docierarce jednotarczowej ABRALAP 380 (prędkość obrotowa tarczy regulowana bezstopniowo w zakresie do 64 min⁻¹) o pierścieniowym układzie wykonawczym (rys.3).



Rys.3. Widok układu wykonawczego docierarki jednotarczowej ABRALAP 380 (założony jeden pierścień prowadzący)

Do pomiarów temperatury wykorzystano kamerę termowizyjną firmy Optris model PI160 (rys.4). Urządzenie posiada standardową soczewkę (23° x 17°) o ogniskowej 10 mm i wysoką wrażliwość

cieplną (od 80 mK). Możliwy jest pomiar temperatury w zakresie od -20°C do $+100^{\circ}\text{C}$ (lub $0\div 250^{\circ}\text{C}$ i $120\div 900^{\circ}\text{C}$). Detektor UFPA o rozdzielczości 160×120 pikseli umożliwia wykrycie promieniowania o długości fali $7,5\div 13 \mu\text{m}$, co odpowiada długości fali promieniowania podczerwonego (czas nagrzewania kamery 10 min). Dokładność odczytu wynosi $\pm 2\%$ [4].

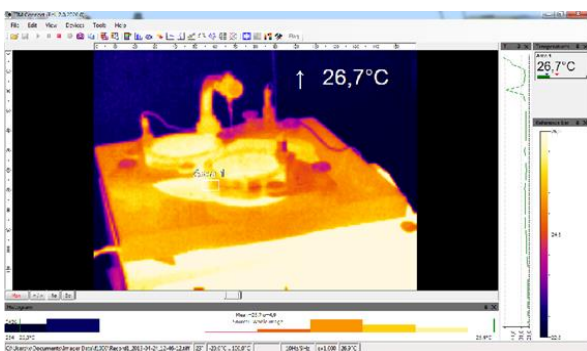


Rys.4. Widok stanowiska do pomiaru temperatury składającego się z przenośnego komputera i kamery termowizyjnej.

Emisyjność ustawiona przez oprogramowanie TIM Connect zawiera się w przedziale $0,1\div 1$. Widok ogólny stanowiska badawczego przedstawia rys.5, a interfejs programu TIM Connect współpracującego z kamerą Optris PI160 - rys.6.



Rys. 5. Widok ogólny stanowiska badawczego

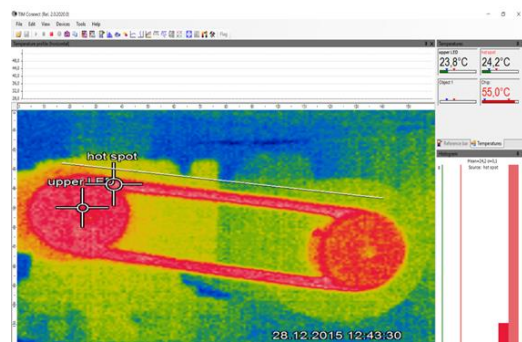


Rys. 6. Interfejs programu TIM Connect

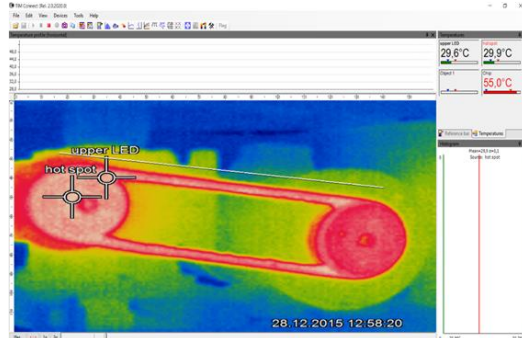
2. Wyniki badań

W pierwszej sekwencji badań dokonano pomiarów układu napędowego obrabiarki (przy zdjętych pierścieniach prowadzących), przy trzech wartościach prędkości obrotowej tarczy ($20, 40$ i 60 min^{-1}) - rys.7-9.

a)

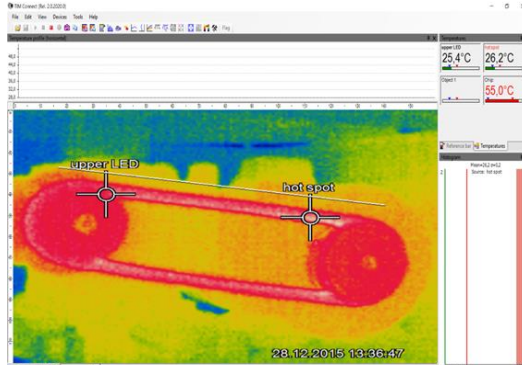


b)

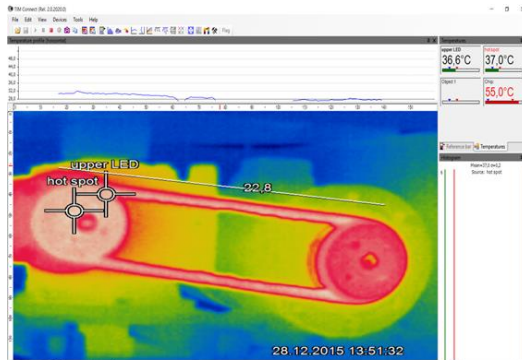


Rys.7. Termogramy układu napędowego docierarki dla prędkości tarczy $n = 20 \text{ min}^{-1}$: a) stan początkowy, b) po 15 minutach ruchu jałowego

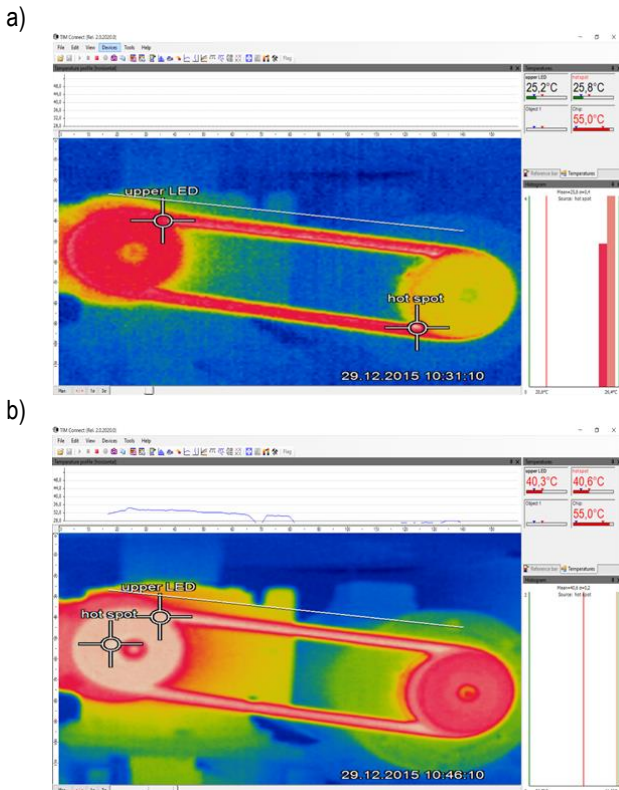
a)



b)

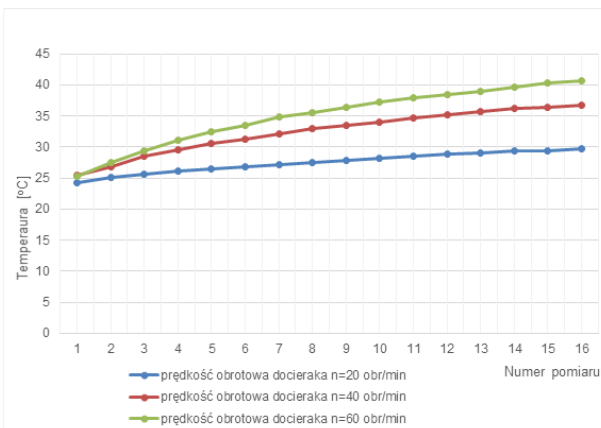


Rys.8. Termogramy układu napędowego docierarki dla prędkości tarczy $n = 40 \text{ min}^{-1}$: a) stan początkowy, b) po 15 minutach ruchu jałowego



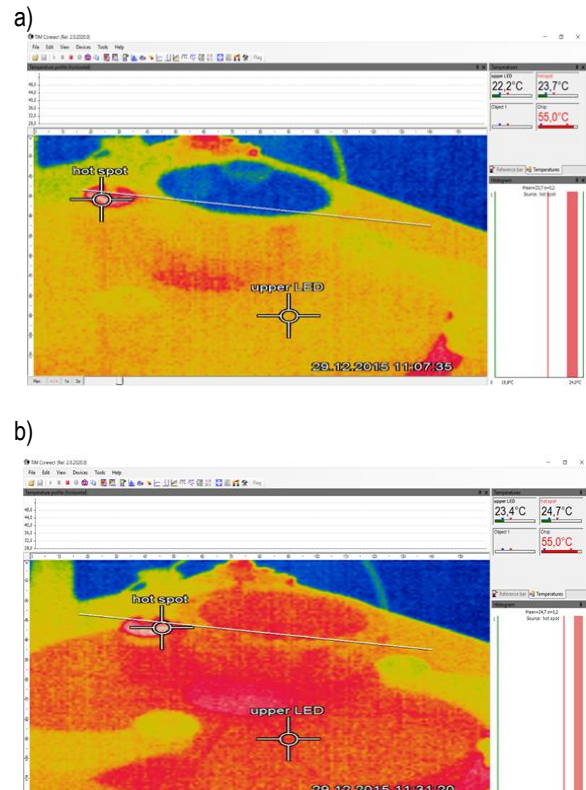
Rys.9. Termogramy układu napędowego docierarki dla prędkości tarczy $n = 60 \text{ min}^{-1}$: a) stan początkowy, b) po 15 minutach ruchu jałowego

Wykres pokazujący zmierzony wzrost temperatury układu napędowego docierarki ABRALAP 380 podano na rys.10.

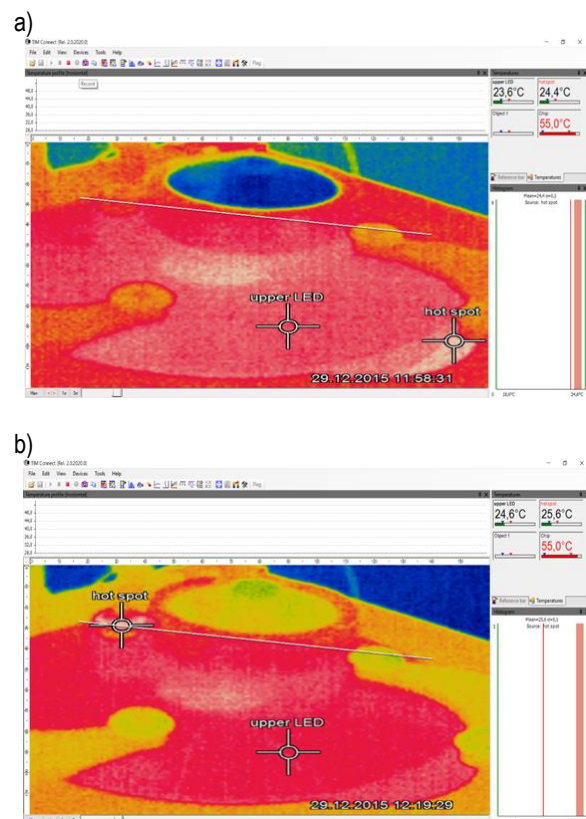


Rys.10. Zmiany temperatury układu napędowego docierarki jednotarczowej w odstępach co jedną minutę (numer pomiaru 1÷16)

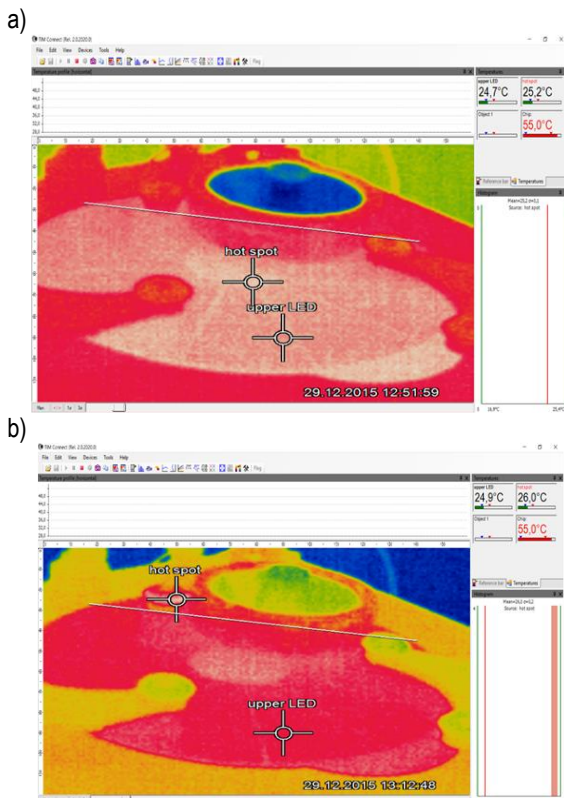
W drugim etapie badań mierzono temperaturę układu wykonawczego przy prędkości tarczy docierającej 30 min^{-1} i umieszczeniu w jednym pierścieniu prowadzącym elementu żeliwnego (żeliwo szare EN-GJL 250) o określonej masie ($m = 3,287 \pm 3,341 \text{ kg}$). Średnica zewnętrzna elementu obrabianego jest o 2 mm mniejsza od wewnętrznej średnicy pierścienia prowadzącego, co odpowiada sytuacji pełnego wypełnienia pierścienia przez elementy docierane. Wyniki tych pomiarów podano na rys.11-13.



Rys.11. Termogramy układu wykonawczego docierarki ABRALAP 380: a) stan początkowy, b) po 24 minutach docierania elementu żeliwnego, przy nacisku jednostkowym $p = 5,295 \text{ kPa}$

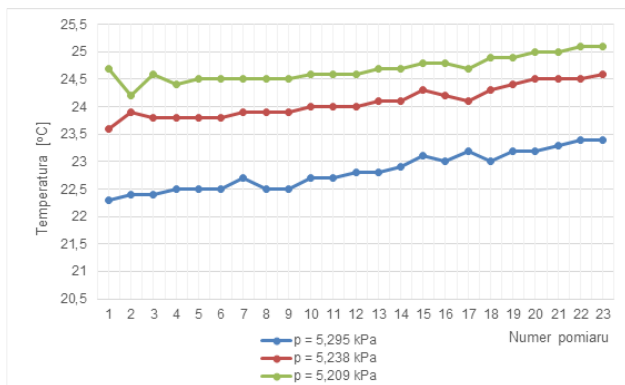


Rys.12. Termogramy układu wykonawczego docierarki ABRALAP 380: a) stan początkowy, b) po 24 minutach docierania elementu żeliwnego, przy nacisku jednostkowym $p = 5,238 \text{ kPa}$



Rys.13. Termogramy układu wykonawczego docierarki ABRALAP 380: a) stan początkowy, b) po 24 minutach docierania elementu żeliwnego, przy nacisku jednostkowym $p = 5,209$ kPa

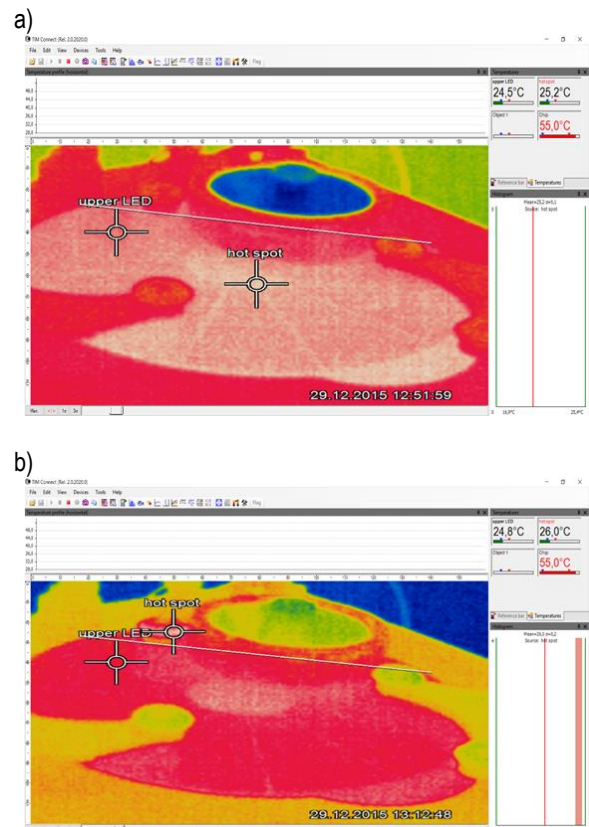
Wykres obrazujący zmiany temperatury docierarka (przy wykorzystaniu jednego pierścienia prowadzącego), przy różnych naciskach jednostkowych wywieranych przez obrabiany element, pokazano na rys.14.



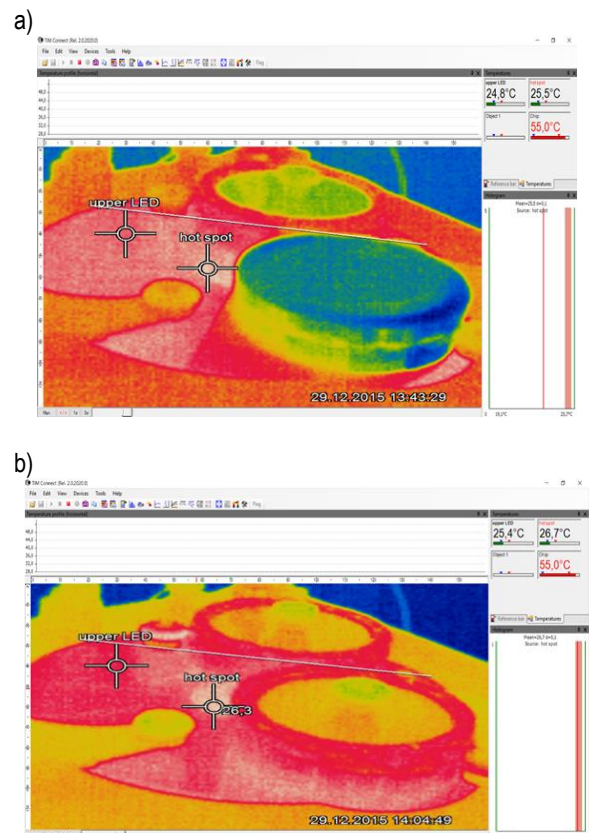
Rys.14. Zmiany temperatury docierarka w czasie 24 minut obróbki elementu przy nacisku p (numer pomiaru 1÷23)

Łatwo zauważyć, iż początkowy stan termiczny narzędzia nie miał istotnego wpływu na wzrost temperatury podczas docierania, jak również różnacyjne nacisku jednostkowego w poszczególnych próbach. Różnice początkowe temperatury związane były z tym, iż poszczególne sekwencje obróbki następowały bez większych przerw, w kolejności dla: $p = 5,295$ kPa, $p = 5,238$ kPa i $p = 5,209$ kPa.

W kolejnym etapie wykonano również badania docierania elementów żeliwnych przy wykorzystaniu jednego lub dwóch pierścieni prowadzących (rys.15 i 16).

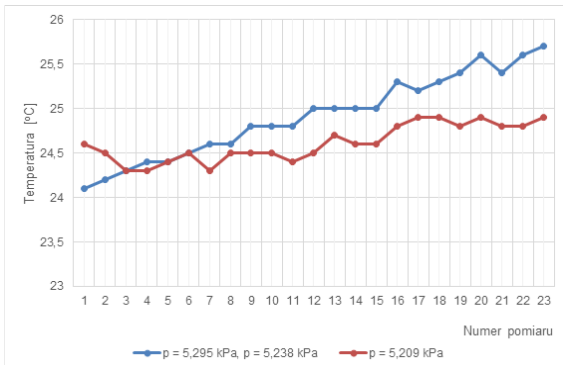


Rys.15. Termogramy powierzchni docierarka przy użyciu do obróbki jednego pierścienia prowadzącego: a) stan początkowy, b) po 23 minutach docierania ($p = 5,209$ kPa)



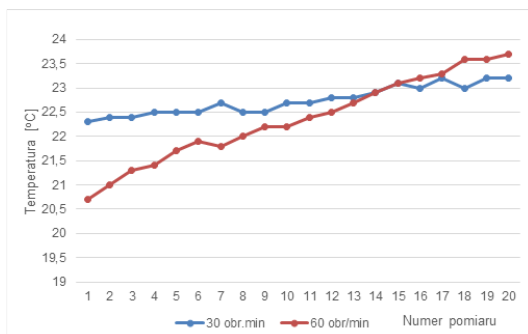
Rys.16. Termogramy powierzchni docierarka przy użyciu do obróbki dwóch pierścieni prowadzących: a) stan początkowy, b) po 23 minutach docierania ($p = 5,295$ kPa i $p = 5,238$ kPa)

Otrzymane wyniki są oczywiste, gdyż użycie dwóch pierścieni prowadzących spowodowało intensywniejszy wzrost temperatury docieraka (rys.17).



Rys.17. Zmiany temperatury docieraka w przypadku wykorzystania do docierania jednego ($p = 5,209$ kPa) lub dwóch pierścieni prowadzących ($p = 5,295$ kPa i $p = 5,238$ kPa - oznaczone kolorem niebieskim)

Podczas docierania jednego elementu (w jednym pierścieniu) następował intensywniejszy wzrost temperatury przy zwiększeniu prędkości obrotowej docieraka (rys.18).



Rys.18. Wzrost temperatury docieraka przy prędkości obrotowej $n = 30$ min^{-1} i 60 min^{-1} (20 pomiarów, co jedną minutę)

Największy wzrost temperatury rolek prowadzących pierścienie zaobserwowano w przypadku obrotów tarczy na poziomie 60 min^{-1} i wynosił on $2,3^\circ\text{C}$ - w stosunku do wartości początkowej. W docieraniu przy użyciu ścierniwa 95A F1000 nastąpił wzrost temperatury rolek o 6°C , a przy ziarnach 95A F320 tylko o $3,9^\circ\text{C}$. Podobny był wzrost temperatury pierścieni prowadzących, który wynosił $6,6^\circ\text{C}$ - przy zawieszinie 95 F1000 i $5,6^\circ\text{C}$ - stosując mikroziarna 95A F320 (po dwóch godzinach pracy pierścienia prowadzącego) [12].

Podsumowanie

- Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:
 - prędkość obrotowa docieraka ma znaczący wpływ na wzrost jego temperatury,
 - wraz ze wzrostem liczby pierścieni prowadzących wzrasta temperatura narzędzia,

- wraz ze wzrostem prędkości obrotowej narzędzia wzrasta również temperatura podstawowych elementów układu wykonawczego, a więc pierścieni i rolek prowadzących,
- wpływ na zmienność temperatury w układzie ma ziarnistość zastosowanego ścierniwa, co jest szczególnie ważne w obróbce wykończeniowej, gdzie stosowane są najmniejsze mikroziarna,
- największy wpływ na wzrost temperatury w układzie ma nagrzewanie się przekładni docierarki, stąd tak ważne są odpowiednie przerwy w pracy obrabiarki.

Dalsze badania obejmować powinny szczegółową analizę wzrostu temperatury metalowych elementów docieranych, między innymi przy zastosowaniu różnych ścierniw (głównie w funkcji ich ziarnistości) i zróżnicowanym upakowaniu obrabianych przedmiotów w pierścieniach prowadzących.

Bibliografia:

- Barylski A., Obróbka powierzchni płaskich na docierarkach, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013.
- Barylski A., Transport i obróbka przedmiotów na docierarkach tarczowych, "Autobusy" 2018, nr 6.
- Bulsara V.H., Ahn Y., Chandrasekar S., Farris T.N., Polishing and lapping temperatures, "Journal of Tribology" 1997, vol. 119.
- Czerwiński J., Analiza temperatury w procesie docierania przy użyciu kamery termowizyjnej, PG, Wydział Mechaniczny, prowadz. pr. A. Barylski, Gdańsk 2017.
- Hornig J.H., Jeng Y.R., Chen C.I., A model for temperature rise of polishing process considering effects of polishing pad and abrasive, "Transaction of ASME" 2004, vol. 126.
- Materiały informacyjne firmy Engis.
- Materiały informacyjne firmy Kemet.
- Materiały informacyjne firmy Lam Plan.
- Materiały informacyjne firmy Lapmaster.
- Materiały informacyjne firmy Peter Wolters.
- Materiały informacyjne firmy Stähli.
- Sawicka K., Analiza temperatury układu wykonawczego docierarki jednotarczowej, PG, Wydział Mechaniczny, prowadz. pr. A. Barylski, Gdańsk 2013.

Analysis of temperature of single disk lapping machine

In the paper experimental research of flat surfaces lapping with single-disk lapping machine presented. The paper is an introduction to single-disk lapping machine executory system components temperature rise research. Experiments were being conducted during with use of ABRALAP 380 lapping machine and infrared camera.

Keywords: lapping, temperature, infrared camera measurement.

Autor:

prof. dr hab. inż. **Adam Barylski** – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, Katedra Technologii Maszyn I Automatykacji Produkcji, e-mail: abarylsk@pg.edu.pl