

Parametry kinematyczne docierarek tarczowych

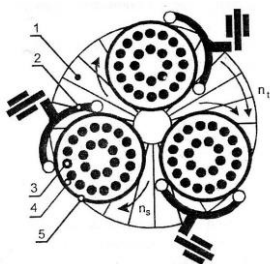
Streszczenie

W artykule przedstawiono symulację kinematyki docierania powierzchni płaskich. Opracowano modele standardowych układów kinematycznych. Stan płaskości powierzchni czynnej docieraka ma zasadniczy wpływ na płaskość powierzchni obrabianych. Decyduje także o tym stosunkowo złożona kinematyka docierania.

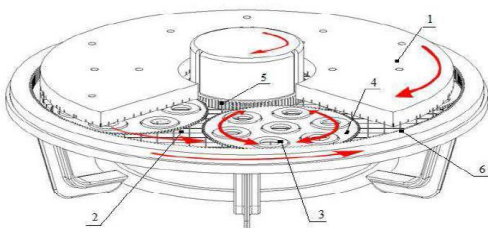
WSTĘP

Docieranie należy obecnie do podstawowych metod ścierniej obróbki bardzo dokładnej. Proces ten obejmuje ostateczne kształtowanie powierzchni różnorodnych części maszyn i urządzeń, w tym pojazdów transportu publicznego. Nie ma w zasadzie ograniczeń w stosunku do gatunku obrabianego materiału [1,5,15]. Dotyczy to zarówno docierania wewnętrznych i zewnętrznych powierzchni walcowych oraz krzywoliniowych, a także płaszczyzn i kół zębatach. Współcześnie w praktyce produkcyjnej, dominujący udział ma jednak obróbka powierzchni płaskich i płasko-równoległych na docierarkach jedno- i dwutarczowych (rys.1 i 2) [4].

a)



b)



Rys. 1. Schemat ogólny układu wykonawczego: a) docierarki jednotarczowej (tarcza docierająca, 2- jarzmo prowadzące, 3- przedmiot obrabiany, 4- separator, 5- pierścień prowadzący) [1], b) docierarki dwutarczowej (1- tarcza docierająca górna, 2- tarcza docierająca dolna, 3- przedmiot obrabiany, 4- separator przedmiotowy, 5- zębaty lub kołkowy pierścień napędzający, 6- nieruchomy lub ruchomy pierścień zewnętrzny [2]

a)



b)



Rys. 2. Widok ogólny docierarki: a) jednotarczowej Kemet 24 [7], b) dwutarczowej AC microline 1000 firmy Peter Wolters [6]

Charakterystykę ogólną wybranych docierarek jednotarczowych zestawiono w tab. 1 - 4.

Tab. 1. Charakterystyka ogólna docierarek firmy V-tec [8]

Wyszczególnienie	Optic 15	Optic 24
Średnica zewnętrzna docieraka [mm]	380	610
Prędkość obrotowa docieraka [min ⁻¹]	do 55	do 55
Średnica wewnętrzna pierścieni [mm]	140	240
Liczba pierścieni	3	3

Tab. 2. Charakterystyka ogólna docierarek firmy Peter Wolters [6]

Wyszczególnienie	3R-380	3R-600
Średnica zewnętrzna docieraka [mm]	381	610
Prędkość obrotowa docieraka [min ⁻¹]	do 80	do 60
Średnica wewnętrzna pierścieni [mm]	146	248
Liczba pierścieni	3	3

Tab. 3. Charakterystyka ogólna docierarek firmy Kemet [7]

Wyszczególnienie	Model 15	Model 24
Średnica zewnętrzna docieraka [mm]	381	610
Prędkość obrotowa docieraka [min ⁻¹]	do 70	do 58
Średnica wewnętrzna pierścieni [mm]	140	248
Liczba pierścieni	3	3

Tab. 4. Charakterystyka ogólna docierarek firmy GMT [9]

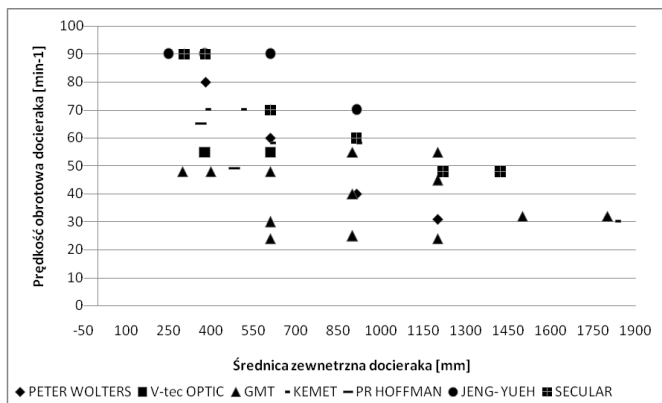
Wyszczególnienie	Model 06-01	Model 06-13
Średnica zewnętrzna docieraka [mm]	300	610
Prędkość obrotowa docieraka [min ⁻¹]	do 48	24 - 48
Średnica wewnętrzna pierścieni [mm]	107	250
Liczba pierścieni	3	3

Przeprowadzone badania efektywności docierania [13,14] wykazały, że stosunek prędkości ekstremalnych i wartość przyspieszenia stycznego w układzie wykonawczym docierarki mają istotny wpływ na wydajność procesu obróbkowego. Docieranie wstępne elementów stalowych powinno odbywać się gdy współczynnik $\lambda = v_{max}/v_{min}$ wynosi od 5 do 10, natomiast wartość przyspieszenia stycznego to przedział 4 - 8 m/s². W docieraniu wykończeniowym parametry te powinny charakteryzować się znacząco mniejszym rozrzutem. Przykładowo, w przypadku docierania wstępnego elementów z ceramiki technicznej wartość prędkości średniej docierania zawiera się w przedziale 40 - 80 m/min, zaś stosunek $\lambda = 2 - 4$. Podczas docierania wykończeniowego tego rodzaju materiałów zaleca się, aby $v = 80 - 100$ m/min oraz $\lambda = 1 - 1,3$. Wiąże się to bezpośrednio z korzystnymi warunkami powstawania wióra podczas mikroskrawania.

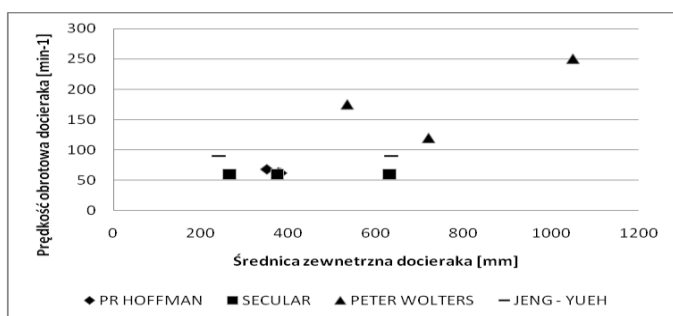
1. ANALIZA UKŁADÓW KINEMATYCZNYCH

1.1. Charakterystyka ogólna docierarek tarczowych

Na rys. 3 przedstawiono charakterystykę kinematyczno-geometryczną wybranych docierarek jednotarczowych, zaś na rys. 4 dane dotyczące docierarek dwutarczowych, produkowanych wspólnie przez czołowe firmy.



Rys. 3. Charakterystyka ogólna docierarek jednotarczowych wybranych firm [6-12]



Rys. 4. Charakterystyka ogólna docierarek dwutarczowych wybranych firm [6,10-12]

Porównując współcześnie wytwarzane docierarki tarczowe, łatwo zauważyć szeroki zakres proponowanych średnic tarcz docierających, co jest korzystne ze względów praktycznych, zarówno w aspekcie wymiarów obrabianych przedmiotów, jak i liczności serii ich wytwarzania.

1.2. Kinematyka docierarek tarczowych

Standardowe układy kinematyczne docierania jedno- i dwutarczowego powierzchni płaskich (rys. 1) można przedstawić przy pomocy jednego układu uogólnionego (planetarnego) [3], przy czym w przypadku analizy obróbki jednotarczowej (jednostronnej) wyobraźalne jarzmo (7) będzie nieruchome ($n_7 = 0$) – rys. 5. Dla takiego układu kinematycznego prędkość separatora (2) i wyobraźalnego jarzma (7), względem docieraka (5), określają zależności:

$$n_{2,5} = n_2 - n_5 = \frac{n_{3,5} \left(1 - i_{1,3} \frac{z_1}{z_3}\right)}{1 - \frac{z_1}{z_3}} \quad (1)$$

$$n_{7,5} = n_7 - n_5 = \frac{n_{3,5} \left(1 + i_{1,3} \frac{z_1}{z_3}\right)}{1 + \frac{z_1}{z_3}} \quad (2)$$

gdzie: $n_{3,5} = n_3 - n_5$ (3)

$$i_{1,3} = \frac{n_1 - n_5}{n_3 - n_5} \quad (4)$$

zaś: z_1 –liczba zębów (kołków) wieńca 1,
 z_3 –liczba zębów (kołków) wieńca 3.

Prędkość w ruchu względnym dowolnego punktu C (rys. 5) przedmiotu zmienia się od $V_{\max} = V_B + V_{CB}$ do $V_{\min} = V_B - V_{CB}$, gdzie

V_B – prędkość środka B separatora, V_{CB} – prędkość punktu C przedmiotu względem środka B separatora. Przyjmując, że prędkość średnia:

$$V = \frac{L_C}{T_C} = V_B = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} \quad (5)$$

to:

$$V_B = 2\pi n_{7,5} r_7 \quad (6)$$

gdzie: L_C – długość trajektorii punktu C, T_C – czas cyklu, r_7 – promień wyobraźalnego jarzma OB, a więc:

$$\lambda = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |i_{2,7}| \frac{r_C}{r_7}}{1 - |i_{2,7}| \frac{r_C}{r_7}} \quad (7)$$

gdzie:

$$i_{2,7} = \frac{n_2 - n_5}{n_7 - n_5} \quad (8)$$

czyli:

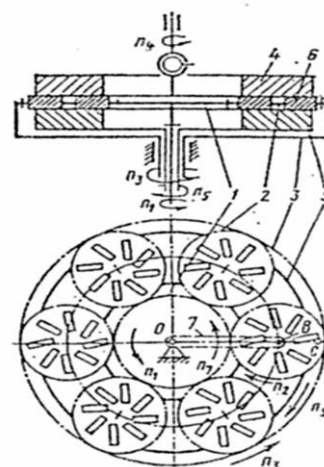
$$V_{\max} = \frac{2\lambda \cdot V_B}{\lambda + 1} \quad (9)$$

$$V_{\min} = \frac{2V_B}{\lambda + 1} \quad (10)$$

Wartość przełożenia $i_{2,7}$ określa kształt trajektorii punktu C przedmiotu względem docieraka (5), przy czym gdy: $i_{2,7} < 0$ występuje hipocykloida, $0 < i_{2,7} < 1$ pericykloida, zaś dla $i_{2,7} > 1$ epicykloida. Stopień wydłużenia lub skrócenia krzywych wyznaczyć można na podstawie wartości wskaźnika W_R , jako:

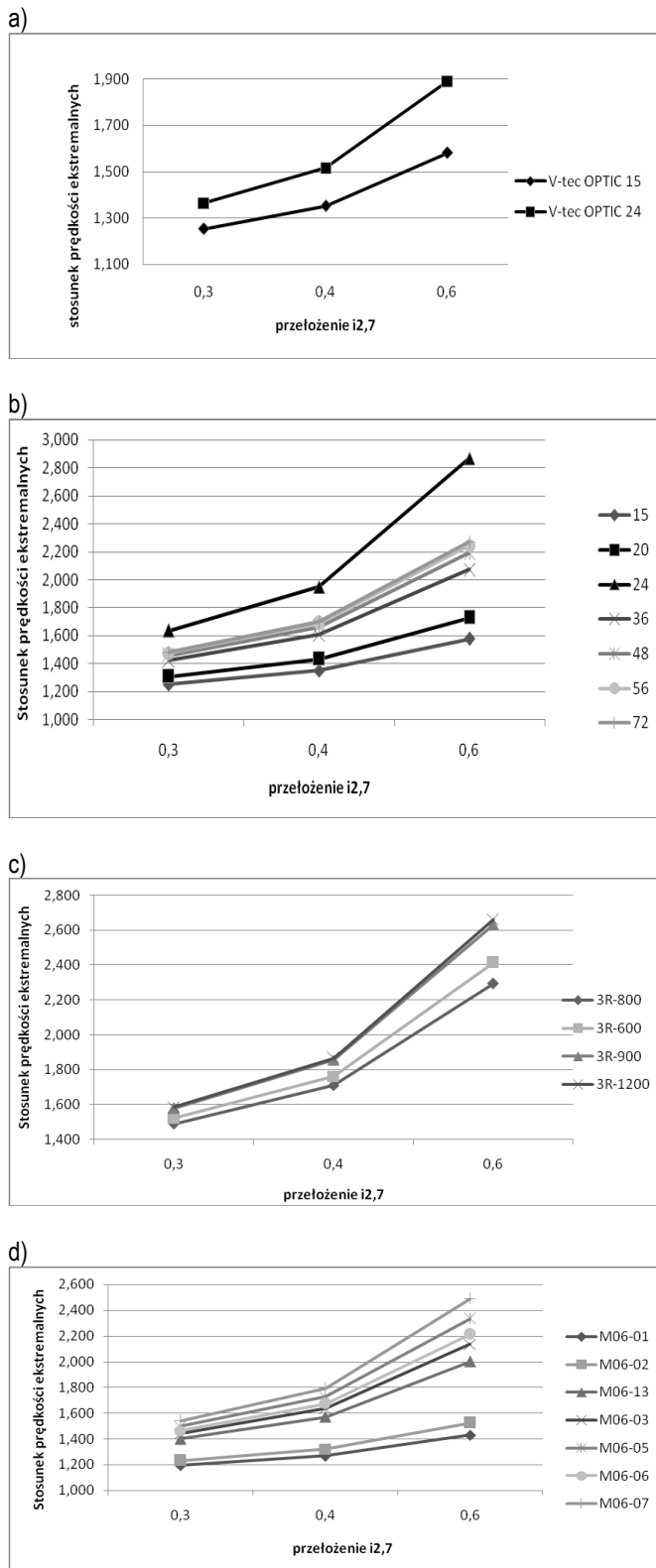
$$W_R = \frac{r_7}{|i_{2,7}| r_C} \quad (11)$$

przy czym dla $W_R > 3$ wystąpi skrócenie, zaś dla $W_R < 0,33$ – wydłużenie krzywych cykloidalnych. Mając wyżej wymienione granice na uwadze, wyznaczyć można wartość promienia r_{cgr} – jako odległość rozpatrywanego punktu przedmiotu od środka separatora, dla którego nastąpi zmiana kształtu trajektorii.

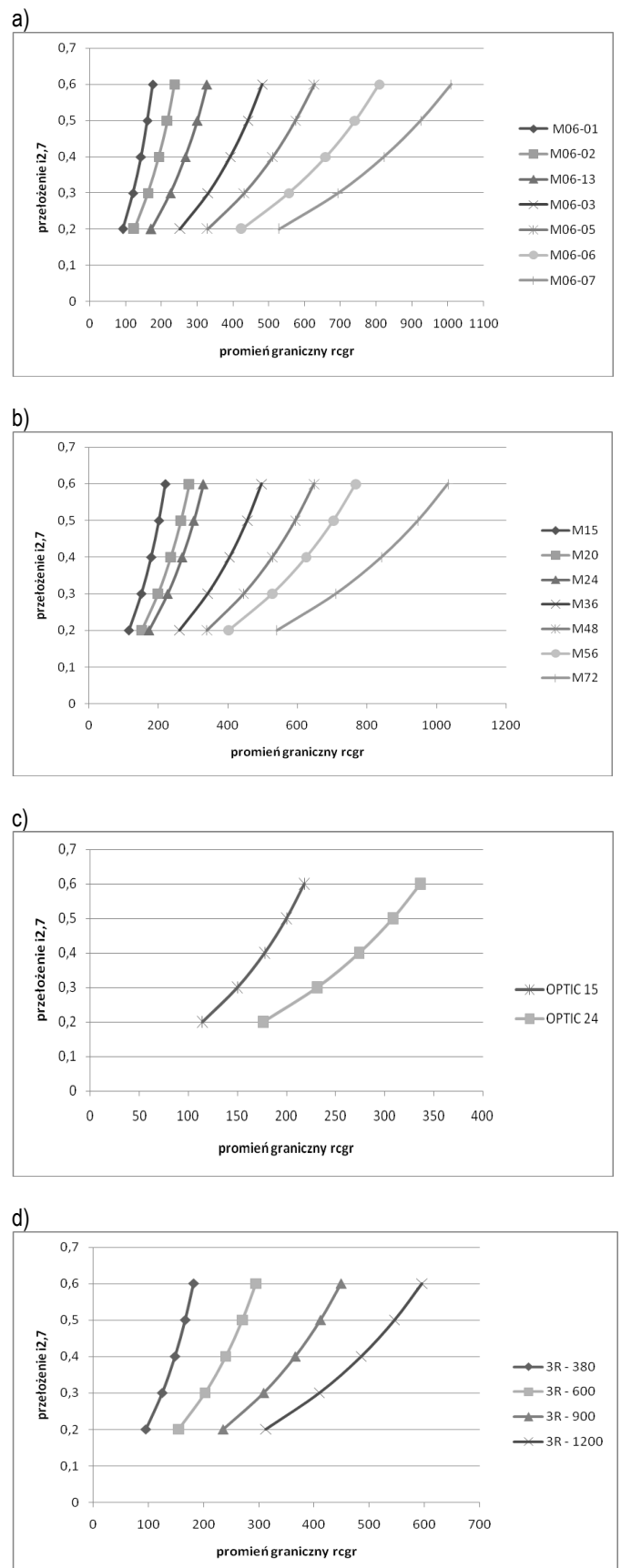


Rys. 5. Schemat kinematycznego układu planetarnego docierania powierzchni płaskich (1 - wewnętrzny wieniec kołkowy (lub pierścien o uzębieniu zewnętrznym), 2 - separator, 3 - zewnętrzny wieniec kołkowy (lub pierścien o uzębieniu wewnętrznym), 4 - docierak górny, 5 - docierak dolny, 6 - przedmiot docierany, 7 - wyobraźalne jarzmo) [1]

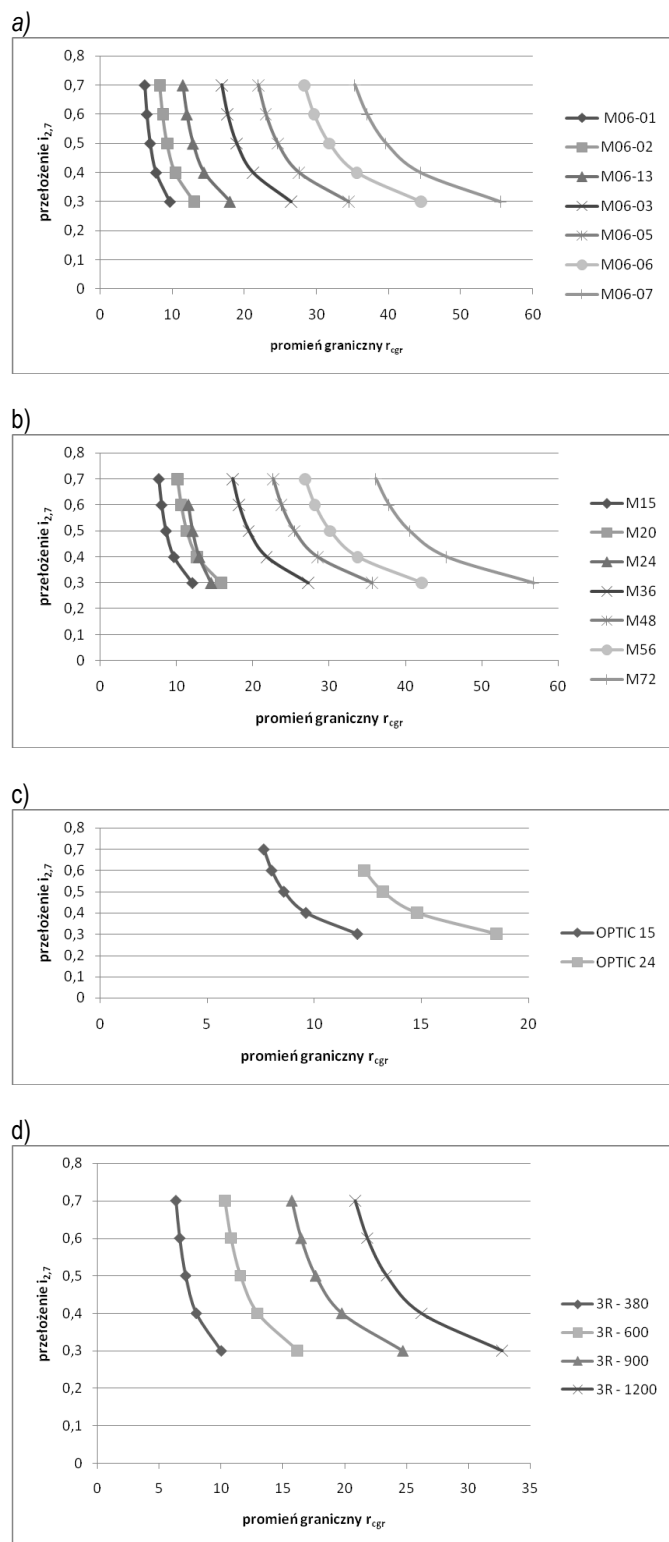
Przykłady obliczeń stosunku względnych prędkości ekstremalnych λ i przełożenia $i_{2,7}$ (pomiędzy separatorem a wyobraźalnym jarzmem układu), określającego kształt trajektorii w docieraniu jednotarczowym podano na rys. 6-8, zaś dla docierarek dwutarczowych na rys. 9 i 10.



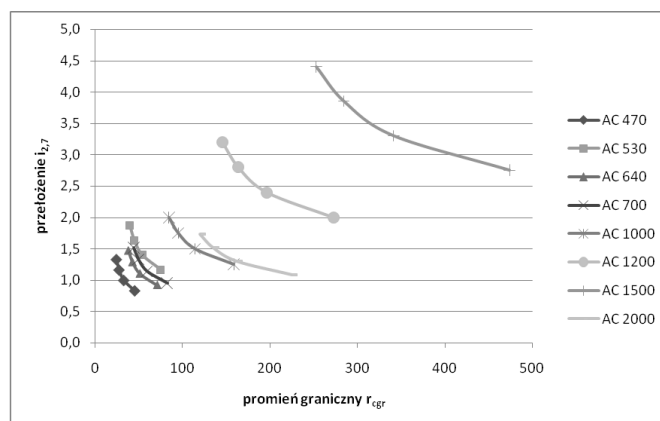
Rys. 6. Wykresy zależności stosunków prędkości ekstremalnych od przełożenia $i_{2,7}$ dla wybranych docierarek jednotarczowych firmy: a) V-tec, b) Kemet, c) Peter Wolters, d) GMT



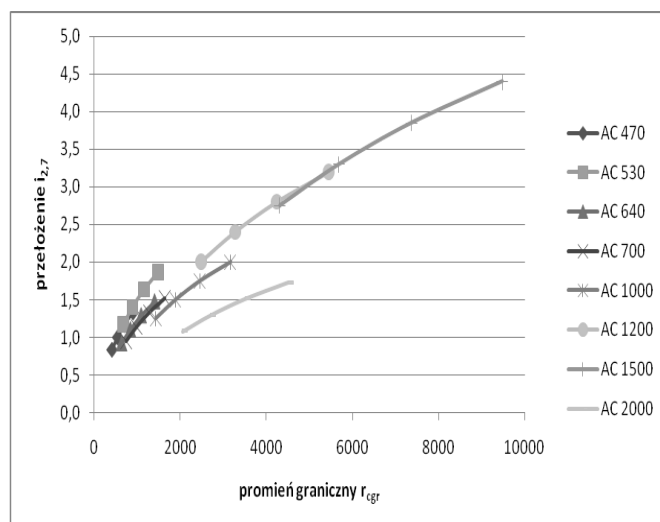
Rys. 7. Zależność przełożenia $i_{2,7}$ od promienia granicznego r_{cgr} (przy wydłużeniu krzywych cykloidalnych) dla wybranych docierarek jednotarczowych (o różnych średnicach tarcz docierających) firmy: a) GMT, b) Kemet, c) V-tec, d) Peter Wolters



Rys. 8. Zależność przełożenia $i_{2,7}$ od promienia granicznego r_{cgr} dla wybranych docierarek jednotarczowych (przy skróceniu krzywych cykloidalnych) dla wybranych docierarek jednotarczowych (o różnych średnicach tarcz docierających) firm: a) GMT, b) Kemet, c) V-tec, d) Peter Wolters



Rys. 9. Zależność pomiędzy promieniem granicznym a przełożeniem $i_{2,7}$ (przy skróceniu krzywych cykloidalnych) dla wybranych docierarek dwutarczowych firmy Peter Wolters



Rys. 10. Zależność pomiędzy promieniem granicznym a przełożeniem $i_{2,7}$ (przy wydłużeniu krzywych cykloidalnych) dla wybranych docierarek dwutarczowych firmy Peter Wolters

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych analiz wynika, że najczęściej występującym kształtem trajektorii przedmiotów w docieraniu tarczowym jest pericykloida. Stosunek zaś prędkości ekstremalnych zawiera się w przedziale $\lambda = 1,2 - 2,8$; co umożliwi realizację obróbki wykończeniowej. Stwierdzono także, iż w docierarkach jednotarczowych wraz ze zwiększeniem przełożenia $i_{2,7}$ zmniejsza się wartość promienia granicznego r_{cgr} , dla którego następuje zmiana kształtu trajektorii. W większości analizowanych typów docierarek, zależności kinematyczno - geometryczne mają przebieg najczęściej zbliżony do liniowego, zaś istniejący napęd bezstopniowy elementów układu wykonawczego umożliwi nastawienie stosunkowo dużego zakresu zmienności warunków kinematycznych. Ma to istotny wpływ na płaskość powierzchni roboczych tarcz docierających, a tym samym i obrabianych elementów.

BIBLIOGRAFIA

1. Barylski A., *Obróbka powierzchni płaskich na docierarkach*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013.
2. Barylski A., *Analiza kinematyki docierarek tarczowych*. Inżynieria Maszyn 2013, z. 2.
3. Barylski A., *Analiza układów kinematycznych docierarek do płaszczyzn*. W: Materiały Sympozjum "Wybrane problemy pro-

- jektowania procesów technologicznych”. Politechnika Gdańska, Katedra TBM, Gdańsk 1994.
4. Barylski A., *Analiza kinematyki docierarki jednotarczowej*. TTS. Technika Transportu Szynowego 2012, nr 9.
 5. Marinescu, I.D., Uhlmann E., Doi T.K., *Handbook of lapping and polishing*. CRC Press, Boca Raton, London, New York 2007.
 6. Materiały informacyjne firmy Peter Wolters, 2015.
 7. Materiały informacyjne firmy Kemet, 2015.
 8. Materiały informacyjne firmy V-tec, 2014.
 9. Materiały informacyjne firmy GMT, 2015.
 10. Materiały informacyjne firmy PR Hoffman, 2015.
 11. Materiały informacyjne firmy Secular, 2014.
 12. Materiały informacyjne firmy Jeng-Yueh, 2014.
 13. Orlov P.N., *Kačestvo poverchnostnogo sloja kremnija posle almaznoj dovodki*. Almazy. Naučno-technič. Ref. sb. NIIMAS, 1973, vyp. 7.
 14. Orlov P.N., Poluchin V.A., *Vlijanie režimov abrazivnoj dovodki na kačestvo poverchnostnogo sloja stal'nych detalej*. Technologija proizvodstva, naučnaja organizacija truda i upravlenija. Naučno-technič. Ref. sb. NIIMAS, 1972, vyp. 9.
 15. Spur G., *Keramikbearbeitung. Schleifen, Honen, Läppen, Abtragen*. Carl Hanser Verlag, München - Wien 1989.

Kinematic parameters of disk lapping machines

Abstract

Simulation analysis of the kinematics system of lapping machine for planes presented. We have developed the models of standard kinematics system. The flatness of working surface of a lapping tool has the essential influence on that of work surface. Relatively complex kinematics of lapping is also an important factor.

Autor:

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