

Adam BARYLSKI

## TRANSPORT I OBRÓBKA PRZEDMIOTÓW NA DOCIERARKACH TARCZOWYCH

*Docierania i szlifowanie należy do podstawowych metod obróbki wykończeniowej. Technologie te stosowane są obecnie zarówno w obróbce elementów metalowych, jak i niemetalowych. Przeanalizowano czas, jaki jest potrzebny do wykonania tych operacji.*

### WSTĘP

Współcześnie, w wytwarzaniu elementów zespołów mechanicznych, także środków komunikacji miejskiej, ważne zadanie ma transport pomiędzy poszczególnymi stanowiskami obróbkowymi. Dotyczy to również obróbki wykończeniowej i bardzo dokładnej powierzchni płaskich przedmiotów metalowych lub ceramicznych na docierarkach [3,4,9]. W kształtowaniu powierzchni płasko-równoległych są to obrabiarki dwutarczowe, na których oprócz docierania konwencjonalnego - kiedy podawana jest w sposób ciągły zawiesina ścierna, stosowane jest mikroszlifowanie (gładzenie), określane często jako szlifowanie z kinematyką docierania [1]. Jeśli mamy do czynienia z operacją docierania (szlifowania) na jednej obrabiarkie tarczowej nie potrzeby rozbudowanego technicznie przemieszczania przedmiotów, a jedynie ich, najczęściej ręczny przez operatora, załadunek i rozładunek do/ze strefy obróbkowej z/do pojemników [2,8]. W przypadku, gdy konieczne jest zastosowanie dwóch lub więcej obrabiarek (szlifierek, docierarek, polerek) - obróbka w kilku operacjach, konieczny jest odpowiedni transport elementów między tymi stanowiskami. Tylko w produkcji jednostkowej i przy bardzo niewielkich seriach elementów, decydujemy się na wymianę tarcz docierających w obrabiarkie, godząc na wydłużenie czasu przygotowawczo-zakończeniowego (przeznaczonego na uzbrojenie stanowiska).

Obecnie specjalistyczne firmy, produkujące obrabiarki dwutarczowe do docierania lub szlifowania, proponują różne rozwiązania dotyczące załadunku/rozładunku elementów płasko-równoległych oraz przeznaczone do ich transportu na kolejne stanowisko obróbkowe lub urządzeń do mycia oraz załamywania i zaokrąglania krawędzi.

Omówienie, z konieczności skrótowne, obecnie istniejących układów docierarek dwutarczowych do obróbki powierzchni płasko-równoległych przez docieranie i szlifowanie elementów oraz analiza czasochłonności wybranych operacji jest głównym celem artykułu.

### 1. UKŁADY DOCIERAREK DWUTARCZOWYCH

Można przytoczyć kilka rozwiązań takich układów obróbkowych.

Przykładowo, firma Peter Wolters rozbudowała dwutarczową docierarkę AC1000-F, umożliwiając szlifowanie elementów płasko-równoległych (z tradycyjną planetarną kinematyką docierania), łącząc obrabiarkę z modułową konstrukcją ładowarki (rozładowarki) typu Twin-Leader (rys.1). Umożliwia to nie tylko wymianę obrabianych elementów przez operatora, ale też wykonanie pomiarów ich wysokości oraz jakości ukształtowanych powierzchni.



**Rys. 1.** Widok ogólny docierarki AC1000-F firmy Peter Wolters do szlifowania dwustronnego z kinematyką docierania, mogącej realizować różne strategie obróbkowe [5]

Szlifowanie (gładzenie) z kinematyką docierania, przy użyciu zwykle segmentowych tarcz diamentowych lub z regularnego azotku boru, można również prowadzić na obrabiarkie typu DLM firmy Stähli (rys.2).



**Rys. 2.** Widok ogólny docierarki typu DLM firmy Stähli [6]

Docierarki te budowane są dla kilku wielkości tarcz roboczych: DLM705 (średnice zewnętrzne tarcz D=500-720 mm), DLM1005 (D=800-1250 mm) i DLM1005 (D=1500-1800 mm). Dla możliwości uwzględnienia stosowanych wyższych prędkości obrotowych tarcz roboczych - nawet do  $350 \text{ min}^{-1}$  (wymaganych przy szlifowaniu) zastosowano odlewany korpus o dużej sztywności mechanicznej i wysokiej stabilności cieplnej, zaś narzędzia są labiryntowo chłodzone wodą (przepływowo). Dwa stoły robocze (lewy i prawy) umożliwiają szybki załadunek i rozładunek przedmiotów umieszczonych w separatorach (w zależności od modelu obrabiarki w liczbie od 4 do 7), zintegrowaną wspomagana komputerowo kontrolę czyn-

ną (pomiar bezstykowy), analizę zakłóceń oraz nadzorowanie i diagnostykę. Po uniesieniu górnej tarczy roboczej (nawet 390 mm ponad separatory), chcąc wysunąć (wsunąć) separator z obrabianymi elementami, następuje obniżenie części kołków układu obiegowego (w nieruchomym zwykle pierścieniu zewnętrznym) - rys.3. Wysuwanie separatorów może odbywać się w sposób manualny lub zautomatyzowany (z wykorzystaniem manipulatora).



**Rys. 3.** Sposób wymiany separatorów w docierarce typu DLM firmy Stähli [6]

W rozwiązaniu konstrukcyjnym obrabiarki dwutarczowej AC 530-F firmy Peter Wolters, przeznaczonej do obróbki elementów małych i o niewielkiej wysokości, zastosowano trzy niezależne napędy: tarczy dolnej i górnej (o mocy 5,4 kW) oraz wewnętrznego układu kołkowego w układzie wykonawczym (o mocy 1,2 kW). Docierarka (szlifierka) wyposażona jest w jeden stół transportowy (rys.4).



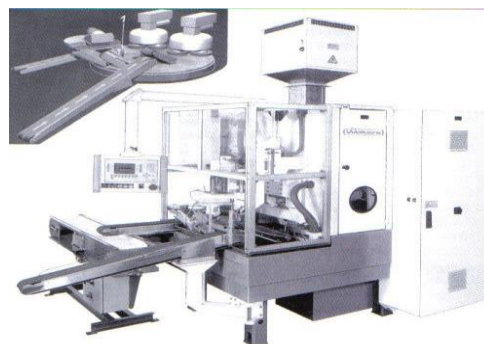
**Rys. 4.** Widok ogólny szlifierki AC 530-F firmy Peter Wolters [5]

Aby wyeliminować potrzebę wstępnego szlifowania obiegowego, w przypadku większych naddatków obróbkowych, firma Peter Wolters opracowała też wysokowydajne dwutarczowe centrum szlifierskie AC700-HT (rys.5) do obróbki półfabrykatów z naddatkiem do kilku milimetrów, uzyskując chropowatość powierzchni  $Rz=0,3-0,5 \mu\text{m}$ , odchyłki płaskości i równoległości poniżej  $1 \mu\text{m}$  oraz tolerancję wysokości elementów obrabianych poniżej  $60 \mu\text{m}$ . Można obrabiać, zależnie od wymiarów gabarytowych, do 100 przedmiotów jednocześnie, w kilka minut (ok. 10 razy większa wydajność w porównaniu z obrabiarką AC700-F). Automatyczny załadunek i wyładunek przedmiotów następuje w czasie poniżej 1 minuty. Nie ma właściwie ograniczeń co do rodzaju obrabianego materiału, przy użyciu intensywnie dawkowanego płynu w postaci emulsji wodnej. Średnia prędkość skrawania została zwiększona ze 160 do 420 m/min, co było możliwe przy zoptymalizowanym zaprogramowanym zasilaniu w ciecz chłodząco-smarującą, wbudowanie właściwego odciągu - ze względu na występujące rozpylenie mgłowe cieczy, zastosowanie chłodzonego wodą serwowatora o mocy 35 kW i przekładni ślimakowej o większej sprawności.



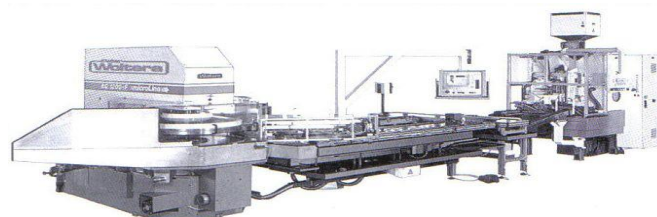
**Rys. 5.** Widok ogólny wysokowydajnego centrum szlifierskiego AC700-HT firmy Peter Wolters [5]

Oprócz korzyści wynikającego z zastosowania mikroszlifowania, jakim jest też ograniczenie zabrudzenia przedmiotów, istnieje możliwość uzupełnienia systemu obróbkowego o układ odwracający elementy i urządzenie do usuwania zadziórów oraz zaokrąglania krawędzi (rys.6). Rozwiązanie pokazane na rys. 6 wyposażone jest w odpowiedni stół obrotowy, zaś maksymalna szerokość (średnica) obrabianych przedmiotów wynosi 250 mm, a wysokość 100 mm. Stanowisko wyposażone jest w jeden lub dwa układy szczotkujące typu Burr-Ex®.

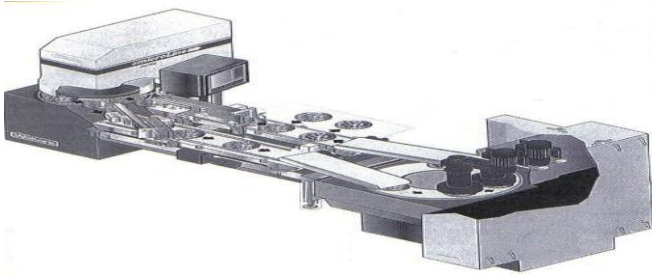


**Rys. 6.** System do obróbki wykończeniowej FE700 firmy Peter Wolters (w lewym górnym rogu pokazano schemat funkcjonalny systemu do odwracania przedmiotów) [5]

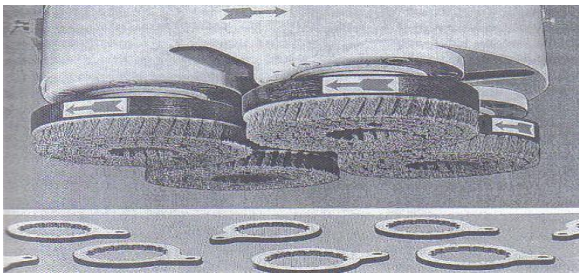
Urządzenie FE 700R może być zintegrowane z dwutarczowym centrum szlifierskim typu AC (rys.7) lub pracować samodzielnie. Firma Peter Wolters (Niemcy), przy współpracy ze szwajcarską firmą Yobhag Finishing Systems, opracowała w pełni zintegrowany układ obróbkowy do szlifowania z kinematyką docierania płasko-równoległego (planetarnego) z możliwością usuwania zadziórów za pomocą szczotkowania (rys.8). Obrabiane elementy są układane do separatorów przez operatora na stanowisku załadoczym (lub w sposób zautomatyzowany), a po obróbce dwustronnej automatycznie przemieszczane do urządzenia szczotkującego (rys.9).



**Rys. 7.** Centrum szlifierskie typu AC, połączone z układem transportowym oraz urządzeniem do usuwania zadziórów i zaokrąglania krawędzi FE 700R [5]



**Rys. 8.** System obróbkowy złożony z dwutarczowej szlifierki i urządzenia do usuwania zadziorów [5]



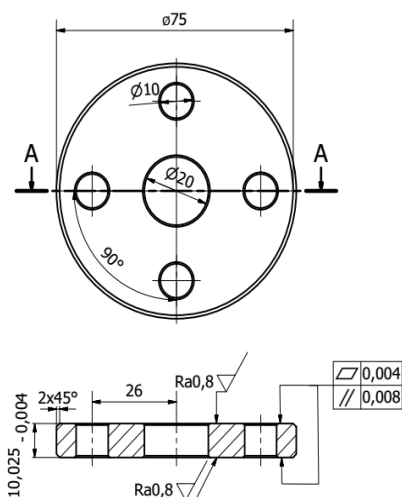
**Rys. 9.** Widok planetarny zestawu 4 szczotek do usuwania zadziorów [5]

Po usunięciu zadziorów następuje przemieszczenie separatora do miejsca rozładunku (ręcznego lub automatycznego).

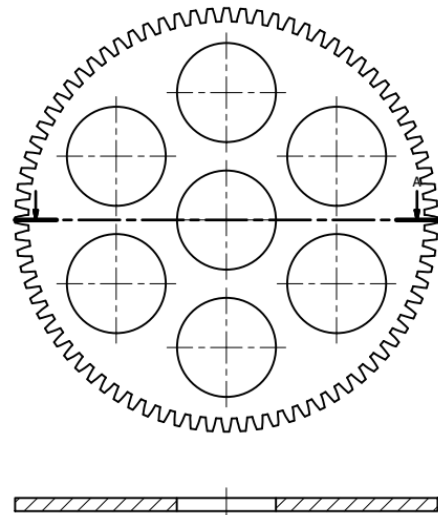
## 2. ANALIZA CZASOCHŁONNOŚCI OPERACJI

Analizę wykonano dla przypadku docierania elementów płasko-równoległych ze stali 100Cr6 - wg ISO/EN 683-17 (rys.10a) na docierarce dwutarczowej AC1000 firmy Peter Wolters, umieszczonych w 5. separatorach (rys.10b). Docierarka, o regulowanej prędkości obrotowej tarcz żeliwnych w zakresie 150-250 min<sup>-1</sup> (o średnicy zewnętrznej 1050 i wewnętrznej 290 mm), posiada moc napędu narzędzia górnego i dolnego 26 kW oraz moc napędu kołkowego wieńca wewnętrznego 6 kW. Porównanie przeprowadzono dla dwóch etapów technologii - w celu uzyskania parametru Ra chropowatości powierzchni na poziomie 0,8 μm (docieranie wstępne) i Ra=0,4 μm (docieranie wykończeniowe). Wymagania, które determinowały zastosowanie docierania jako obróbki końcowej były: odchyłka płaskości nie przekraczająca 4 μm i równoległość obrabianych powierzchni na poziomie 8 μm. Średnia prędkość docierania wynosiła 1,01 m/s, a nacisk jednostkowy 0,026 MPa.

a)



b)



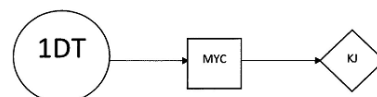
**Rys. 10.** Konstrukcja: a) przedmiotu obrabianego i wymagania dla docierania wstępnego, b) separatora docierarki dwutarczowej (dla 6. obrabianych elementów)

W docieraniu wstępnym stosowano jako ścierniwo węgiel boru BC F600/9, a w obróbce wykończeniowej mikroziarna diamentowe o wielkości 4-9 μm. Obróbką poprzedzającą docieranie było szlifowanie (po hartowaniu i odpuszczaniu na 62-64 HRC), uzyskując Ra=1,25 μm (szlifierka MD618A firmy Gremminger, ściernica 350x40x51 38AKVBE firmy Norton). Naddatek na docieranie wstępne wynosił 25 μm, a na docieranie wykończeniowe 6 μm (wymiar docelowy po obróbce końcowej elementów: 10<sub>-0,01</sub>) [7]. Czas główny operacji wyznaczono na podstawie danych zawartych w [2].

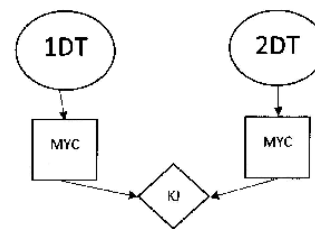
### 2.1. Wariant I technologii docierania

Na tym etapie analizy porównano zastosowanie jednej docierarki dwutarczowej, obsługiwanej przez jednego operatora (rys.11a) z gniazdem dwóch obrabiarek (do obróbki wstępnej) – obsługiwanych przez dwóch operatorów i przy dwóch stanowiskach do mycia elementów (MYC) i jednym kontrolnym (KJ).

a)

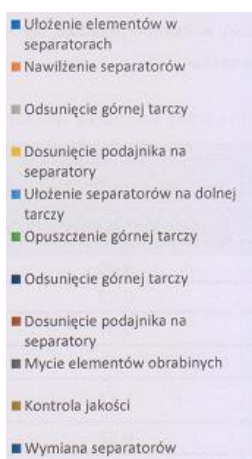
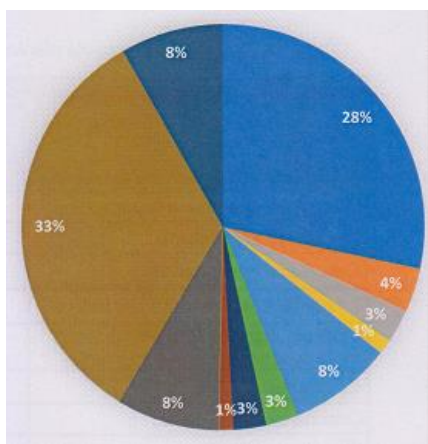


b)



**Rys. 11.** Schemat obróbki wstępnej a) z jedną docierarką, b) z dwiema docierarkami dwutarczowymi

Czas przygotowawczo-zakończeniowy dla każdej stosowanej tu docierarki obejmuje: zapoznanie się z istniejącą dokumentacją techniczno-technologiczną (10 min), opracowanie i wprowadzenie programu sterującego (60 min), pobranie separatorów i docieraków oraz ich montaż (60 min), rozbicie obrabiarki (60 min). Wykres pokazujący procentowy udział składowych czasu pomocniczego dla analizowanej docierarki dwutarczowej przedstawia rys.12.

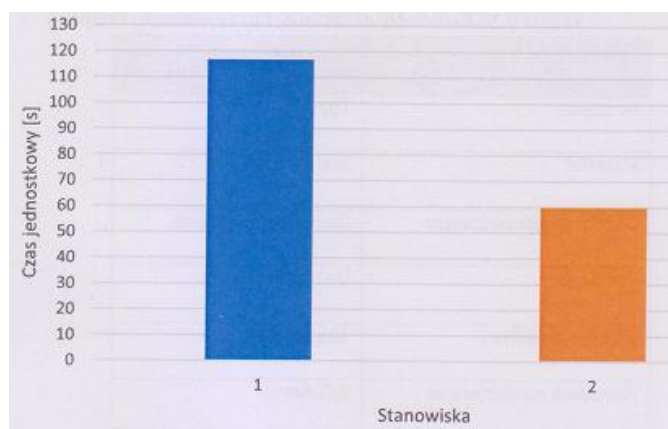


**Rys. 12.** Udział procentowy składników czasu pomocniczego docierania

Składniki czasu pomocniczego wynosiły m.in.: umieszczenie elementów w separatorach 12 sek., odsunięcie tarczy górnej 11 sek., ułożenie separatorów na tarczy dolnej 35 sek., mycie elementów po obróbce 50 sek. i kontrola jakości 240 sek.

W tym przypadku, gdy wymagane było jedynie docieranie wstępne ( $Ra=0,8 \mu m$ ), nie ma potrzeby wymiany tarcz docierających (przebrożenia docierarki).

Zastosowanie dwóch identycznych docierarek i urządzeń myjących spowodowało zmniejszenie czasu jednostkowego docierania (wyznaczonego na każdy przedmiot) o ok. 50 % (rys.13).

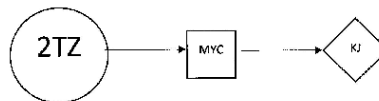


**Rys. 13.** Porównanie czasów jednostkowych docierania: 1 – zastosowanie jednej docierarki, 2 – zastosowanie dwóch docierarek i urządzenia myjącego (wariant I technologii)

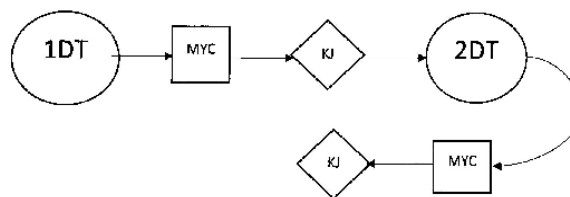
## 2.2. Wariant II technologii docierania

W drugim analizowanym wariantcie, gdy wymagania dotyczące chropowatości powierzchni wynosiły  $Ra=0,4 \mu m$ , należało zastosować oprócz docierania wstępnego, także wykończeniowe. W przypadku, gdy dysponowano jedynie jedną obrabiarką dwutarczową (rys.14a) – wymagane było przebrożenie (wymiana tarcz żeliwnych). W przypadku wykorzystania oddzielnych docierarek do obróbki wstępnej i wykończeniowej (rys.14b) uzyskujemy znaczne zmniejszenie czasu jednostkowego (rys.15).

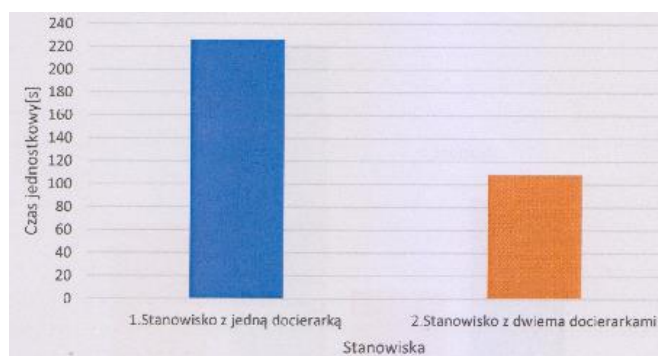
a)



b)



**Rys. 14.** Schemat obróbki na docierakach: a) docieranie wstępne i wykończeniowe, wymagające wymiany tarcz, b) zastosowanie dwóch docierarek; do obróbki wstępnej i wykończeniowej



**Rys. 15.** Porównanie czasów jednostkowych w wariantcie II technologii docierania

## PODSUMOWANIE

Jak wynika z przedstawionej analizy, korzyści z zastosowania oddzielnych docierarek do obróbki wstępnej i wykańczającej będą tym większe, im liczniejsza będzie wielkość serii docieranych elementów – co w przypadku produkcji części zespołów środków transportu ma miejsce. Analizując koszty inwestycyjne w firmie, w przypadku uruchamianej technologii, warto rozpatrzyć wykorzystanie układów obróbkowych wyposażonych w automatyczny transport pomiędzy stanowiskami obróbkowymi i czyszczącymi. Warto również, o ile jest to niezbędne, połączyć to z operacją (zwykle czasochłonną) załamywania krawędzi obrabianych elementów (usuwanie zadziorów, czy wymaganego zaokrąglenia krawędzi) oraz automatyzację nie tylko kontroli, lecz i załadunku (wyładunku) przedmiotów z przestrzeni obróbkowej.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bakoń A., Barylski A., Ziarna i mikroziarna diamentowe. Rodzaje ścierniw i przykłady zastosowania. Wydawnictwo PG, Gdańsk 2017.

2. Barylski A., Badania docierania powierzchni płasko-równoległych na docierarkach, „Inżynieria Maszyn” 2013, z.2.
3. Barylski A., Obróbka powierzchni płaskich na docierarkach, Wydawnictwo PG, Gdańsk 2013.
4. Barylski A., Parametry kinematyczne docierarek tarczowych, „TTS. Technika Transportu Szynowego” 2017, nr 12.
5. Materiały techniczno- informacyjne firmy Peter Wolters.
6. Materiały techniczno-informacyjne firmy Stähli.
7. Radawiec P., Ocena jakości wybranych operacji docierania powierzchni elementów płaskich. Prowadz. pracę: A. Barylski, WM, PG, Gdańsk 2017.
8. Stähli A.W., The Technique of Lapping, Pieterlen/Bienne, Szwajcaria.
9. Yunus M., Rahman F., Parametric influence on cutting parameters characteristics in precision machining of ceramic materials, “International Journal of Scientific & Engineering Research” 2012, vol. 3, nr 1.

### Transport and machining of works in two-disk lapping machines

*Lapping and grinding are classified as a basic finishing operation. This technology can be used on metallic parts, as well as on non-metallic machine elements. Times required to finalize operation are calculated and analyzed in this paper.*

Autor:

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

**JEL:** L62 **DOI:** 10.24136/atest.2018.092

**Data zgłoszenia:** 2018.05.22 **Data akceptacji:** 2018.06.15