PRELIMINARY ESTIMATION OF SOME LAPPING PARAMETERS INFLUENCE ON TEMPERATURE RISE OF THE SINGLE DISC LAPPING MACHINE EXECUTORY SYSTEM COMPONENTS

Justyna Molenda

Gdynia Maritime University
Faculty of Marine Engineering
Morska Street 81-87, 81-225 Gdynia, Poland
tel.: +48 58 69 01 549, fax +48 58 69 01 399
e-mail: justynamolenda@wp.pl

Adam Barylski

Gdańsk University of Technology
Faculty of Mechanical Engineering
Narutowicza G. Street11/12, 80-952 Gdańsk
tel.: +48 58 347 19 82
e-mail: abarylsk@pg.gda.pl

Abstract

The paper presents the results of preliminary researches of lapping machine executory system components temperature rise. Temperature rise is caused by lapping grains activities in working gap. Due to lapping process nature, during considering that problem, whole executory system should be taken account, not only the workpiece.

The influence of lapping parameters, like time, velocity and pressure, on executory system elements temperature rise was investigated. The goal was to confirm the correlation between those parameters. The measurements were made during steel sample working, with single disc lapping machine ABRALAP 380. For machining the abrasive slurry on the basis of aluminium oxide 95A number F600/9 was used. It was supplied periodically and manually. The temperature was measured by way of infrared camera V-20 II series produced by VIGO System S.A.

Conducted experiments confirmed correlation between basic lapping parameters and executory system temperature rise. Thanks to that, after next measurements, it will be possible to formulate equation which will be describing those correlations. It make easier automation of workpiece dimensions control still on lapping machine.

Apart from that, in refer to attached bibliography, the temperature rise models were presented.

Keywords: *one side lapping, thermal imaging measurements, lapping parameters, lapping machine executory system, executory system temperature, temperature rise model*

WSTĘPNA OCENA WPŁYWU NIEKTÓRYCH PARAMETRÓW DOCIERANIA NA WZROST TEMPERATURY ELEMENTÓW UKŁADU WYKONAWCZEGO DOCIERARKI JEDNOTARCZOWEJ

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań rozpoznawczych procesu docierania w aspekcie wzrostu temperatury elementów układu wykonawczego docierarki. Temperatura rośnie na skutek pracy mikroziaren ściernych w szczelinie roboczej. Charakter procesu sprawia, że zagadnienie to należy rozpatrywać w całym układzie wykonawczym obrabiarki, a nie tylko w zakresie samego przedmiotu obrabianego. Temperaturę mierzono zdalnie, wykorzystując kamerę termograficzną serii V-20 II firmy VIGO System S.A. Obróbkę prowadzono na docierarce ABRALAP 380, przeznaczonej do obróbki pojedynczych powierzchni płaskich.

Wykonane badania obejmowały ocenę wpływu podstawowych parametrów procesu, jak czas, prędkość, naciski i twardość materiału obrabianego na wzrost temperatury elementów układu wykonawczego. Ich celem było

potwierdzenie istnienia współzależności pomiędzy tymi parametrami. Prowadzone były w trakcie docierania próbki stalowej oraz próbek z ceramiki technicznej. Do obróbki użyto ścierniwa na bazie elektrokorudu zwykłego o numerze F600/9, które dawkowano ręcznie (okresowo).

Wykonane badania potwierdziły jednoznacznie współzależność pomiędzy podstawowymi parametrami obróbki a wzrostem temperatury. Dzięki temu, po przeprowadzeniu dalszych prób, możliwe będzie ilościowe ujęcie tych zależności, co w kolejnych etapach umożliwi automatyzację procesu kontroli wymiarowej przedmiotów obrobionych jeszcze na obrabiarce.

Słowa kluczowe: *docieranie jednotarczowe, pomiary termowizyjne, parametry docierania, temperatura elementów układu, model wzrostu temperatury*

1. Wprowadzenie

Docieranie powierzchni płaskich może być prowadzone w układzie jedno- lub dwutarczowym. Układ dwutarczowy stosuje się do obróbki powierzchni płasko-równoległych. Do docierania pojedynczych powierzchni płaskich stosuje się docierarki jednotarczowe. Podstawowy układ wykonawczy docierarki jednotarczowej przedstawiono na Rys. 1. Składa się on z trzech pierścieni prowadzących (1), które poruszają się po czynnej powierzchni docieraka (2) pod wpływem działania sił tarcia, z prędkością zależną od prędkości tarczy i warunków tarcia w strefie styku przedmiot obrabiany i pierścień prowadzący - narzędzie. W pierścieniach (1) znajdują się separatory z umieszczonymi w nich przedmiotami obrabianymi.

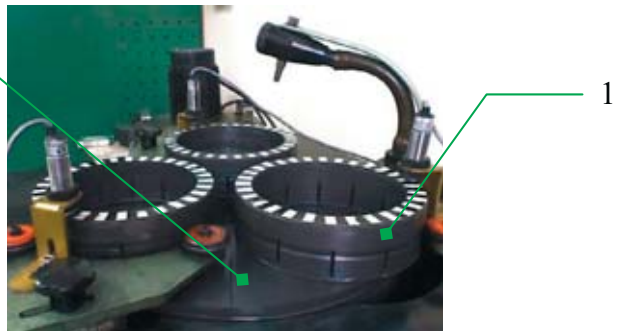

Fig. 1. Executory system of single disc lapping machine ABRALAP 380: 1- truing rings, 2-lapping tool
Rys. 1. Układ wykonawczy jednotarczowej docierarki pierścieniowej ABRALAP 380: 1-pierścienie prowadzące, 2-docierak

W przestrzeń roboczą, znajdującą się pomiędzy powierzchnią docieraka a powierzchnią przedmiotu docieranego, wprowadza się medium ścierne (ścierniwo z nośnikiem). W wyniku złożonych ruchów tarczy docierającej i przedmiotu ziarna ścierne wykonują ruchy toczne, ślizgowe lub osadzają się w docieraku, co powoduje ubytek materiału z powierzchni obrabianej. Mikroziarna mogą powodować jej odkształcenie plastyczne i umocnienie, a w następstwie tego odrywanie cząstek materiału lub mikroskrawanie [1, 2, 3, 4].

Praca mikroziaren w szczelinie roboczej, poza usuwaniem naddatku, powoduje również wygenerowanie pewnej ilości ciepła, które wywołuje wzrost temperatury obrabianego elementu. Wzrost ten nie jest na tyle duży by spowodować zmiany strukturalne w materiale, a charakter procesu sprawia, że nie ma w nim również naprężeń cieplnych. Stąd w literaturze zagadnienie wzrostu temperatury w procesie docierania mechanicznego podejmowane jest bardzo rzadko.

2. Model matematyczny

Rozumowanie przedstawione w tej części pracy zaczerpnięto z literatury. W pracy [1] autorzy, posługując się m.in. prawami mechaniki i wymiany ciepła, sformułowali równania opisujące średni i maksymalny wzrost temperatury w kontakcie pojedynczego ziarna z powierzchnią obrabianą. W tym celu przyjęli oni pewne uproszczenia:

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

1. Nie uwzględniali szczegółowo mechanizmu usuwania naddatku z powierzchni obrabianej. W rozważaniach założyli, że pojedyncze ziarno działa na przedmiot obrabiany jak ostry stożkowy wgłębnik o kącie wierzchołkowym 2Θ.

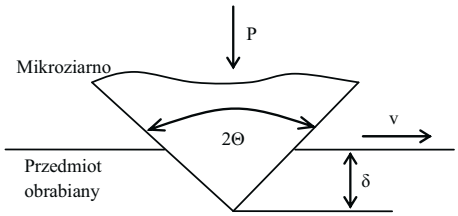

Fig. 2. Mechanical model of the contact between an abrasive particle and the workpiece
Rys. 2. Model kontaktu roboczego mikroziarna ściernego i powierzchni obrabianej

Przyjęli też, że przenoszenie obciążenia przez mikroziarno na obrabianą powierzchnię przypomina quasi-statyczne wcięcie twardego wgłębnika w półprzestrzeń.

2. Każde ziarno aktywne potraktowali jak poruszające się źródło ciepła. Gdy pozostaje ono w kontakcie z powierzchnią obrabianą, na skutek działania siły tarcia i prędkości względnej, wygenerowana zostaje pewna ilość ciepła, która powoduje wzrost temperatury.

Maksymalną wartość T_{max} osiąga on w kontakcie z powierzchnią obrabianą największego ziarna znajdującego się w szczelinie roboczej. Jego wartość można wyznaczyć z zależności:

$$T_{\max} = \frac{1{,}22\mu v H_p tg\Theta (X_{\max} - X)}{(1+\sqrt{H_p / H_d})} \cdot \frac{1}{\lambda_p \sqrt{\Pi(0{,}6575 + P_e)} + \frac{3{,}66\Pi\lambda_s}{8}}, \tag{1}$$

gdzie:

μ - współczynnik tarcia,
v - prędkość docierania,
H_p - twardość materiału przedmiotu obrabianego,
2Θ - kąt wierzchołkowy wgłębnika,
X_{max} - maksymalny wymiar charakterystyczny mikroziarna,
X - wysokość szczeliny roboczej,
H_d - twardość materiału docieraka,
λ_p - współczynnik przewodzenia ciepła materiału obrabianego,
P_e - liczba Pecklet'a,
λ_s - współczynnik przewodzenia ciepła materiału ściernego.

Wartość średnia wzrostu temperatury $T_{śr}$ wyznaczona została jako średnia ważona wartości wzrostów temperatury dla kontaktów roboczych wszystkich ziaren znajdujących się w strefie obróbki. Określa ją zależność:

$$T_{śr} = \frac{\int_X^{X_{\max}} T\Phi(x)dx}{\int_X^{X_{\max}} \Phi(x)dx} = \frac{1{,}22\mu R v\sqrt{H_p}}{\Pi\lambda_p} \cdot \frac{\int_X^{X_{\max}} \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{(0{,}6575 + P_e)}}\Phi(x)dx}{\int_X^{X_{\max}} \Phi(x)dx}, \tag{2}$$

gdzie:

R - część strumienia ciepła, która przepływa do obrabianego przedmiotu,
P - siła działająca na pojedyncze ziarno,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

x - wymiar charakterystyczny mikroziarna,
Φ(x) - funkcja gęstości prawdopodobieństwa opisująca rozkład wielkosci charakterystycznych ziaren ściernych.

W pracy [7] rozwinięto przedstawiony model i rozpatrywano również oddziaływanie mikroziarna z docierakiem.

Po przeanalizowaniu rozumowania badaczy i sformułowanych przez nich równań można wnioskować, że największy wpływ na ilość wydzielanego w trakcie docierania ciepła mają:
- naciski (siła tarcia),
- zastosowane prędkości w układzie kinematycznym (prędkość względna),
- geometria zastosowanego mikroziarna,
- twardość materiału obrabianego i docieraka.

Potwierdzają to przeprowadzone przez autorów rozpoznawcze badania własne. Obejmowały one wstępną ocenę wpływu poszczególnych parametrów na wartość wzrostu temperatury w układzie wykonawczym obrabiarki. Ponieważ w procesie docierania wzrost temperatury dotyczy nie tylko przedmiotu obrabianego, ale wszystkich elementów układu wykonawczego obrabiarki, najkorzystniej jest badać temperaturę w całym układzie.

3. Stanowisko badawcze i warunki prób

W celu prowadzenia badań wzrostu temperatury w procesie docierania skompletowano stanowisko badawcze pokazane na Rys. 3. Jego podstawowe elementy to:
- jednotarczowa docierarka pierścieniowa ABRALAP 380, przeznaczona do obróbki powierzchni płaskich,
- kamera termograficzna serii V-20 II (firmy VIGO System S.A), zamocowana na statywie,
- komputer PC z oprogramowaniem THERM V-20.

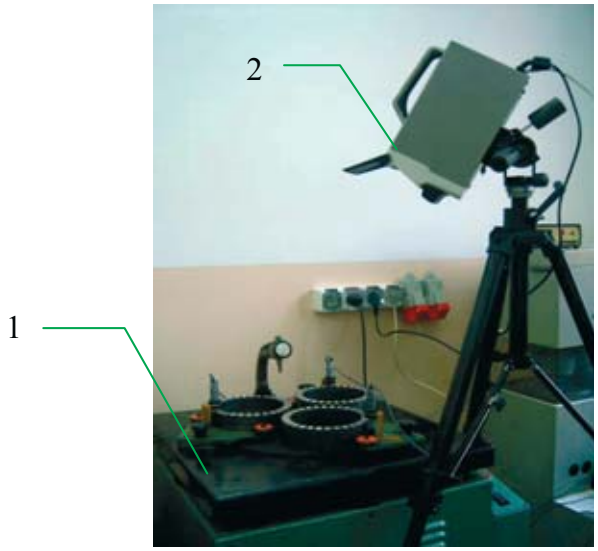

Fig. 3. Measurement equipment: 1-lapping machine, 2-infrared camera
Rys. 3. Stanowisko badawcze do pomiaru temperatury elementów układu wykonawczego docierarki: 1-stół docierarki, 2-kamera termograficzna

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 240x240 punktów. Czas skanowania jest zatem stosunkowo długi i wynosi minimum 10 s, przez co możliwy jest jedynie pomiar temperatury obiektów statycznych lub zjawisk wolnozmiennych. Kamera może współpracować z komputerem dowolnego typu. Komunikuje się z nim poprzez specjalne oprogramowanie. Dla komputera klasy PC jest to program THERM V-20. Umożliwia on

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

oprócz rejestracji i przeglądania danych pomiarowych, także ich zaawansowaną obróbkę, drukowanie map rozkładu temperatury, przygotowanie wykresów oraz generowanie raportów z przeprowadzonych pomiarów [3, 5, 6].

Obrabiarka ABRALAP 380 to docierarka jednotarczowa o podstawowym układzie wykonawczym, opisanym w punkcie 1. 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.

4. Warunki i wyniki prób

Próby wykonywano w trakcie docierania przedmiotów, wykonanych ze stali miękkiej, normalizowanej, o średnicy 119,8 mm. Do obróbki użyto ścierniwa na bazie elektrokorudu zwykłego o numerze F600/9, które dawkowano ręcznie (okresowo). Przedmioty docierano cyklami po 20 min. Po każdym cyklu, po zdjęciu odważników i przekładek, dokonywano pomiaru temperatury układu. Pomiędzy tymi pomiarami dokonywano pomiarów pomocniczych w 10 minucie docierania, nie przerywając obróbki.

Badano wpływ czasu, prędkości, nacisków i twardości materiału obrabianego na wartości przyrostu temperatury w układzie wykonawczym docierarki. Program obsługujący kamerę pozwala na analizę temperatury minimalnej, średniej i maksymalnej w 240 × 240 punktach obszaru skanowania kamery. W celu zmniejszenia błędu, rozważano wartości przyrostu temperatury, a nie jej wartość bezwzględną. Za wartość początkową przyjmowano w tym celu temperaturę średnią w obszarze skanowania, zmierzoną przed rozpoczęciem obróbki, w czasie t = 0 min. Wyniki tych pomiarów przedstawiają poniższe wykresy.

Na Rys. 4 przedstawiono krzywe obrazujące zmiany temperatury minimalnej, średniej i maksymalnej w trakcie docierania. Wykonano je dla obróbki próbki stalowej, prowadzonej przy prędkości równej 0,77 m/s (wartość dla punktu środkowego przedmiotu obrabianego), stosując obciążenie siłą równą 32,76 N, co odpowiada naciskom równym 2,91 kPa. Zmiany temperatury średniej i maksymalnej mają ten sam charakter, inaczej przebiega krzywa temperatury minimalnej. Przyczyną tego zjawiska jest zakres skanowania kamery, obejmujący również obszar poza docierarką. Wykresy wykazują zmienność temperatury w czasie, czego nie uwzględniają modele.

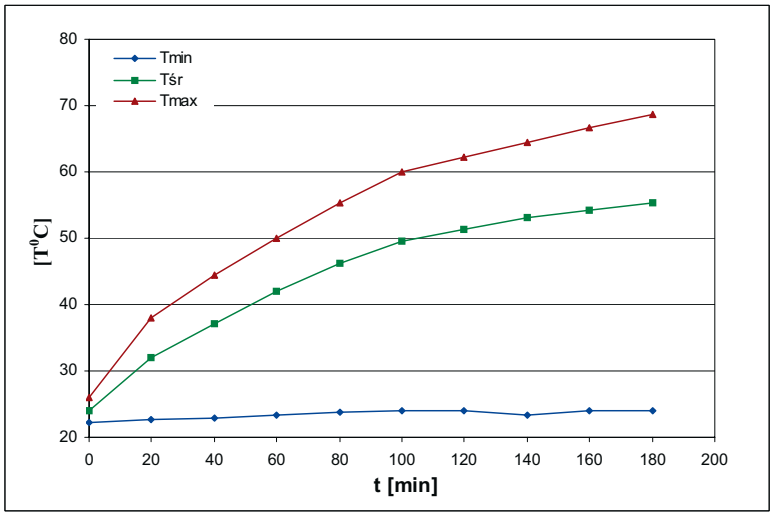

Fig. 4. Graph of temperature changes in time (minimal, maximal, optimal values)
Rys. 4. Wykres zmian temperatury (wartości minimalnych, średnich i maksymalnych) w czasie (p = 2,91 kPa, v = 0,77 m/s)

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Dokonano również pomiarów zmiany temperatury elementów układu w zależności od prędkości docierania. Ich wynik ilustruje Rys. 5. Pomiarów dokonano dla trzech prędkości docierania (średnia prędkość punktu środkowego przedmiotu obrabianego): 0,51; 0,64 i 0,77 m/s, obciążając próbkę, podobnie jak poprzednio siłą równą 32,76 N, co odpowiada naciskom równym 2,91 kPa. Można zauważyć oczekiwany wzrost wartości temperatur ze wzrostem prędkości. Przebieg krzywych dla różnych prędkości jest podobny.

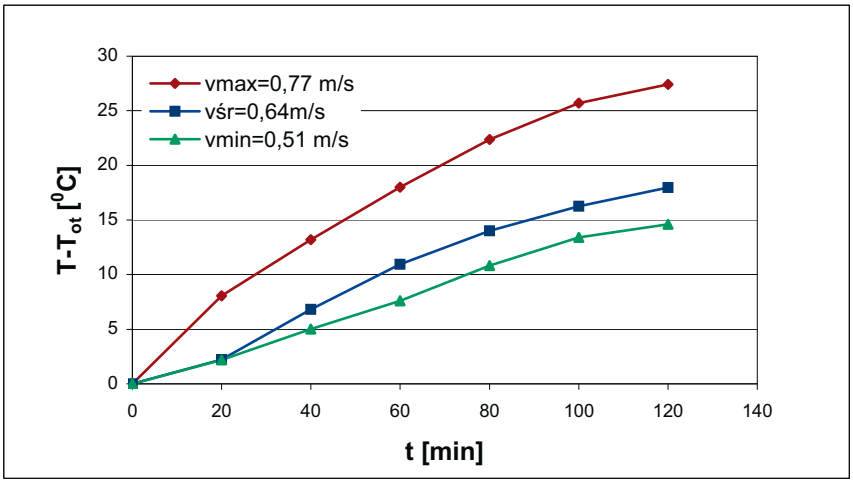

Fig. 5. Dependence of lapping machine executory system elements temperature rise on lapping velocity
Rys. 5. Zależność temperatury elementów układu wykonawczego obrabiarki od prędkości docierania

Wpływ zastosowanych nacisków docierania na temperaturę elementów badano w trakcie docierania przedmiotu opisanego powyżej, z prędkością 0,77 m/s, dla trzech wartości nacisków: 2,91; 2,87 i 2,85 kPa. Tak, jak dla wpływu prędkości przebieg krzywych jest podobny i zgodnie z oczekiwaniami wykazano proporcjonalną zależność temperatury od nacisku. Zależności te przedstawiono w postaci wykresów na Rys. 6.

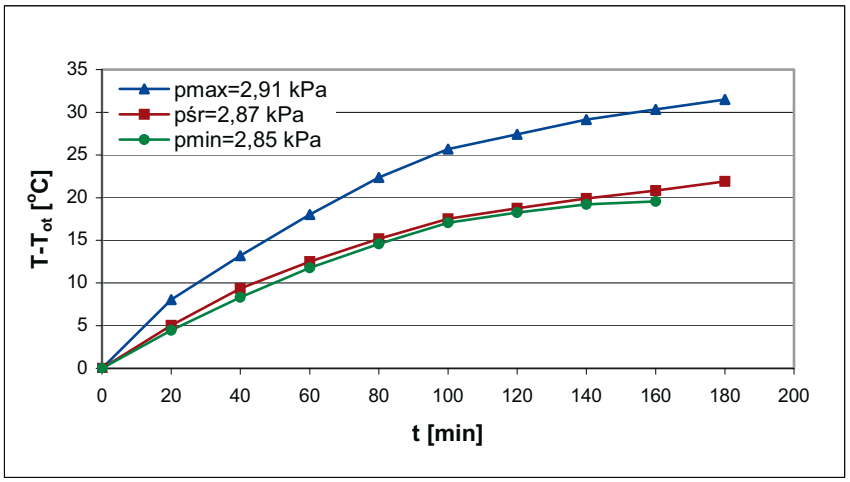

Fig. 6. Dependence of lapping machine executory system elements temperature rise on lapping pressure
Rys. 6. Zależność temperatury elementów układu wykonawczego obrabiarki od nacisków docierania

5. Wnioski

Przeprowadzone badania rozpoznawcze jednoznacznie potwierdzają słuszność przyjętego przez badaczy toku rozumowania, przedstawionego w punkcie 2. Wykazały, że największy wpływ na temperaturę w układzie wykonawczym mają naciski i prędkość docierania oraz, że temperatura zmienia się w czasie, czego żaden z przytoczonych modeli nie uwzględnia. W swoich analizach

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

badacze nie uwzględniają również wpływu samej docierarki, podczas gdy w próbach wykazano, że przedmiot, którego obróbkę rozpoczyna się na pracującej docierarce, szybko przyjmuje temperaturę elementów jej układu wykonawczego.

Przeprowadzenie dalszych badań, umożliwi ilościowe ujęcie tych zależności, co w kolejnych etapach pozwoli na automatyzację procesu kontroli wymiarowej przedmiotów obrobionych jeszcze na obrabiarce. Obecnie te wyniki byłyby obarczone błędem, ponieważ ciała stałe pod wpływem ciepła powiększają swoje wymiary liniowe. Zważywszy na wartości ubytków podczas docierania nawet niewielka zmiana wymiarów ma duże znaczenie. Dlatego istnieje konieczność poznania tych zależności, co da możliwość prognozowania wartości zmian wymiarów.

References

[1] Bulsara, V. H., Ahn, Y., Chandrasekar, S., Farris, T. N., *Polishing and lapping temperatures,* Journal of Tribology, Vol. 119, 1997.

[2] Barylski, A., Molenda, J., *Sposób docierania elementów cienkościennych na docierarce jednotarczowej z pierścieniowym układem wykonawczym,* Materiały Seminarium Naukowo-Technicznego „Technicon", Gdańsk 2005.

[3] Barylski, A., Molenda, J., *Badania wstępne wpływu czasu i prędkości docierania na temperaturę elementów układu wykonawczego docierarki jednotarczowej*, XXIX Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, s. 45-48, Gdańsk-Jurata 2006.

[4] Spur, G., Engel, H., *Tool engagement and surface formation in lapping of brittle materials*, Int. J. Japan Soc. Prec. Eng., Vol. 33, No. 3, 1999.

[5] *Kamera termograficzna V-20 II, Instrukcja obsługi,* VIGO System S. A.

[6] Rzeczkowski, M., *Bezkontaktowe pomiary temperatury. Kamera termograficzna-20,* PAK, Nr 4, 2002.

[7] Horng, J. H., Jeng, Y. R., Chen, C. L., *A model for temperature rise of polishing process considering effects of polishing pad and abrasive,* Transictions of ASME, Vol. 126, 2004.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl