

Identyfikacja głębokości zamocowania ziaren ściernych Cubitronu II w spoiwie czynnej powierzchni ściernicy

The identification of fastening depth of Cubitron II abrasive grains in the binder of the grinding wheel active surface

CZESŁAW NIŻANKOWSKI
GRZEGORZ STRUZIKIEWICZ*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.269

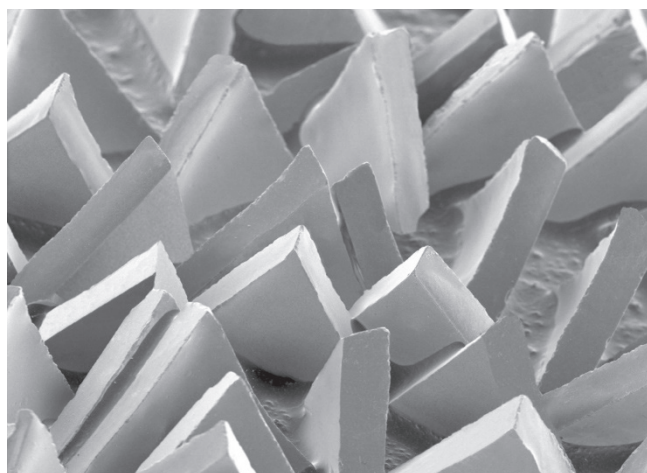
Przedstawiono wyniki pomiarów i analiz głębokości zamocowania ziaren ściernych Cubitronu II w fenolowo-formaldehydowym spoiwie czynnej powierzchni ściernicy. Wyniki te otrzymano dzięki zastosowaniu techniki optycznej mikroskopii wysokiej rozdzielczości.

SŁOWA KLUCZOWE: ścierniwo, Cubitron II, spoiwo, głębokość zamocowania

In the paper the results of measurements and the analysis of fastening depth of Cubitron II abrasive grains in phenol-formaldehyde binder of the active surface of grinding wheel surface have been presented. The results were achieved using high resolution optic-digital microscopy.

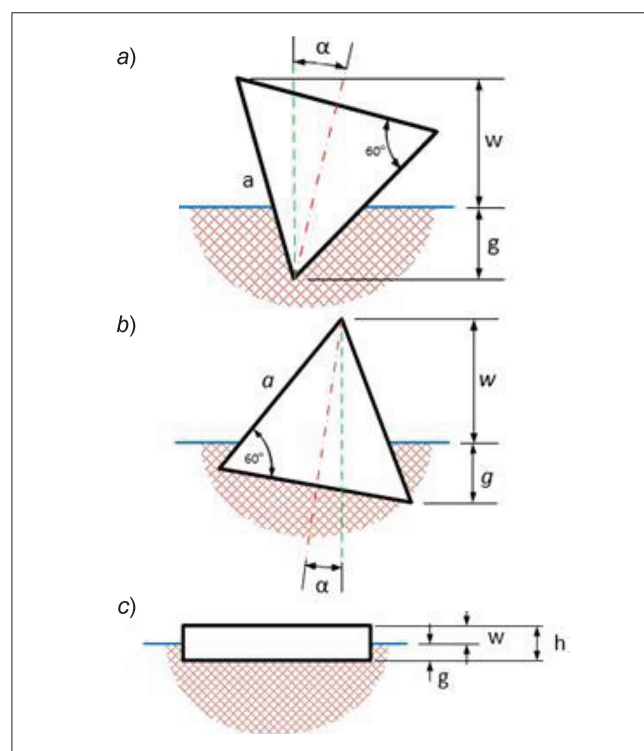
KEYWORDS: abrasives, Cubitron II, binder, fastening depth

Cubitron to nazwa handlowa pierwszego na świecie ścierniwa z mikrokryształicznego korundu spiekane, wyprodukowanego przez amerykański koncern 3M z zastosowaniem metody zol-żel. Mimo bardzo dobrych właściwości skrawnych i unikalnej zdolności do samoostrzenia ziarna ściernic Cubitron podlegają pewnym ograniczeniom w obszarze „czystego” mikroskrawania z uwagi na swój nieregularny kształt. Dlatego też 30 lat po powstaniu ścierniwa cubitronowego pierwszej generacji firma 3M wyprodukowała ścierniwo z mikrokryształicznego korundu spiekane o regularnym kształcie (graniastostupy regularne o podstawie trójkąta równobocznego i niewielkiej wysokości) pod nazwą Cubitron II (rys. 1).



Rys. 1. Widok ziaren ściernych Cubitronu II [2]

Ścierniwo Cubitron II jest wytwarzane techniką mikroreplikacji siłowej albo generatywnej. Składa się ono ze spieczonych submikrokryształitów α - Al_2O_3 , zawiera 99% Al_2O_3 przy gęstości rzędu $3,9 \text{ g/cm}^3$, cechuje się twardością 22 GPa i ostrymi krawędziami ziarna. Na czynnej powierzchni ściernicy (CPS) ziarna ściernic Cubitronu II najczęściej są posadowione w spoiwie ściernicy jednym lub dwoma z wierzchołków trójkątnej podstawy (rys. 2a–b).



Rys. 2. Zasadnicze położenia ziaren ściernych Cubitronu II względem spoiwa CPS (g – głębokość lokalnego zamocowania ziarna ściernego Cubitronu II w spoiwie czynnej powierzchni ściernicy, w – wysokość wystawiania wierzchołka ziarna ściernego Cubitronu II ponad lokalny poziom spoiwa, h – grubość ziarna ściernego, α – kąt pochylenia wysokości ziarna ściernego względem prostopadłej do lokalnej powierzchni spoiwa CPS)

Wykorzystując proste zależności trygonometryczne, wyprowadzono równania na maksymalną głębokość lokalnego zamocowania ziarna ściernego Cubitronu II w spoiwie czynnej powierzchni ściernicy. Dla położenia ziaren przedstawionego na rys. 2a otrzymano:

$$g = \frac{a\sqrt{3}}{2} \cos \alpha - w$$

* Prof. dr hab. inż. Czesław Niżankowski (nizan@mech.pk.edu.pl), dr inż. Grzegorz Struzikiewicz (struzikiewicz@mech.pk.edu.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Krakowskiej

a dla położenia według rys. 2b:

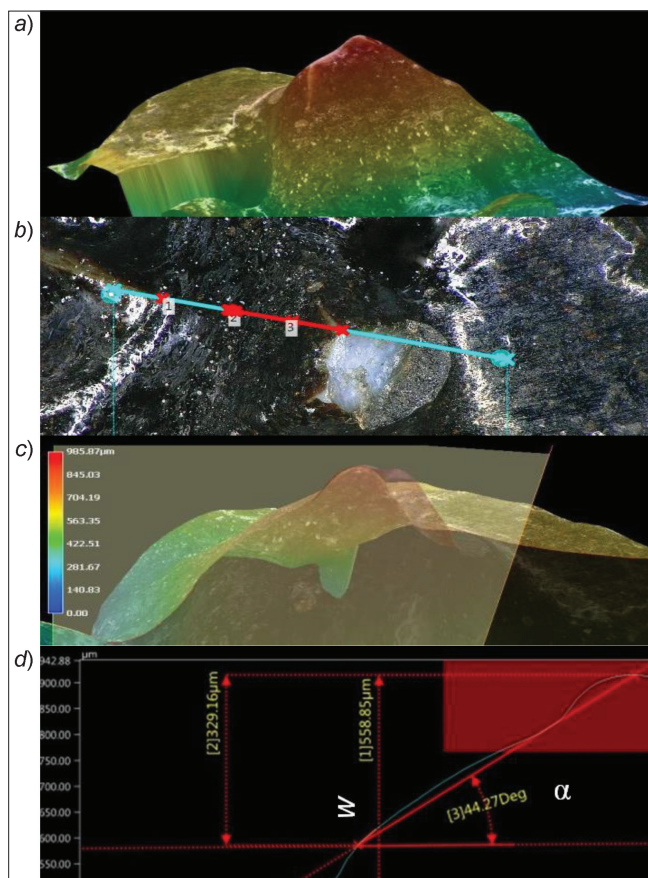
$$g = \left(\frac{a}{2} - \frac{a\sqrt{3}}{2} \cdot \tan \alpha \right) \sin \alpha + \frac{a\sqrt{3}}{2 \cos \alpha} - w$$

gdzie: a – długość boku ziarna ściernego (wartość znana), μm ; α – kąt pochylenia wysokości ziarna ściernego względem prostopadłej do lokalnej powierzchni spoiwa CPS, $^\circ$; h – grubość ziarna ściernego, μm ; w – maksymalna wysokość wystawiania wierzchołka ziarna ściernego Cubitronu II ponad lokalny poziom spoiwa, μm .

Wprawdzie możliwe jest jeszcze trzecie położenie ziaren ściernych w spoiwie CPS (tj. czołem ziarna równoległe do lokalnej powierzchni spoiwa), jednak występuje ono rzadko (ok. 5% wszystkich przypadków zamocowania), a ponadto jest łatwe do analizy (rys. 2c).

Warto zaznaczyć, że ziarna ściernie Cubitronu II są produkowane w granulacjach 46^+ , 60^+ , 80^+ (znak „+” w górnym indeksie numeru ziarna wskazuje na większe – w porównaniu z klasycznym ziarnem o tym samym numerze – wymiary Cubitronu II; trójkąt równoboczny opisany na okręgu o średnicy równej wymiarowi charakterystycznemu ziarna klasycznego).

Do wyznaczenia wartości liczbowych wielkości w i wartości kątowych wielkości α zastosowano technikę optycznej mikroskopii wysokiej rozdzielczości. Podstawową cechą tej nowoczesnej metody jest możliwość bezpośredniej obserwacji na ekranie monitora ziarna ściernego zamocowanego w spoiwie, z dowolnej strony, a także możliwość przetwarzania i komputerowego analizowania obrazu w układzie 3D. W uzyskaniu dużej głębi ostrości obrazu pomagają oryginalne obiektywy zmienne-

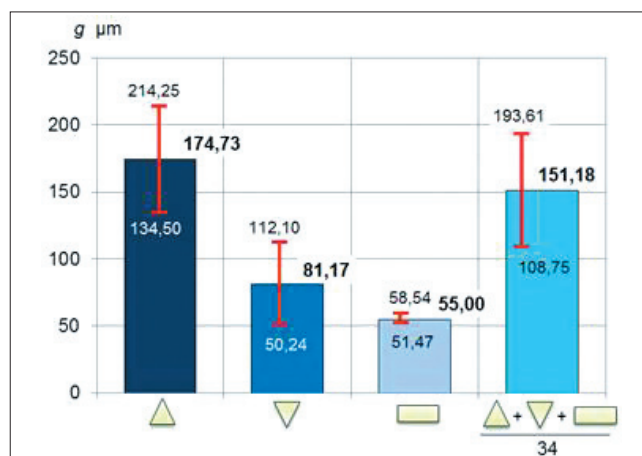


Rys. 3. Wizualizacja ziarna w układzie 3D (a), okno położenia wierzchołka ziarna (b), okno płaszczyzny przekroju ziarna (c) i okno profilu przekroju z wymiarami (d)

ogniskowe, oświetlenie pierścieniowe oraz takie funkcje oprogramowania, jak wyświetlacz kolorowej skali głębi czy wyodrębnianie krawędzi. Dlatego też do identyfikacji lokalnych głębokości zamocowania ziaren ściernych Cubitronu II w żywicznym spoiwie ściernicy typu 3M65509 27180x7x22xC6010609903 zastosowano mikroskop optyczny VHX 5000 (IV generacji) wyprodukowany przez firmę Keyence International. Na rys. 3 pokazano przykładowy widok ziarna ściernego Cubitronu II i lokalnej powierzchni spoiwa (rys. 3a–b) wraz z techniką wyznaczania przekroju (rys. 3c) oraz profilem przekroju (rys. 3d) [1].

Zgodnie z tą metodyką i techniką pomiarów analizie poddano łącznie 34 ziarna ściernie Cubitronu II, wybrane losowo na różnych obszarach czynnej powierzchni ściernicy. Stwierdzono, że dwa z nich mają pozycję nietypową – taką jak na rys. 2c, sześć ma pozycję jak na rys. 2a, a 26 – pozycję jak na rys. 2b.

Wyniki badań przedstawiono w postaci histogramów (rys. 4). Dla poszczególnych pozycji ziaren określono średnie arytmetyczne zagłębienia ziaren w spoiwie oraz zaznaczono odpowiednie odchylenia standardowe skorygowane [4].



Rys. 4. Histogramy wyników badań z zaznaczonymi odchyleniami standardowymi σ i obliczonymi rozstępami R

Podsumowanie

Technika optycznej mikroskopii wysokiej rozdzielczości jest w pełni przydatna do identyfikacji głębokości zamocowania ziaren ściernych Cubitronu II. Najgłębiej zamocowane na CPS ze spoiwem żywicznym są ziarna ułożone w pozycji pokazanej na rys. 2b, a najpłycej – ziarna zajmujące pozycje jak na rys. 2c. Wydaje się jednak, że najbardziej podatne na wrywanie ze spoiwa będą ziarna Cubitronu II zamocowane jak na rys. 2a, co wynika ze zbyt małego stosunku średniej głębokości zamocowania w spoiwie ($82 \mu\text{m}$) do wysokości ziarna (ok. $480 \mu\text{m}$).

Autorzy dziękują Krzysztofowi Popiółkowi i Jackowi Lewandowskiemu z firmy Keyence za umożliwienie przeprowadzenia pomiarów.

LITERATURA

1. Keyence International. „Poradnik obsługi mikroskopów cyfrowych serii VHX-5000”. Mechelen, 2016.
2. Katalogi materiałów i narzędzi ściernych firmy 3M. Minnesota Mining and Manufacturing Corp. Washington (2012÷2015).
3. Niżankowski C. „Badania porównawcze zdolności skrawnych taśm ściernych z mikrokryształicznych korundów spiekanych typu Cubitron i Cubitron II”. *Mechanik*. R. 86, nr 8–9 (2013): s. 311÷323.
4. Polański Z. „Planowanie doświadczeń w technice”. Warszawa: PWN, 1984, s. 50.