

MODUŁOWE KONSTRUKCJE NARZĘDZI TARCZOWYCH DO SZLIFOWANIA NA DOCIERARKACH

Modular designs of abrasive disc tools for grinding on lapping machines

Adam BARYLSKI

Streszczenie: Przedstawiono nowe konstrukcje tarczowych narzędzi jednolitych i składanych do obróbki powierzchni płaskich na docierarkach jedno- i dwutarczowych. Szlifowanie z kinematyką docierania to jedna z obecnych tendencji rozwoju bardzo dokładnej obróbki powierzchni płaskich i płasko-równoległych.

Słowa kluczowe: ściernice, narzędzia modułowe, docierarki tarczowe

Abstract: New designs of disc-shaped uniform and folding tools for machining flat surfaces on one- and two-disk lapping machines are presented. Grinding with lapping kinematics is one of the tendencies for the development of machining a very precise flat and flat-parallel surfaces.

Key words: abrasive tools, modular tools, disk lapping machines

Wstęp

Bardzo dokładna obróbka ścierna obejmuje szeroki zakres kształtowania powierzchni elementów maszyn i narzędzi. Jedną z najczęściej stosowanych w praktyce operacji jest w tym przypadku docieranie elementów konstrukcyjnych luźnym ścierniwem, występujące niezależnie od rodzaju obrabianego materiału (struktury i twardości), przy czym dominujące znaczenie ma obecnie obróbka powierzchni płaskich i płasko-równoległych. Od kilkunastu lat wiele specjalistycznych firm [7-18] i zespołów badawczych [1, 4, 5, 19, 20, 22] rozwija też technologię bardzo dokładnego szlifowania elementów płaskich na docierarkach tarczowych, nazywaną często mikroszlifowaniem (lub gładzeniem) z kinematyką docierania. W obróbce tej, w porównaniu do szlifowania konwencjonalnego, zdejmowany jest niekiedy także duży naddatek, przy większym kontakcie przedmiotu obrabianego z narzędziem i przy zmienionych prędkościach szlifowania [2]. W związku z tym wymagane jest takie dobranie parametrów obróbki, właściwości ściernicy i obfite dawkowanie płynu obróbkowego, aby zagwarantowane było skuteczne usuwanie z powierzchni czynnej narzędzia zeskranych cząstek materiału i produktów zużycia ściernicy, przy czym występuje również zwiększona intensywność wydzielania się ciepła w układzie roboczym. Cechą charakterystyczną mikroszlifowania na docierarkach tarczowych jest występujący mniejszy rzeczywisty nacisk jednostkowy na obrabianą powierzchnię, niż podczas docierania konwencjonalnego, przy tym samym dociążeniu górnego docieraka (w obróbce dwutarczowej) lub przedmiotów umieszczonych w separatorach (w obróbce jednotarczowej). Wynika to z różnicy w sumarycznej powierzchni styku poszczególnych ziaren z obrabianą powierzchnią elementu.

Do podstawowych cech mikroszlifowania należy: szybkość usuwania materiału (od kilku do 500 $\mu\text{m}/\text{min}$), prędkość obwodowa narzędzia (zależnie od wielkości tarczy – od 10 do 600 m/min), jakość obrobionych powierzchni (płaskość i równoległość 1–2 μm , a dla elementów precyzyjnych nawet do 0,3 μm), dokładność wymiarowa (najczęściej do $\pm 1 \mu\text{m}$), stosowane wielkości ziaren (najczęściej 180–46, zaś w przypadku gładkich powierzchni nawet 6–10 μm i drobniejszych), możliwość jednoczesnej obróbki wielu przedmiotów (w zależności od wielkości, nawet 150 szt. – w kilka minut) oraz automatyczny załadunek i wyładunek przedmiotów (w czasie zwykle krótszym niż minuta). Główną wadą tej metody obróbki wykończeniowej jest większy przyrost temperatury w obszarze skrawania. Przeważają jednak (w stosunku do tradycyjnego docierania) zalety: zwiększona wydajność obróbki, porównywalne z docieraniem parametry chropowatości powierzchni i dokładność wymiarowo-kształtowa, możliwość stosowania bezpośrednio po obróbce kształtującej (niekiedy i po obróbce zgrubnej), niższe koszty utylizacji mediów technologicznych i znacząco mniejsze ilości odpadów w procesie, zamknięty obieg środków smarująco-chłodzących, mniejsze nakłady związane z oczyszczaniem obrobionych przedmiotów, potencjalnie duże możliwości automatyzacji układu wykonawczego, możliwość kompensacji zużycia tarcz roboczych i porównywalny zakres obrabianych materiałów [3].

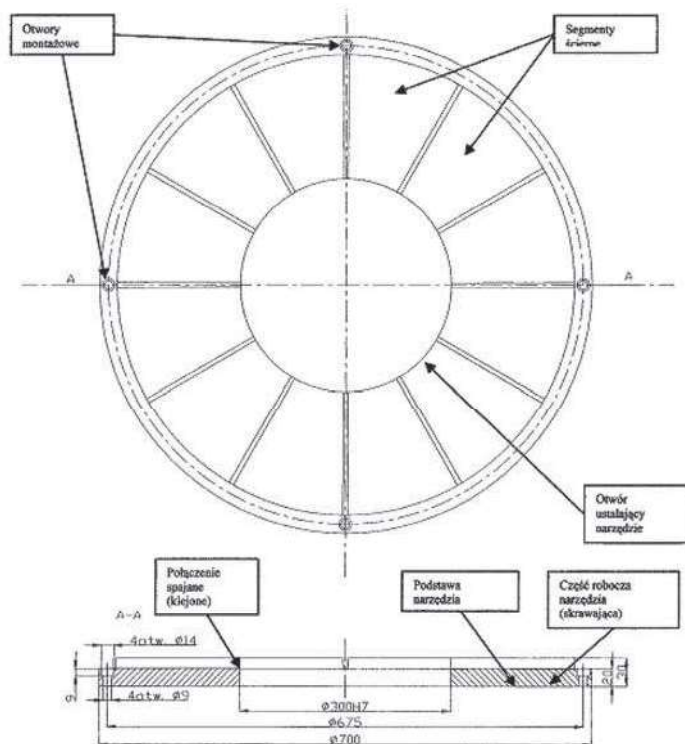
Biorąc pod uwagę stosunkowo duże koszty wykonania narzędzi jednolitych, szczególnie tarcz o większych średnicach zewnętrznych, intensywnie prowadzone są prace nad konstrukcjami modułowymi. Głównym celem artykułu jest zatem omówienie niektórych rozwiązań budowy takich narzędzi, przeznaczonych dla docierarek tarczowych.

Wybrane konstrukcje narzędzi

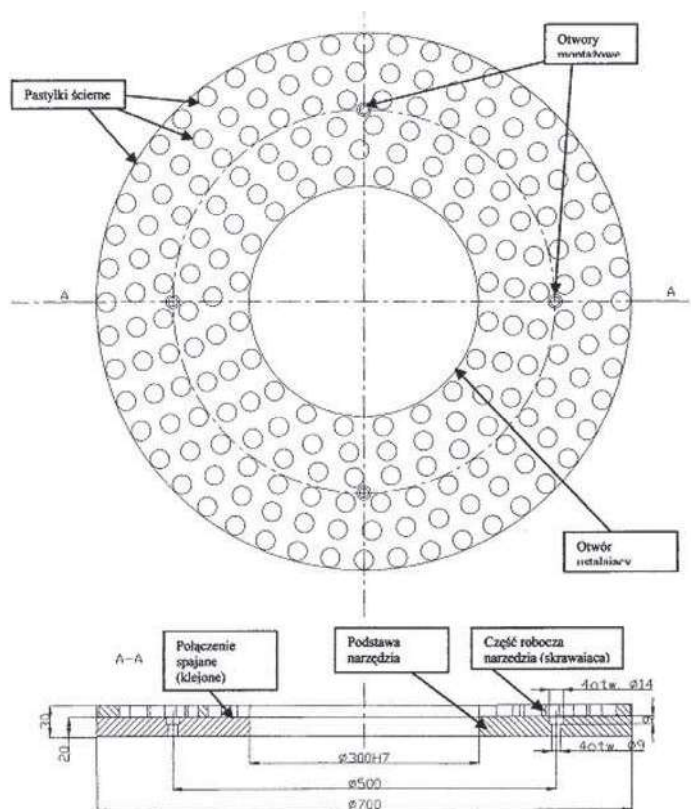
Przykład I

W przypadku klejonych narzędzi segmentowych, poszczególne konstrukcje różnić się mogą

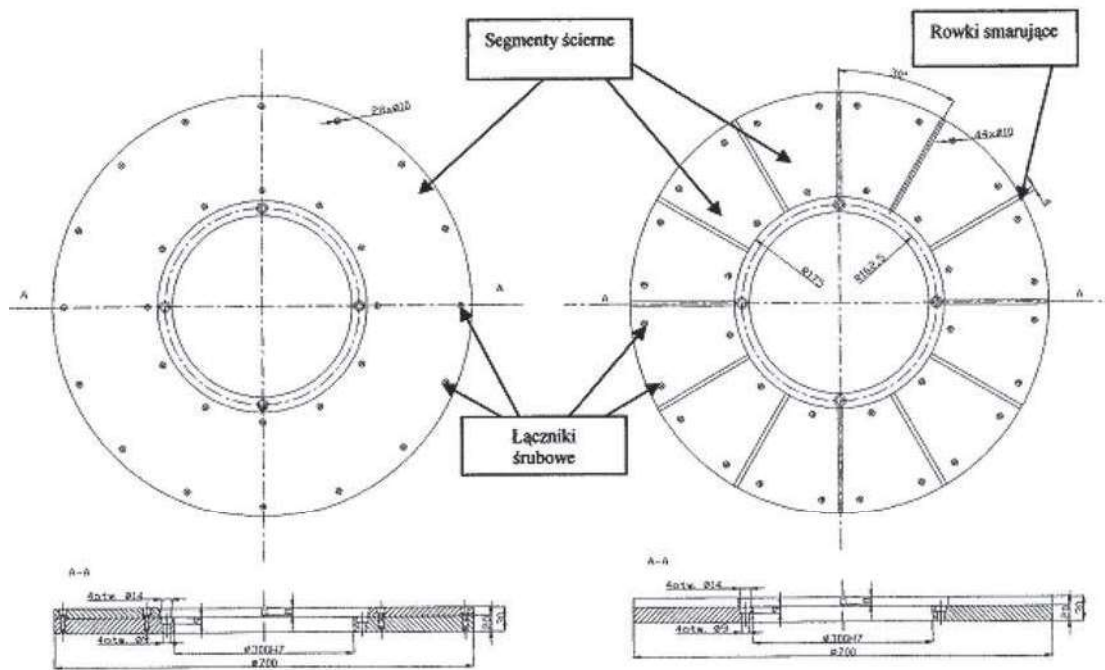
rozłożeniem elementów mocujących tarczę roboczą z jej korpusem nośnym [21]. Otwory mocujące mogą wystąpić na średnicy wewnętrznej lub wewnętrznej (rys. 1), zaś w przypadku kołowych pastylek (tabletek) ściernych – także na średnim promieniu części roboczej (rys. 2).



Rys. 1. Narzędzie klejone – koncepcja A
Fig. 1. Adhesived tools – version A



Rys. 2. Narzędzie klejone – koncepcja B
Fig. 2. Adhesived tools – version B

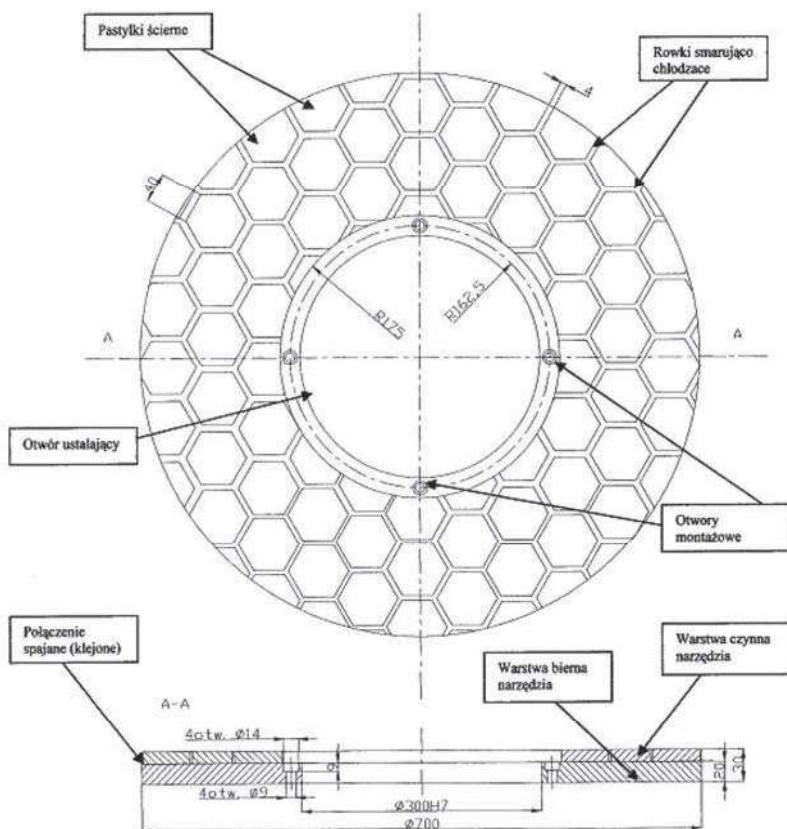


Rys. 3. Narzędzie jednolite i segmentowe – koncepcja C
Fig. 3. Uniform and segment tool – version C

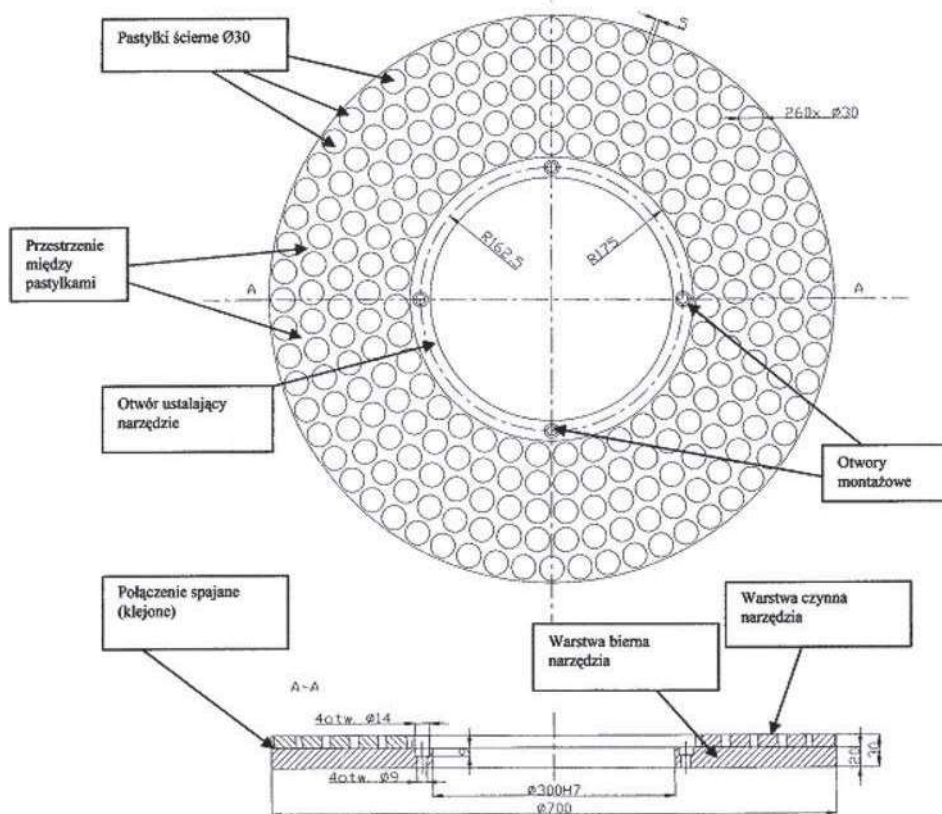
W narzędziach o większych wymiarach gabarytowych, oprócz konstrukcji jednolitej możliwe jest wykorzystanie segmentów ściernych połączonych śrubowo z tarczą nośną (rys. 3). Ułatwione jest wówczas odpowiednie (promieniowe) rowkowanie narzędzia.

Możliwe są też płaskie segmenty sześciokątne (rys. 4) lub kołowe (rys. 5), klejone do tarczy nośnej.

Przykładowo, w przypadku występowania w narzędziu 236 klejonych (żywicą syntetyczną – Epidian Parbond 400 o lepkości ok. 70 tys. cps) ściernych pastylek



Rys. 4. Pastylki ścierny sześciokątne – narzędzie segmentowe (koncepcja D)
Fig. 4. Hexagonal abrasive pellets – segment tool (version D)

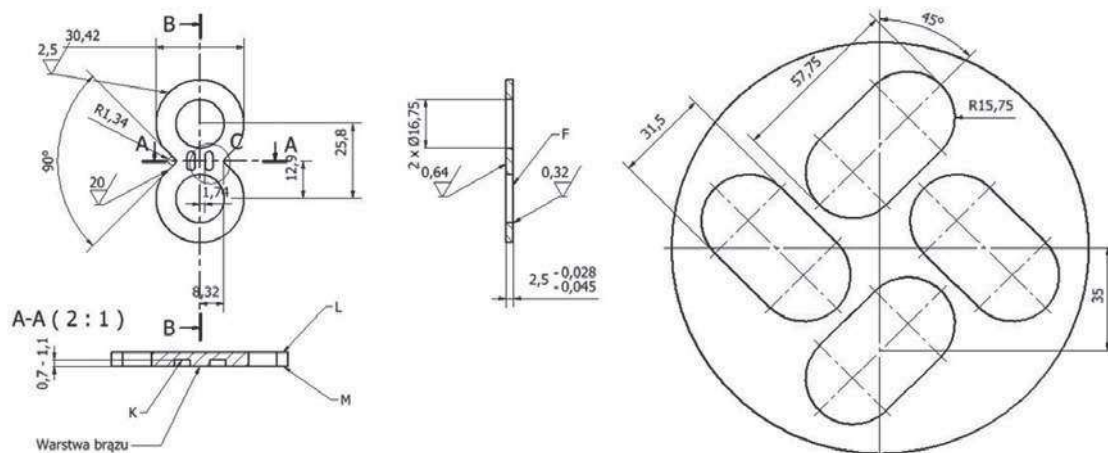


Rys. 5. Pastylki ścieme kołowe – narzędzie segmentowe (konceptja E)
 Fig. 5. Circular abrasive pellets – segment tool (version E)

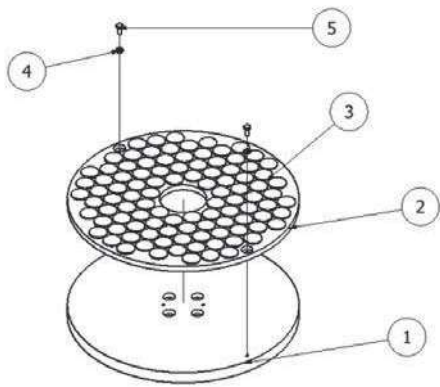
kołowych (z CBN o średniej wielkości ziaren 26–30 μm) o średnicy 30 mm i wysokości 10 mm (o łącznej powierzchni 1667,34 cm^2), rozmieszczonych równomiernie (w odstępach co 5 mm) na tarczy nośnej ze stali S235JR o średnicy zewnętrznej 700 mm (o średnicy wewnętrznej 300 mm i grubości 20 mm), sumaryczna masa narzędzia tarczowego wynosi ok. 50 kg, zaś łączny czas uzyskania połączenia tabletek ściernych z podłożem stalowym to ok. 6 godz.

Przykład II

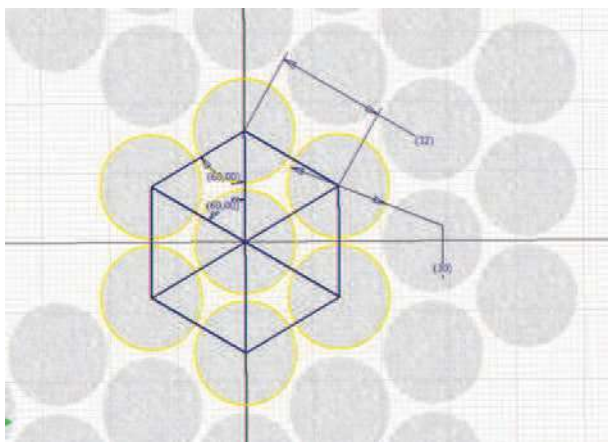
Również w przypadku docierarki jednotarczowej o zewnętrznej średnicy narzędzia 381 mm (średnica wewnętrzna 178 mm, średnica wewnętrzna trzech pierścieni prowadzących 140 mm) możliwe jest przeprowadzenie, przykładowo, jednoczesnej obróbki 12 elementów bimetalowych (rys. 6) – warstwa brązu na podłożu stalowym [6]. Z uwagi na możliwość szkodliwego skażenia



Rys. 6. Element obrabiany i konstrukcja separatora
 Fig. 6. Workpiece and separator construction



Rys. 7. Konstrukcja narzędzia – wersja 1
Fig. 7. Tool design – version 1

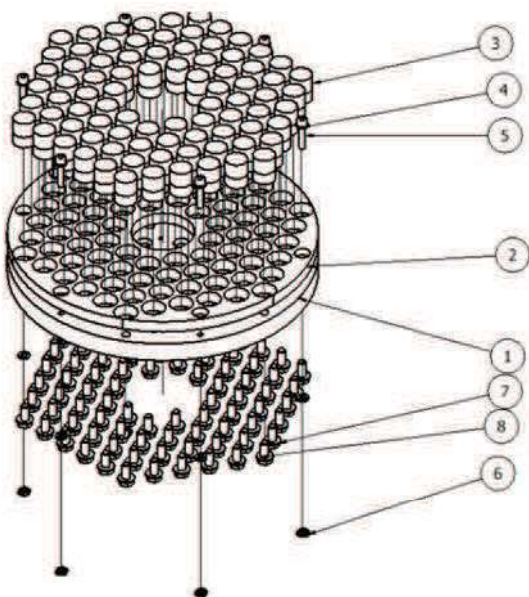


Rys. 8. Rozmieszczenie wkładek ściernych – wersja 1
Fig. 8. Deployment of abrasive pellets – version 1

powierzchni mikroziarnami ściernymi w docieraniu konwencjonalnym (przy dawkowaniu kropłowym zawiesiny ścierniej), zastosowano obróbkę ściernicami składanymi.

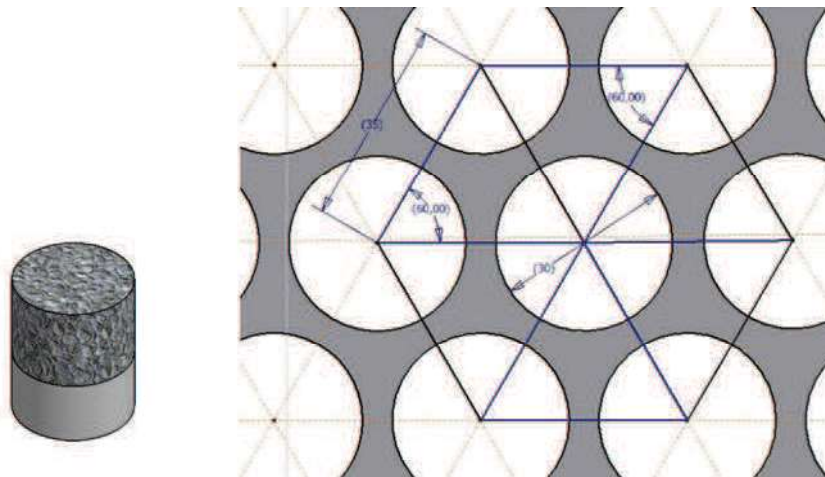
Opracowano trzy wersje konstrukcyjne narzędzi tarczowych. Wersja 1 (rys. 7) składa się z minimalnej liczby elementów. Na tarczy nośnej 1 umieszczona jest wymienna tarcza 2 z segmentami ściernymi 3. Rozwiązanie to nie przewiduje regulacji wysunięcia wkładek 3 ponad powierzchnię czołową tarczy 2. Całość skręcona jest śrubami 5 (przez podkładki 4). Wkładki ściernie o średnicy 28 mm i wysokości 4 mm przyklejone są do tarczy nośnej, a ich minimalny odstęp wynosi 2 mm (rys. 8). W ten sposób 102 wkładki ściernie stanowią łączną koncentrację powierzchniową na poziomie 67% powierzchni czynnej narzędzia.

W przypadku wersji przedstawionej na rys. 9, 84 wkładki ściernie 3 (przyklejone do obsady – rys. 10)

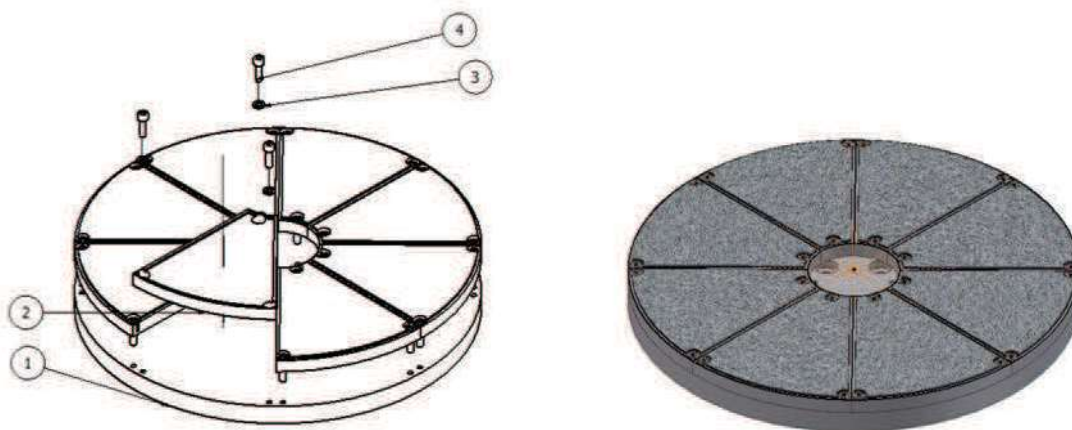


Rys. 9. Konstrukcja narzędzia – wersja 2
Fig. 9. Tool design – version 2





Rys. 10. Rozmieszczenie wkładek ściernych – wersja 2
Fig. 10. Deployment of abrasive pellets – version 2



Rys. 11. Konstrukcja narzędzia – wersja 3
Fig. 11. Tool design – version 3

zamocowane są śrubami 8 (przez podkładki 7) do tarczy nośnej 1 (koncentracja powierzchniowa 53%). Obracając śrubami 5 (z użyciem przeciwnakrętki 6 i podkładki 4) możliwa jest regulacja wysunięcia wkładek ściernych ponad tarczę górną 2. Regulacja wysunięcia wkładek lub ich wymiana na inne odbywa się bez konieczności demontażu narzędzia z obrabiarki.

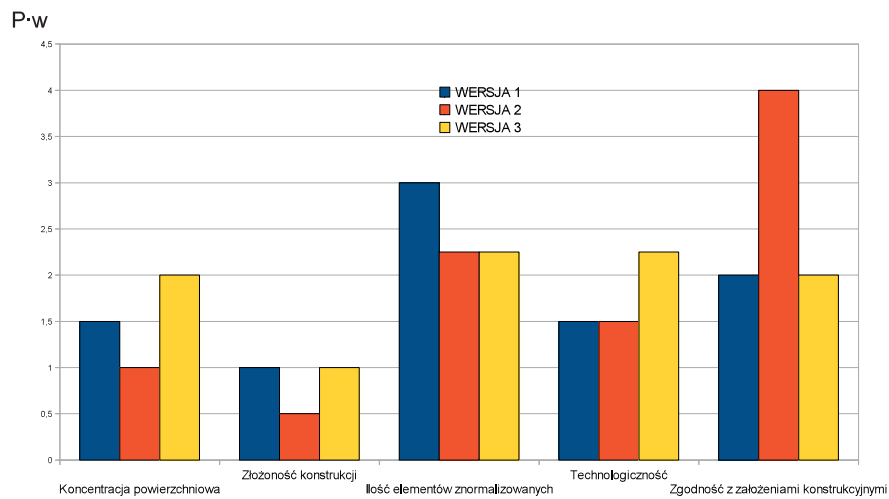
W wersji 3 narzędzia (rys. 11) zastosowano osiem wymiennych płaskich segmentów ściernych 2 (udział części czynnej 87%) skręconych z korpusem 1 śrubami 4 (przez podkładki 3) – podobnie jak w narzędziu składanym o średnicy 700 mm (rys. 3). Odstęp między segmentami wynosi 6 mm.

Analizując opracowane wersje konstrukcyjne narzędzi (1, 2 i 3) przyjęto cztery poziomy oceny P: 4 – bardzo dobry, 3 – dobry, 2 – zadowalający, 1 – błędny. Piętnaście kryteriów szczegółowych (z uwzględnieniem założonego wskaźnika ważności w) dotyczyło aspektów projektowo-technologicznych: koncentracja powierzchniowa

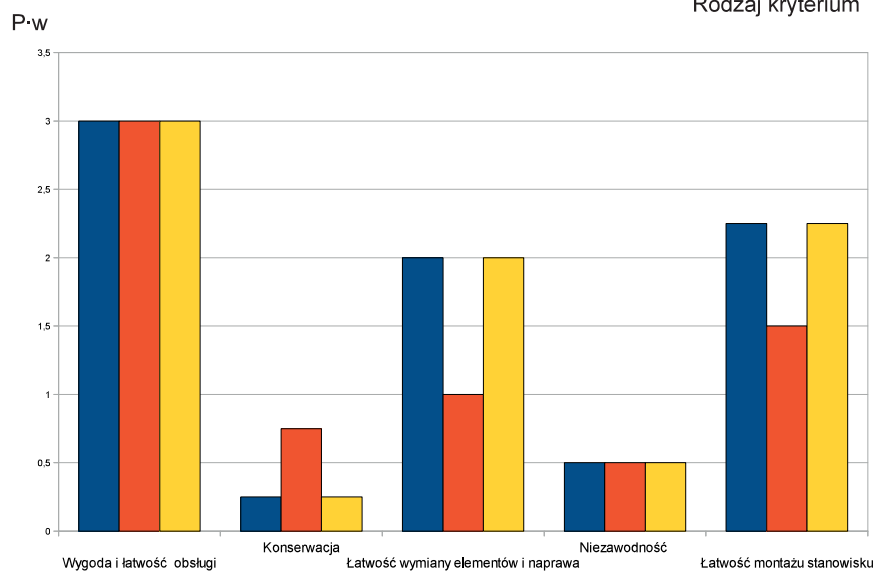
wkładek ściernych ($w=0,5$), ogólna złożoność konstrukcji narzędzia ($w=0,25$), liczba składowych elementów znormalizowanych ($w=0,75$), technologiczność konstrukcji ($w=0,75$), zgodność z założeniami przyjętymi przed projektowaniem ($w=1$) oraz cech użytkowych: łatwość obsługi ($w=0,75$), dogodność konserwacji ($w=0,25$), łatwość wymiany wkładek i naprawy ($w=0,5$), niezawodność działania ($w=0,25$), łatwość montażu na stanowisku roboczym ($w=0,75$), możliwość regulacji wysunięcia wkładek ściernych ($w=0,75$), wielofunkcyjność obróbkowa ($w=0,5$), koszty eksploatacyjne ($w=0,5$), czas przygotowania do pracy ($w=0,5$) i „czystość” w obsłudze ($w=0,25$). Wyniki oceny przedstawiono na rys. 12.

Podsumowanie

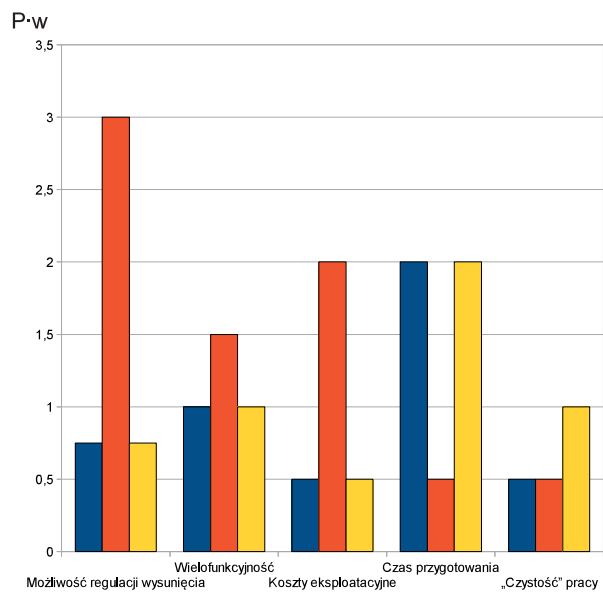
Mikroszlifowanie powierzchni płaskich na docierarkach tarczowych wymaga spełnienia określonych warunków materiałowych, kinematycznych i technologicznych



Rodzaj kryterium



Rodzaj kryterium



Rodzaj kryterium

Rys. 12. Ocena punktowa (P-w) konstrukcji (wersja narzędzia 1, 2 i 3)
 Fig. 12. Point assessment (P-w) of tools' design (versions 1, 2 and 3)

[3]. W przypadku narzędzi jednolitych, mikroziarna powinny być równomiernie rozmieszczone w spoiwie. Dla ściernic o dużych wymiarach (o średnicach od 700 do 2000 mm) jest to wymóg technologicznie trudny do spełnienia. Wprowadzenie konstrukcji składanych znacznie upraszcza ten proces. Jak wykazały przytoczone powyżej przykłady, szczegółowych rozwiązań budowy takich narzędzi modułowych może być wiele. Przykład konstrukcyjny z możliwością regulacji wysunięcia ponad korpus narzędzia okazał się najkorzystniejszy (wersja 2 – rys. 9). Jego sumaryczna ocena punktowa jest na poziomie 23,5, zaś kolejne to: wersja 3 (22,75 pkt.) i wersja 1 (21,75 pkt.), a więc uzyskano zbliżone wyniki oceny – przy przyjętych kryteriach uniwersalnych.

Warto podkreślić wielokrotność użycia tego typu narzędzi modułowych, jak również możliwość takiego usytuowania wkładek ściernych, względem powierzchni tarczy metalowej (powierzchnia czynna narzędzia tworzy jedną płaszczyznę), aby istniały warunki do dodatkowego wykorzystania zdolności skrawnych ziaren ściernych, które po wykruszeniu z kołowej tabletki zbroją powierzchnię części żeliwnej narzędzia. Pewną wadą modułowych narzędzi ściernych, wykorzystywanych na docierarkach tarczowych, jest ich podwyższony poziom hałasu. Prace nad tą tematyką będą kontynuowane z uwzględnieniem takiego rozmieszczenia wymiennych wkładek ściernych, aby możliwa była poprawa w utrzymywaniu płaskości powierzchni narzędzia (ograniczenie wyrównywania) i właściwego usuwania produktów obróbki.

LITERATURA

- [1] Ardelt Th. 2001. „Belastung der Schleifscheiben beim Planschleifen mit Planetenkinematik”. *IDR* (2): 116–124.
- [2] Bakoń A., A. Barylski. 2017. „Ziarna i mikroziarna diamentowe. Rodzaje ścierniwi i przykłady zastosowania”. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.
- [3] Barylski A. 2013. „Obróbka powierzchni płaskich na docierarkach”. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.
- [4] Barylski A. 2016. „Połączenia konstrukcyjne w narzędziach tarczowych do szlifowania na docierarkach”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (3): 35–39.
- [5] Barylski A. 2014. „Docieranie powierzchni płaskich w operacjach montażowych”. *Technologia i Automatykacja Montażu* (3): 50–54.
- [6] Guz M. 2011. „Konstrukcja narzędzia składanego do mikroszlifowania powierzchni płaskich”. Prowadzący pracę A. Barylski.
- [7] Materiały informacyjne firmy Engis.
- [8] Materiały informacyjne firmy SpeedFam.
- [9] Materiały informacyjne firmy Mitsunaga.
- [10] Materiały informacyjne firmy Peter Wolters.
- [11] Materiały informacyjne firmy PR Hoffmann.
- [12] Materiały informacyjne firmy Hamai.
- [13] Materiały informacyjne firmy Hahn u. Kolb.
- [14] Materiały informacyjne firmy Spitfire.
- [15] Materiały informacyjne firmy Lapmaster.
- [16] Materiały informacyjne firmy Stähli.
- [17] Materiały informacyjne firmy Fujikoski.
- [18] Materiały informacyjne firmy Dae Chang.
- [19] Materiały informacyjne firmy Hygrade Precision Technologies Inc.
- [20] Materiały informacyjne firmy PTG Precision Technology Group.
- [21] Pędziwilk M. 2007. „Konstrukcja i technologia narzędzi tarczowych do mikroszlifowania powierzchni płaskich”. Prowadzący pracę A. Barylski.
- [22] Stähli A.W. 2000. „Flat honing with diamond or CBN grinding discs”. *IDR* (1): 9–13.

prof. dr hab. inż. Adam Barylski, prof. zw. PG – Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, e-mail: abarylsk@pg.edu.pl