

# Monowarstwowe narzędzia diamentowe do obróbki ścierno-polerskiej

## Monolayer diamond tools for abrasive-polish processing

ANDRZEJ BAKOŃ  
ADAM BARYLSKI\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.290

Przedstawiono budowę, sposób wytwarzania i obszary zastosowania narzędzi diamentowych o budowie monowarstwowej. Taka budowa zapewnia bardziej efektywne wykorzystanie ostrzy diamentowych. Powierzchnia czynna narzędzia jest odwzorowaniem kształtu korpusu, co umożliwia szlifowanie przedmiotów o skomplikowanych kształtach.

**SŁOWA KLUCZOWE:** narzędzia diamentowe, obróbka ścierno-polerska, diamenty

*In the study were presented structure, manufacturing and fields of application of diamond tools for abrasive machining which are characterized monolayer structure. This structure enables more effective using of diamond blades. The active area of tool is copying the shape of its corps what enables grinding of objects about complicated shapes.*

**KEYWORDS:** diamond tools, abrasive-polish processing, diamonds

Monowarstwowe narzędzia diamentowe to specyficzna grupa narzędzi o budowie, której charakterystyczną cechą jest ułożenie ziaren diamentowych w pojedynczej warstwie – najczęściej na powierzchni korpusu narzędzia. W obróbce ścierno-polerskiej są one wykorzystywane jako narzędzia ściernicze (ściernice, pilniki, piły, wiertła, taśmy, krążki) oraz obciążacze (monowarstwowe, rolkowe, blokowe) [1].

Stosowanie ziaren ściernych w postaci monowarstwy ma wady i zalety [2]. Taki układ umożliwia uzyskanie większej liczby ostrzy na powierzchni czynnej narzędzia w porównaniu z narzędziami ściernymi z przestrzennie ułożonymi zianami (układ 3D – narzędzia ściernicze spojone). Powierzchnia czynna narzędzi monowarstwowych jest „ostrzejsza”, dlatego nadają się one zwłaszcza do obróbki materiałów kompozytowych. Najbardziej wydajne okazują się w przypadku obróbki przedmiotów z materiałów o różnych właściwościach fizykochemicznych, niejednorodnej budowie, złożonych z twardych włókien (układy typu żywica–włókna szklane/aramidowe/węglowe/metalowe) lub wtrąceń mineralnych (twarde ziarna tlenków i węglików, ceramika, grafit, skały). Takie ułożenie diamentów zapewnia większą odporność na ścieranie, dlatego sprawdza się w konstrukcjach obciążaczy.

Względna wydajność narzędzi monowarstwowych w momencie rozpoczęcia pracy jest większa w porównaniu z innymi narzędziami (z zachowaniem podobnych parametrów obróbki), jednak systematycznie spada wraz ze zużywaniem się ziaren. Z kolei narzędzia ściernicze spojone, mimo że początkowo mają niższą wydajność, zachowują ją przez znacznie dłuższy czas, a więc są lepszym rozwiązaniem, gdy zachodzi konieczność zeszlifowania

większej objętości materiału (np. w przypadku wycinania elementów izolacyjnych do bloków energetycznych, obróbki granitu).

Typowe sztywne korpusy, na które nakłada się monowarstwę diamentu, są wytwarzane z twardych stali stopowych lub węglików spiekanych. Narzędzie monowarstwowe po nałożeniu na jego korpus diamentu bardzo często jest gotowe do pracy bez potrzeby obciążania. Powierzchnia czynna narzędzia monowarstwowego jest odwzorowaniem kształtu jego korpusu, co umożliwia stosunkowo proste wytwarzanie różnorodnych, specjalnych narzędzi ścierno-polerskich do obróbki przedmiotów o bardzo skomplikowanych kształtach. Wytworzenie takiego narzędzia z zianami w układzie 3D wymaga dodatkowych operacji profilowania warstwy czynnej, co podwyższa koszty produkcji.

Inną grupę stanowią narzędzia monowarstwowe na korpusach elastycznych – w formie folii, siatek, tkanin lub drutu. Tego typu rozwiązania występują przede wszystkim w postaci taśm, strun lub lin i krążków.

Grubość monowarstw jest uwarunkowana głównie wymiarami diamentów. Elementy robocze mogą być bardzo małe, co sprawia, że takie narzędzia są idealne do operacji precyzyjnych, np. do cięcia płytek półprzewodnikowych, szlifowania otworów czy grawerowania.

### Łączenie ziaren diamentowych w monowarstwy

W zależności od przeznaczenia diamentowe narzędzia monowarstwowe wytwarza się w różnych technologiach, przy czym największe znaczenie praktyczne mają: metody galwaniczne, lutowanie, łączenie za pomocą żywic i klejów, metody infiltracji spoiwa metalowego, metody spiekania proszków metali i tworzenie folii z zianami wewnątrz spoiwa.

Obecnie najpopularniejsze są metody galwaniczne [2], a narzędzia wytworzone w ten sposób znajdują zastosowanie przede wszystkim w precyzyjnym: szlifowaniu, wierceniu małych otworów, grawerowaniu oraz cięciu. Ponadto są stosowane w stomatologii. Omawiane metody polegają na osadzaniu metalu – zazwyczaj niklu – na korpus narzędzia, na którym wcześniej rozmieszczono diamenty. Metal mechanicznie „zakleszcza” ziarna. W celu podwyższenia odporności na ścieranie na nikiel dodatkowo nakłada się chrom. Ta technika jest stosunkowo prosta i tania, jednak aby zapewnić wystarczające umocowanie diamentów, konieczne jest zastosowanie specjalnych niemagnetycznych ścierniwi diamentowych, których pola magnetyczne nie zakłócają ruchu jonów w kąpeli [3]. Często spotykaną wadą tego typu rozwiązań są mikropory w warstwie, zwłaszcza na styku metalu z powierzchnią ziarna diamentowego i korpusu. Przyczepność warstwy zależy także od sposobu wcześniejszego przygotowania – chemicznego lub elektrochemicznego – powierzchni korpusu. Na jakość

\* Dr Andrzej Bakoń (a.bakon@stegny.2a.pl) – Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Warszawa; prof. dr hab. inż. Adam Barylski (abarylsk@pg.gda.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej

mocowania ma również wpływ struktura nałożonego metalu. Obserwuje się coraz częstsze wykorzystanie kąpieli, które umożliwiają wytwarzanie powłok o strukturze nanokrystalicznej. Typowe korpusy są wykonywane z hartowanych stali stopowych oraz węglików spiekanych.

W przypadku diamentów lutowanie kojarzy się przede wszystkim z jubilerstwem i obciążaczami jednoziarnistymi. Współcześnie jest także metodą wytwarzania monowarstw narzędziowych [4]. Praktycznie najszersze zastosowanie znajduje lutowanie lutami twardymi w próżni, co zabezpiecza metal wiążący przed utlenianiem, a także sprzyja usuwaniu porów na stykach lutu z ziarnami i korpusem. Proces wiązania przebiega w temperaturze umożliwiającej „oblanie” całego ziarna diamentowego przez lut. Dodatkowo, w celu polepszenia zwilżalności diamentu przez lut, stosuje się ziarna powlekane (np. tytanem). Łączenie lutem w próżni jest znacząco mocniejsze od spajania galwanicznego czy za pomocą żywic i klejów. Podstawowy obszar zastosowania tego typu narzędzi to obróbka kompozytów (np. w produkcji lotniczej i jachtów) oraz kamienia i ceramiki – materiałów trudnych do obróbki za pomocą innych narzędzi ściernych. Narzędzia z diamentami lutowanymi są droższe od narzędzi galwanicznych i przeznaczone są do obróbki mniej precyzyjnej (do zgrubnego szlifowania, frezowania, cięcia i wiercenia). Ich wydajność w tych operacjach jest kilka, a nawet kilkanaście razy większa w porównaniu z narzędziami galwanicznymi.

Łączenie diamentów za pomocą termo- lub chemo-utwardzalnych żywic lub klejów jest metodą stosunkowo prostą i skuteczną. Substancje organiczne w stanie ciekłym charakteryzują się względnie niską lepkością, dlatego też mogą pokryć całą powierzchnię poszczególnych ziaren i tym samym zminimalizować liczebność i objętość porów w stosunku do wiązania metodami galwanicznymi. Rozwój chemii sprawił [5], że na rynku dostępnych jest wiele substancji przydatnych do wiązania diamentów. Popularne są żywice epoksydowe, poliestrowe i imidowe. Często do ciekłej żywicy dodawany jest mineralny lub metalowy proszek – jako wypełniacz. Zmienia on właściwości termiczne żywicy oraz jej odporność na ścieranie. Niejednokrotnie wiązanie ziaren, podobnie jak w przypadku narzędzi nasypowych z „klasycznych” ścierniwi, odbywa się etapowo. Po utwierdzeniu ziaren w korpusie wzmacnia się wiązanie cienką warstwą – przez nałożenie żywicy o odmiennych właściwościach.

Podobnie jak w przypadku narzędzi galwanicznych wytwarza się monowarstwy o budowie ciągłej lub nieciągłej. Popularnym rozwiązaniem są nieciągłe warstwy w postaci regularnie rozmieszczonych krążków, sześciokątów lub prostokątów. Stosuje się tu elastyczne, cienkie korpusy (siatki, folie), dzięki czemu narzędzie ma cechy narzędzia elastycznego (ścierno-polerskie taśmy bezkońcowe, krążki polerskie).

Metoda infiltracji polega na wykonaniu „negatywu” powierzchni czynnej narzędzia [6]. Polega to na ułożeniu diamentów w gniazdach precyzyjnie wykonanej formy grafitowej lub ceramicznej. Na tym etapie produkcji istnieje możliwość orientacji poszczególnych ziaren pod względem ich odporności na ścieranie i twardości. Kolejne etapy to zasypanie formy wypełniaczem i lutem (brązem niklowym), a następnie wygrzewanie, podczas którego lut się topi i infiltruje pomiędzy stałe cząstki wypełniacza (ziarnistego węgla wolframu) i diamenty. W czasie wygrzewania następuje też łączenie masy ścierniej z korpusem.

Innym sposobem tworzenia warstw diamentowych metodami metalurgii proszków jest zasypanie ułożonej na

dnie formy monowarstwy diamentowej sproszkowanym spoiwem metalowym, a następnie sprasowanie i spiekanie.

Po ostudzeniu narzędzie wyjmuje się z formy i – w zależności od jego przeznaczenia – poddaje obróbce mechanicznej lub laserowej.

Metoda infiltracji znajduje zastosowanie w przypadku wytwarzania najbardziej skomplikowanych obciążaczy rolkowych i blokowych [2], a także wiertel i frezów do obróbki kamienia i ceramiki.

Folie z diamentami wewnątrz spoiwa, najczęściej o wielkości mikroziaren, różnią się od innych wcześniej opisanych narzędzi pod względem budowy i techniki wytwarzania. Spoiwem może być tworzywo sztuczne lub metal [2].

W przypadku spoiw organicznych diamenty są wprasowywane w folię lub pomiędzy folie albo folia jest formowana podczas utwardzania ciekłej żywicy z diamentem. W przypadku wiązania diamentów metalem, proces przebiega w wysokiej temperaturze i polega na gwałtownym chłodzeniu ciekłego metalu z diamentem podczas rozpraszania go na walcach. Jako spoiwo stosuje się metal o strukturze szklistej lub amorficznej, w którym znajdują się diamenty. Folie tego typu znajdują zastosowanie w końcowej obróbce form, matryc i wykrojników. Mogą też być surowcem do wytwarzania innych narzędzi ścierno-polerskich (honowników, pilników).

## Podsumowanie

Monowarstwowe narzędzia diamentowe zajmują od lat ważną pozycję wśród narzędzi ścierno-polerskich, zwłaszcza narzędzi precyzyjnych, narzędzi do obróbki kompozytów, obciążaczy. Przedstawione informacje nie wyczerpują problematyki związanej z monowarstwami diamentowymi w narzędziach ścierno-polerskich. Obserwuje się ciągły rozwój ich konstrukcji oraz rozszerzanie zastosowań.

Rozwinięciem konstrukcji diamentowych narzędzi monowarstwowych są specyficzne układy 3D, w których są wykorzystywane elementy ściernie zbudowane z kilku równoległych warstw. Ważne praktyczne znaczenie mają warstwy, w których diamenty są dodatkowo orientowane pod względem optymalnej twardości i odporności na ścieranie. Rozwiązania takie wykorzystuje się w produkcji obciążaczy wielowarstwowych oraz segmentów przeznaczonych do obróbek kamienia.

Rozwój nanotechnologii spowodował pojawienie się bardzo specjalistycznych narzędzi; w ich korpusach ostrza wytwarza się metodami CVD. Gęsto upakowane nanowymiarowe ostrza umożliwiają obróbkę bardzo precyzyjną i ze względnie dużym ubytkiem materiału obrabianego, a jednocześnie pozwalają na uzyskanie powierzchni o bardzo niskich wartościach parametrów charakteryzujących chropowatość.

## LITERATURA

1. Bakoń A., Szymański A., „*Practical Uses of Diamonds*”. Londyn – Warszawa: E. Horwood – PWN, 1992.
2. Materiały informacyjno-techniczne z firm: Cranden Diamond products Ltd (W. Brytania), Saint Gobain (Francja), Heson (Niemcy), Bruce Diamond Co. (USA).
3. Materiały informacyjno-techniczne firm: EID (W. Brytania), LANDS (USA), Element Six (Irlandia), ABC Warren Superabrasives (USA), World Superabrasives (USA).
4. Materiały informacyjno-techniczne firmy Degussa (Niemcy).
5. Pielichowski J., Puszyński A. „*Chemia polimerów*”. Kraków: WNT TEZA, 2014.
6. Materiały informacyjno-techniczne firm: Dr Fritsch (Niemcy), Macro Division of Kennametal Inc. (Kanada). ■

