

Budowa, zastosowanie i wytwarzanie diamentowych obciągaczy wirujących

MARCIN GOŁĄBCZAK, ANDRZEJ GOŁĄBCZAK*

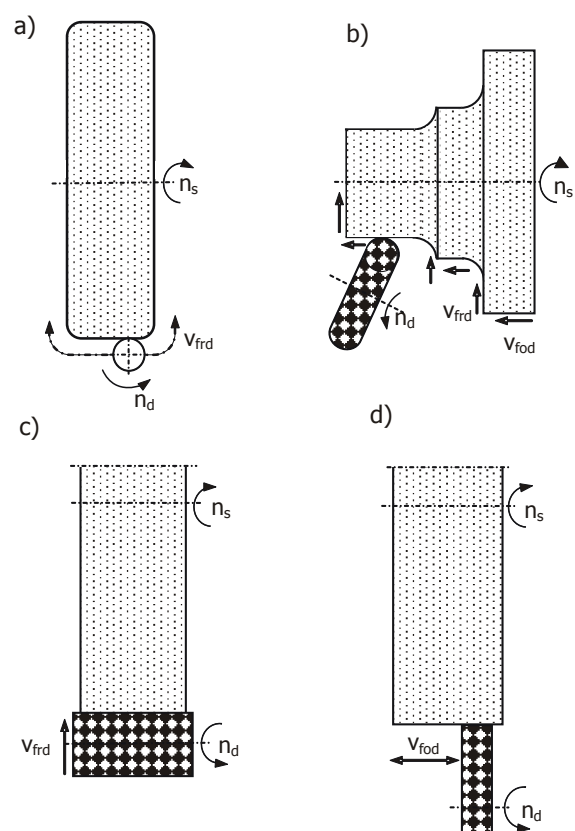
Obciąganie ściernic diamentowymi obciągaczami wirującymi staje się obecnie podstawowym sposobem kształtowania właściwości skrawnych czynnej powierzchni ściernic (CPS). Ten sposób obciągania umożliwia profilowanie, ostrzenia i czyszczenie czynnej powierzchni ściernicy (CPS) z produktów szlifowania, a szczególnie przydatnym jest do kształtowania tej powierzchni w produkcji wielkoseryjnej, masowej i szlifowaniu szybkościowym. W artykule przedstawiono zalety tego sposobu obciągania ściernic w porównaniu do innych sposobów obciągania, np. diamentowymi obciągaczami ostrzowymi, wygniatania twardą rolką, obciągania wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną itp.

1. Charakterystyka procesu obciągania ściernic obciągaczami wirującymi

Obciąganie ściernic diamentowymi obciągaczami wirującymi to obecnie podstawowy sposób kształtowania właściwości skrawnych czynnej powierzchni ściernic (CPS), umożliwiający profilowanie, ostrzenia i czyszczenie tej powierzchni z produktów szlifowania. Jest on szczególnie przydatny do kształtowania CPS w produkcji wielkoseryjnej, masowej i przy szlifowaniu szybkościowym. W porównaniu do innych sposobów obciągania, np. diamentowymi obciągaczami ostrzowymi, wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną lub wygniatania twardą rolką, sposób ten posiada wiele zalet, m.in. [1, 4, 4, 7, 8]:

- duża powtarzalność wyników obciągania CPS i szlifowania,
- łatwość automatyzacji procesu obciągania CPS i szlifowania,
- skrócenie czasu zabiegu obciągania CPS,
- możliwość kształtowania złożonych zarysów profilu czynnego CPS,
- długi okres trwałości obciągaczy wirujących.

Barierą ograniczającą stosowanie tego atrakcyjnego sposobu obciągania ściernic w przemyśle jest jednak duży koszt obciągaczy wirujących oraz konieczność stosowania dodatkowego wyposażenia szlifierek w zespoły obciągające, posiadające własny napęd wrzeciona obciągacza wirującego. Konstrukcja zespołów obciągających powinna być dostosowana do poszczególnych odmian szlifowania i typów szlifierek [1].



Rys. 1. Kinematyczne odmiany obciągania obciągaczami wirującymi: a) obciąganie kopiowe, b) obciąganie kształtowe ze sterowaniem CNC, c) obciąganie wgłębne, d) obciąganie z posuwem osiowym

* Dr hab. inż. Marcin Gołąbczak, prof. uczelni, Politechnika Łódzka, Instytut Obrabiarek i TBM, e-mail: marcin.golabczak@p.lodz.pl, prof. dr hab. inż. Andrzej Gołąbczak, Państwowa Uczelnia Zawodowa we Włocławku.

Istotnymi wymaganiami poprawnej konstrukcji zespołów obciążających są, m.in.: właściwa lokalizacja tych zespołów na szlifierce (nie powinna ograniczać roboczej strefy szlifowania i utrudniać obsługi szlifierki), duża sztywność wrzeciona obciążacza wirującego, duża dokładność geometryczna powierzchni ustalających oraz indywidualny napęd wrzeciona obciążacza wykluczający zjawisko interferencji obrotów wirującego obciążacza i ściernicy [6].

Obciążanie ściernic diamentowymi obciążaczami wirującymi realizowane jest w różnych odmianach kinematycznych, których przykłady przedstawiono na rysunku 1. Wraz z rozwojem szlifierek sterowanych numerycznie upowszechniło się obciążanie „wąskimi” obciążaczami, których tor przemieszczeń względem ściernicy sterowany jest układem CNC (rys. 1b).

Biorąc pod uwagę zwroty prędkości obwodowej ściernicy i wirującego obciążacza, wyróżnia się obciążanie przeciwbieżne i współbieżne (rys. 2). Wzajemne relacje pomiędzy prędkością ściernicy i obciążacza w tych odmianach obciążania zilustrowano na rysunku 3. Bardzo ważną wielkością w tych procesach obciążania jest wartość parametru q_o , określonego ilorazem (1):

$$q_o = \frac{v_o}{v_s} \quad (1)$$

Dla obciążania współbieżnego iloraz q_o przyjmuje wartości dodatnie, natomiast dla obciążania przeciwbieżnego wartości ujemne (rys. 3). Należy podkreślić, że wartości ilorazu q_o decydują o prędkości obciążania oraz stanie ukształtowanej w tym procesie makro- i mikrogeometrii CPS.

Przykładowe wyniki badań ilustrujące wpływ ilorazu q_o na wybrane parametry oceny CPS w procesie współbieżnego i przeciwbieżnego obciążania przedstawiono na rysunku 4. Zalecane zakresy wartości ilorazu q_o wynoszą odpowiednio [1, 5, 7, 8]:

– dla obciążania współbieżnego

$$0,4 \leq q_o \leq 0,8$$

– dla obciążania przeciwbieżnego

$$-0,8 \leq q_o \leq -0,3$$

Istotnym parametrem procesu obciążania obciążaczami wirującymi jest także dosuw obciążacza do ściernicy, a zalecane wartości tego parametru wynoszą [1, 7, 8]:

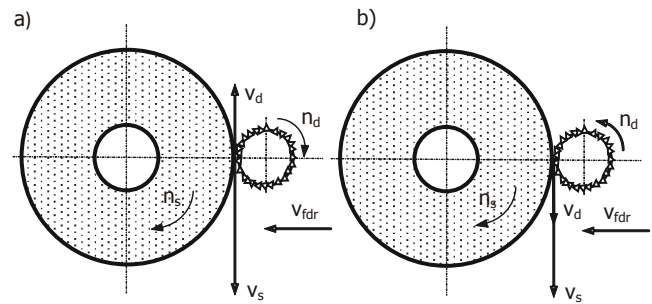
$0,2 \div 6 \mu\text{m}$ na obrót ściernicy – przy obciążaniu wgłębnym,

$1 \div 200 \mu\text{m}$ – przy obciążaniu z posuwem osiowym.

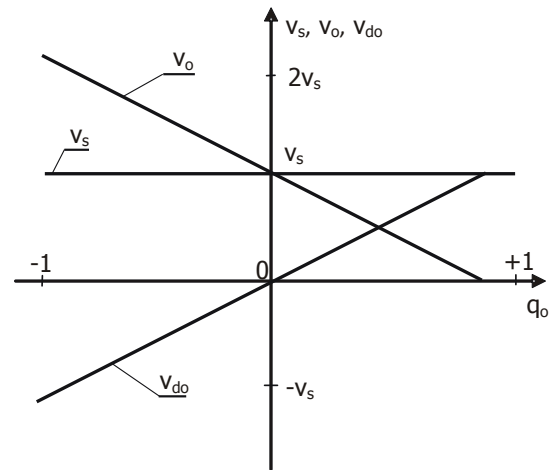
Mniejsze wartości dosuwu odnoszą się do obciążania wykończeniowego i obciążania ściernic ze ścierniw CBN, natomiast większe wartości dla obciążania zgrubnego.

2. Budowa i zastosowanie diamentowych obciążaczy wirujących

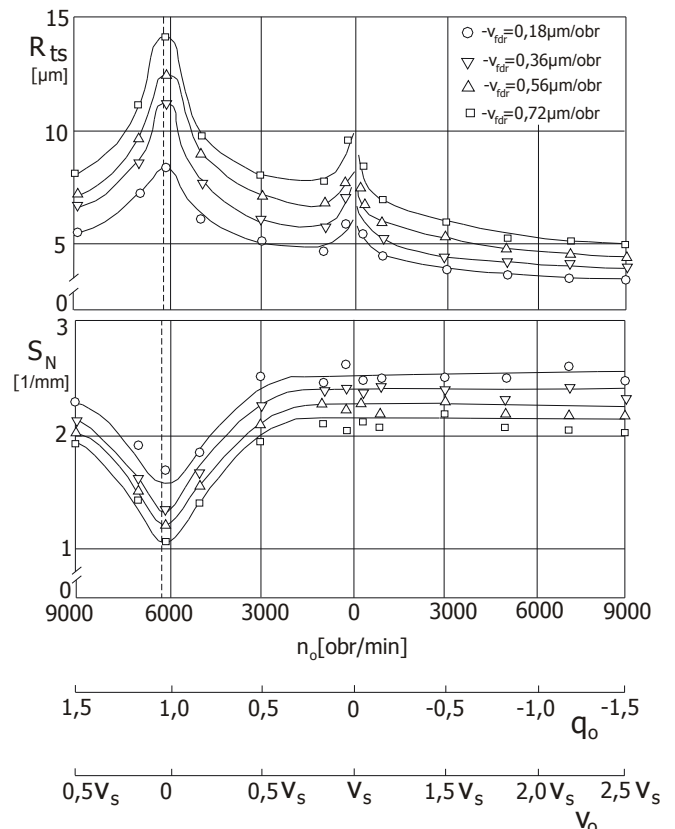
Obciążacze wirujące należą do bardzo precyzyjnych i kosztownych narzędzi ściernych, a ich produkcja wymaga zastosowania złożonej technologii. Użytkową przydatność obciążaczy wirujących charakteryzują następujące cechy [1, 5, 7, 9]:



Rys. 2. Kinematyka obciążania przeciwbieżnego (a) i współbieżnego (b)



Rys. 3. Zależność prędkości obwodowych obciążacza – v_d , prędkości obciążania – v_o od ilorazu – q_o , przy stałej prędkości ściernicy – v_s



Rys. 4. Wpływ ilorazu prędkości – q_o i posuwu obciążania – v_o na wybrane parametry oceny CPS; R_{ts} – chropowatości CPS, S_N – licznosc ostrzy statycznych [1, 6]

- ziarnistość diamentów, która określa charakterystyczny wymiar ziarna (do wytwarzania obciągaczy stosuje się selekcjonowane ziarna diamentu o wymiarach od $300 \div 1118 \mu\text{m}$),
- koncentracja ziarna diamentowego wyrażona w karatach na jednostkę objętości, która wynosi od $2 \div 8 \text{ kr/cm}^3$,
- dokładność wykonania otworu osadczego obciągacza, zawierająca się w klasie H3 \div H4,
- odchyłki bicia czołowego i promieniowego czynnej powierzchni obciągacza (CPO), wynoszące $2 \div 4 \mu\text{m}$,
- odchyłki kształtu profilu CPO, wynoszące $2 \div 5 \mu\text{m}$.

Diamentowe obciągacze wirujące wytwarzane są w postaci szerokich lub wąskich rolek jednoprofilowych i wieloprofilo-

wych oraz zespołów obciągaczy. Wybrane przykłady rozwiązań konstrukcyjnych obciągaczy wirujących oferowanych przez producentów przedstawiono na rysunku 5.

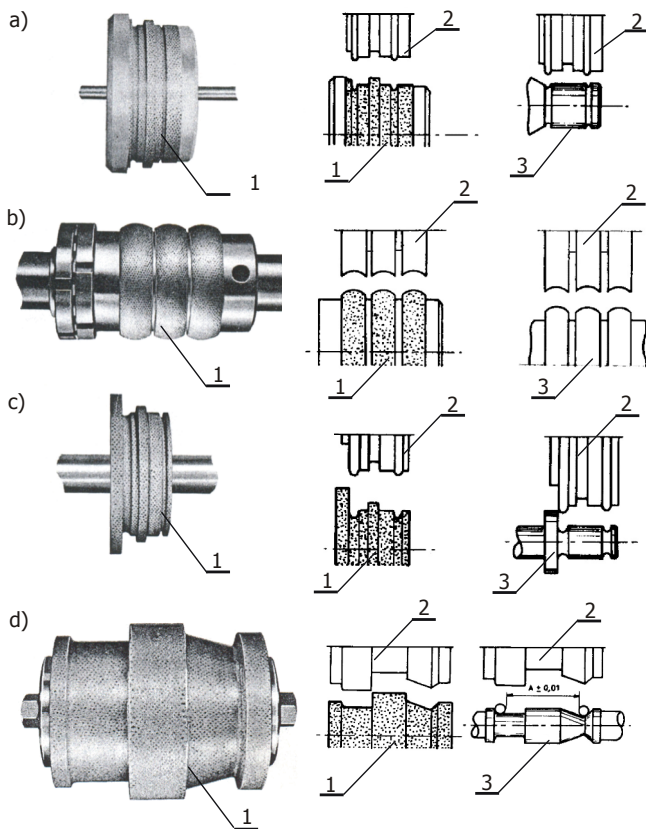
Przykłady zastosowania wieloprofilowych obciągaczy wirujących stosowanych do realizacji wielozabiegowych operacji szlifierskich przedstawiono na rysunku 6.

3. Metody wytwarzania obciągaczy wirujących

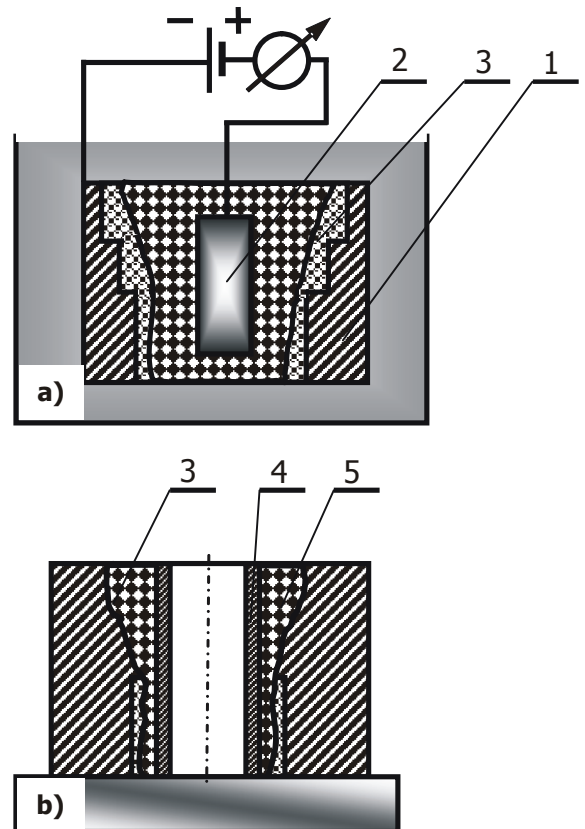
Istotnym problemem w procesie wytwarzania obciągaczy wirujących jest zapewnienie wysokiej dokładności kształtowo-wymiarowej, prawidłowego rozmieszczenia ziaren diamentu na czynnej powierzchni obciągacza (CPO) oraz ich utwierdzenie metalowym spoiwem. Czołowi wytwórcy diamento-



Rys. 5. Przykłady diamentowych obciągaczy wirujących [7]: a) obciągacz wąski do profilowego obciągania ściernic na szlifierkach CNC, b) obciągacz wąski do obciągania ściernic do kół zębatach, c) obciągacz szeroki do obciągania ściernic do skośnego szlifowania wałków, d) i e) obciągacze szerokie do obciągania ściernic do łożysk, f) zespół obciągaczy wirujących do obciągania ściernic do zaworów silnikowych, g) zespół obciągaczy wirujących do obciągania ściernic do szlifowania kształtowego wałków wielostopniowych



Rys. 6. Przykłady zastosowania wieloprofilowych zespołów obciążaczy wirujących do realizacji wielozabiegowych operacji szlifowania wgłębnego [1, 7]: a) i c) szlifowanie powierzchni walcowych i rowków pierścieni sprężystych, b) szlifowanie kształtowych bieżni łożyskowych, d) szlifowanie wieloprofilowych powierzchni walcowych; 1 – obciążacz wirujący, 2 – ściernica, 3 – przedmiot szlifowany



Rys. 7. Schemat wytwarzania obciążaczy wirujących systemem negatywnym (odwrotnym): a) osadzanie ziaren diamentowych w matrycy, b) łączenie warstwy diamentowej z korpusem obciążacza; 1 – korpus matrycy, 2 – anoda, 3 – warstwa ziaren diamentowych i spoiwa metalowego, 4 – korpus obciążacza, 5 – materiał łączący

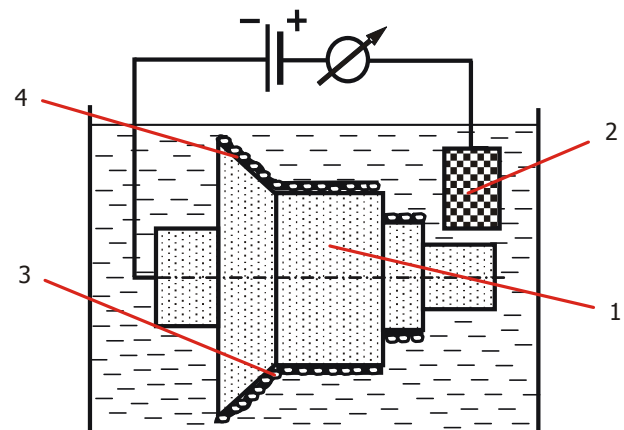
wych obciążaczy wirujących stosują własne technologie, które ze względów konkurencyjnych nie są ujawniane. Analiza dostępnych publikacji oraz prace własne, dotyczące wytwarzania obciążaczy wirujących, wskazują na dwa podstawowe systemy odwzorowania zarysu CPO, a mianowicie: system negatywny (odwrotny) i pozytywny (bezpośredni) [1, 5, 7].

System negatywny, przedstawiony na rysunku 7, polega na zastosowaniu specjalnej matrycy odwzorowującej zarys CPO oraz jej wypełnieniu ziarnami diamentowymi i sproszkowanym spoiwem metalowym, którą następnie poddaje się spiekaniu. Kolejną operacją jest połączenie wytworzonej warstwy ściernej z korpusem obciążacza za pomocą niskotopliwego spoiwa (metal lub innego tworzywa (rys. 7b)). Końcową operacją jest usunięcie materiału matrycy poprzez jej wytopienie lub obróbkę mechaniczną oraz tzw. „otwieranie” CPO obróbką docierania.

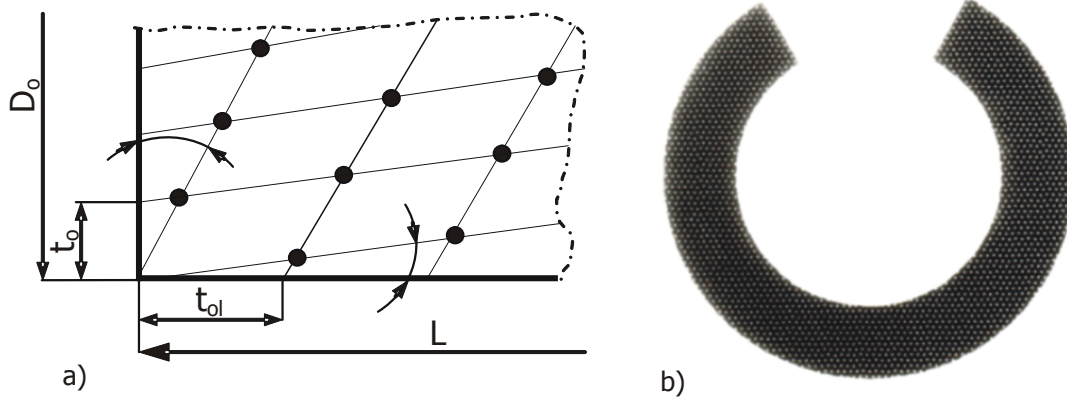
System negatywny umożliwia wytwarzanie obciążaczy o losowym lub geometrycznie uporządkowanym (poprzez ręczne klejenie ziaren do powierzchni matrycy) rozmieszczeniu ziaren diamentu na CPO. Dokładność kształtowo-wymiarowa obciążaczy wirujących wytworzonych tym sposobem zależy od odchyłek wykonania matrycy i korpusu obciążacza.

System pozytywny polega na bezpośrednim umocowaniu ziaren diamentu do korpusu obciążacza spoiwem metalowym nakładanym elektrolitycznie (rys. 8). Również i w tym systemie możliwym jest wytworzenie obciążaczy o losowym

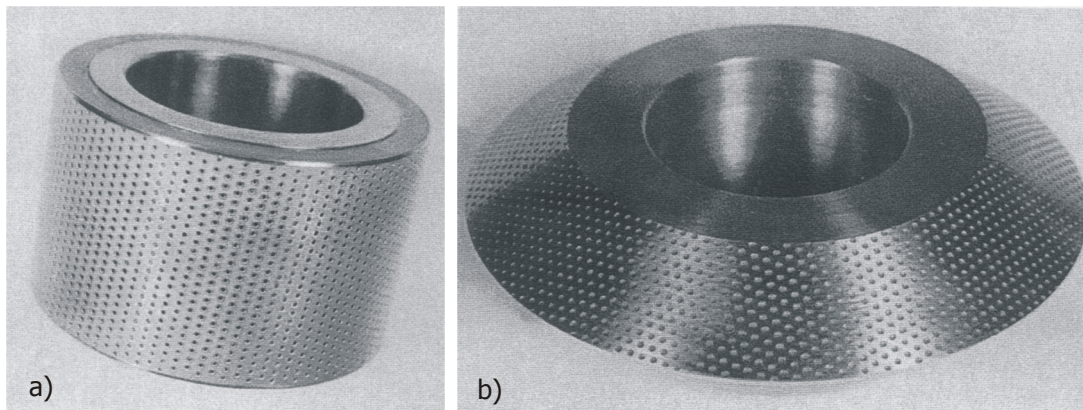
lub geometrycznie uporządkowanym (po wcześniejszym, ręcznym ich klejeniu) rozmieszczeniu ziaren diamentowych na CPO. Dokładność kształtowo-wymiarowa obciążaczy wirujących wytworzonych w tym systemie jest zdeterminowana tolerancją wykonania korpusu obciążacza i wymiarami ziaren diamentu. Pozytywny system wytwarzania obciążaczy wydaje się ekonomiczniejszy, w porównaniu do systemu negatywnego.



Rys. 8. Schemat wytwarzania obciążaczy wirujących systemem pozytywnym (bezpośrednim): 1 – korpus obciążacza, 2 – anoda, 3 – warstwa ziaren diamentowych, 4 – metalowe spoiwo

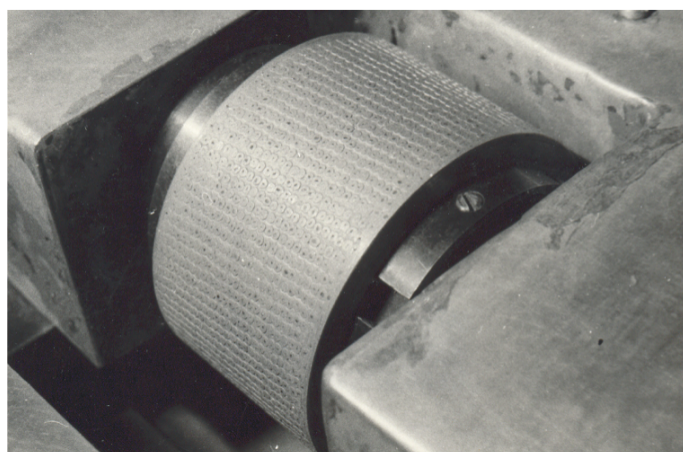


Rys. 9. Rozwinięcie obrazu komputerowego rozmieszczenia gniazd osadczych na CPO obciągacza walcowego (a), obraz pozytywy rozmieszczenia gniazd osadczych na CPO ostrokątnego obciągacza krążkowego (b); L – długość tworzącej obciągacza, t_{o1} – podziałka osiowa, t_o – podziałka obwodowa, α i β – kąty pochylecia linii położenia gniazd osadczych na CPO



Rys. 10. Widok korpusów obciągaczy z gniazdami osadczymi wykonanymi metodą elektrochemiczną systemem pozytywowym: a) obciągacz walcowy, b) obciągacz ostrokątny

Oryginalną metodę wytwarzania obciągaczy wirujących, będącą odmianą systemu pozytywowego, opracowano w Politechnice Łódzkiej [1, 3, 4]. Polega ona na elektrochemicznym wykonaniu gniazd osadczych na powierzchni czynnej obciągacza wirującego, w które następnie wklejane są (klejem przewodzącym prąd) ziarna diamentu.



Rys. 11. Widok walcowego obciągacza wirującego wykonanego metodą elektrochemiczną systemem pozytywowym, zamocowanego na wrzecionie urządzenia obciągającego szlifiery do płaszczyzn

Proces wytwarzania obciągaczy wirujących tą metodą obejmuje następujące operacje:

- wykonanie metalowego korpusu obciągacza,
- wykonanie techniką komputerową obrazu pierwotnego matrycy rozmieszczenia ziaren diamentowych na CPO (rys. 9a), a następnie jej obrazu pozytywowego techniką fotograficzną (rys. 9b),
- utrwalenie obrazu matrycy na CPO. Operacja ta polega na pokrywaniu powierzchni warstwą światłoczułą, nałożeniu na nią matrycy, naświetlaniu CPO promieniowaniem UV i utrwaleniu na niej obrazu gniazd osadczych,
- elektrochemiczne trawienie gniazd osadczych na CPO. Widoczne na rysunku 10a,b) gniazda osadcze mają kształt czaszy kulistej o głębokości $0,14^{\pm 0,002}$ mm,
- klejenie ziaren diamentowych w gniazdach osadczych CPO,
- elektrochemiczne nakładanie metalowego spoiwa,
- „otwieranie” i korygowanie zarysu CPO obróbką docierania.

W oparciu o przedstawioną tu technologię wykonano dla potrzeb przemysłu prototypową serię diamentowych obciągaczy wirujących o zarysie walcowym i ostrokątnym, których przykłady ilustrują rysunki 10 i 11.



4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono budowę diamentowych obciążaczy wirujących oraz podano zasady doboru warunków obciążania ściernic.

Zaprezentowano odmiany konstrukcyjne produkowanych obciążaczy wirujących oraz podano przykłady ich zastosowania do kształtowania CPS ściernic do realizacji wielozabiegowych operacji szlifowania.

Opisano stosowane technologie wytwarzania diamentowych obciążaczy wirujących oraz przedstawiono oryginalną metodę wytwarzania obciążaczy wirujących systemem pozytywowym opracowaną w Politechnice Łódzkiej. Metoda ta polega na elektrochemicznym wykonaniu gniazd osadczycy o jednakowej głębokości pod ziarna diamentowe na czynnej powierzchni obciążacza wirującego. Jej wartość sprowadza się przede wszystkim do równomiernego rozłożenia ziaren diamentowych na czynnej powierzchni obciążacza oraz dużej dokładności obciążacza wirującego.

Literatura

1. Gołąbczak A.: Metody kształtowania właściwości użytkowych ściernic. Politechnika Łódzka, Monografia, 2004.
2. Gołąbczak A.: Selected Problems of Form Dressing of Grinding Wheels. *Advances in Manufacturing Science and Technology. Advances in Manufacturing Science and Technology*. vol. 26, 2002, pp. 19–38.
3. Gołąbczak A., Koziarski A.: Sposób wytwarzania diamentowych obciążaczy wirujących. Zgłoszenie patentowe PL nr: P 310821, P 310822.
4. Gołąbczak M., Gołąbczak A.: Electrodischarge and Electrochemical Dressing of Superhard Grinding Wheels. *Proceedings of XIIIth International Congress Machines, Technologies and Materials*, Bułgaria, 2016, vol. 2/188, pp. 6–9.
5. Jackson M. J., Davim J. P.: *Machining with Technology*. Springer 2010.
6. Kammermeyer S.: Better grinding results due to controlled dressing speed. *Industrial Production Engineering*, vol. 15, 1991, pp. 28–33.
7. Katalogi i prospekty firm: De Beers, Norton, Consort Precision Diamantes, Winter, General Electric, Unicorn International.
8. Murray T., Malkin S.: Effects of Rotary Dressing on Grinding Wheel Performance. *Transaction of the ASME*, vol. 100, 2001, pp. 297–302.
9. Pahlitzsch G., Schmitt R.: Einfluss des Abrichtens mit diamentbestückten Rollen auf die Feingestalt der Schleifscheiben Schneidflasche. *Werkstattstechnik*, vol. 43, 1988, pp. 35–40. ■