

	Organizatorzy: Politechnika Łódzka Wydział Mechaniczny	XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKİ ŚCIERNEJ Łódź - Uniejów 09-11.09.2015	
	• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn		

Efekty cięcia tarczą diamentową z wewnętrzną krawędzią skrawającą wybranych materiałów trudnoobrabialnych

The effects of cutting selected hard - machinable materials with inner diameter diamond saw

**BOŻENA CIAŁKOWSKA
MAGDALENA WIŚNIEWSKA
IWONA DRUSZCZ
KRZYSZTOF BANASZKIEWICZ ***

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.344

W artykule omówiono specyfikę przecinania tarczą diamentową z wewnętrzną krawędzią skrawającą (ID). Opisano możliwości aplikacji tej metody w odniesieniu do różnych materiałów trudnoobrabialnych niemetalowych. Przeprowadzono analizę jakości uzyskanych powierzchni w porównaniu z innymi metodami rozdzielania ściernego narzędziami diamentowymi.

SŁOWA KLUCZOWE: materiały trudnoobrabialne, cięcie tarczą diamentową

In the article a specificity of cutting width ID saw was discussed. Abilities of the application of this method with reference to the hard – machinable various non – metallic materials were described. A quality analysis of the obtained surfaces was conducted in compare with other abrasive dividing methods with diamond tools.

KEYWORDS: hard – machinable materials, cutting by diamond saw

Wprowadzenie

W otaczającym nas świecie coraz większą rolę odgrywają materiały trudnoobrabialne niemetalowe, w szczególności monokryształy. W ciągu ostatnich lat, rosące zainteresowanie tego typu materiałami obserwuje się szczególnie w przemyśle elektronicznym, fotowoltaicznym oraz optycznym. Wprowadzanie materiałów trudnoobrabialnych krystalicznych do wielu dziedzin techniki wynika z ich

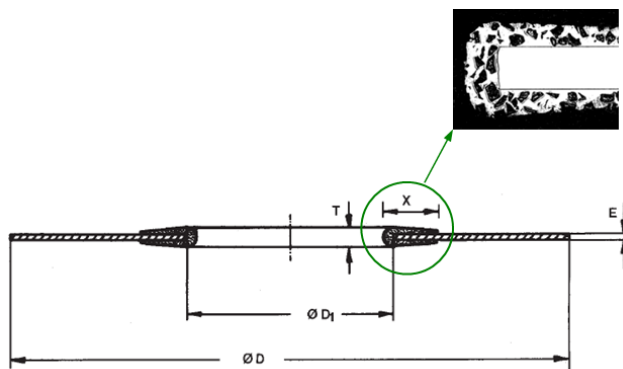
specyficznych i zróżnicowanych właściwości fizykochemicznych. Charakterystyczne cechy to przede wszystkim: duża czystość, bardzo dobra przewodność cieplna oraz elektryczna, odporność chemiczna itp. Jednocześnie duża twardość, kruchość i wrażliwość na szoki termiczne powodują, iż obróbka mechaniczna tego typu materiałów stwarza wiele problemów technicznych [2,3].

Stosowane w przemyśle metody rozdzielania materiałów trudnoobrabialnych niemetalowych mogą być realizowane za pomocą różnych narzędzi. Perspektywnymi i dynamicznie rozwijającymi się sposobami przecinania monokryształów są obecnie: metoda cięcia tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą oraz rozdzielanie strunowe.

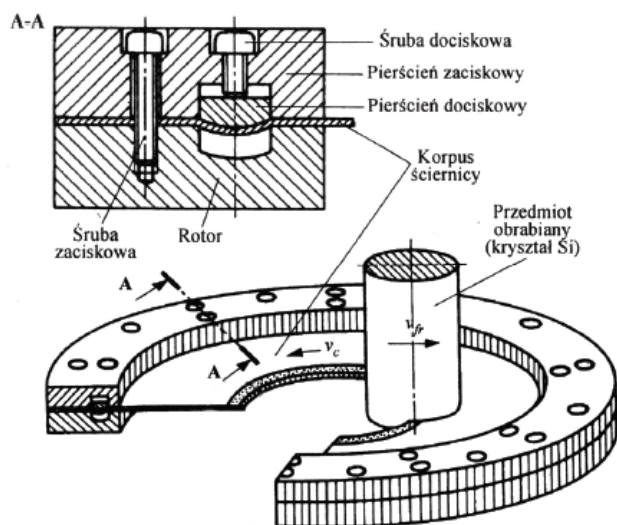
Cięcie tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą

Technika przecinania wewnętrznym obwodem tarczy diamentowej (ID saw) jest znana i stosowana na całym świecie, do precyzyjnego rozcinania materiałów trudnoobrabialnych niemetalowych, od około 40 lat. Tarcza z wewnętrzną krawędzią skrawającą jest narzędziem elastycznym w formie krążków z blachy stalowej chromowo – niklowej, z wykonanym pośrodku koncentrycznym okrągłym otworem przestrzeni roboczej. Krawędź wewnętrzna tarczy pokryta jest kilkuwarstwową powłoką galwanicznie spojonych mikroziaren diamentowych. Na jej zewnętrznym obwodzie znajdują się promieniowo rozmieszczone otwory służące do mocowania, napinania i środkowania narzędzia w uchwycie głowicy. Schemat takiego narzędzia przedstawiono na rys. 1, natomiast na rys. 2 pokazano istotę cięcia tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą i system jej mocowania w głowicy maszyny.

* dr hab. inż. Bożena Ciałkowska prof. nadzw. PWR (bozena.cialkowska@pwr.edu.pl),
mgr inż. Magdalena Wiśniewska (m.wisniewska@pwr.edu.pl),
inż. Iwona Druszcz,
inż. Krzysztof Banaszkiewicz

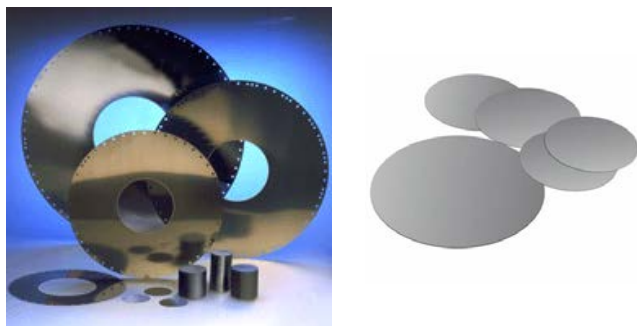


Rys.1. Przekrój tarczy diamentowej do przecinania wewnętrzną krawędzią: D-średnica zewnętrzna, D1-średnica wewnętrzna, T-szerokość cięcia, X-szerokość nasypu diamentowego, E-grubość rdzenia [11]



Rys.2. Zasada mocowania i przecinania przedmiotu wewnętrznym obwodem tarczy diamentowej [6]

Obecnie stosowane w przemyśle tarcze diamentowe (rys.3.) mają grubość 0,1 - 0,2 mm i pozwalają na prostoliniowe przecinanie cienkich płytek podłożowych z bloków materiałów krystalicznych o średnicy do 400 mm [10,12].

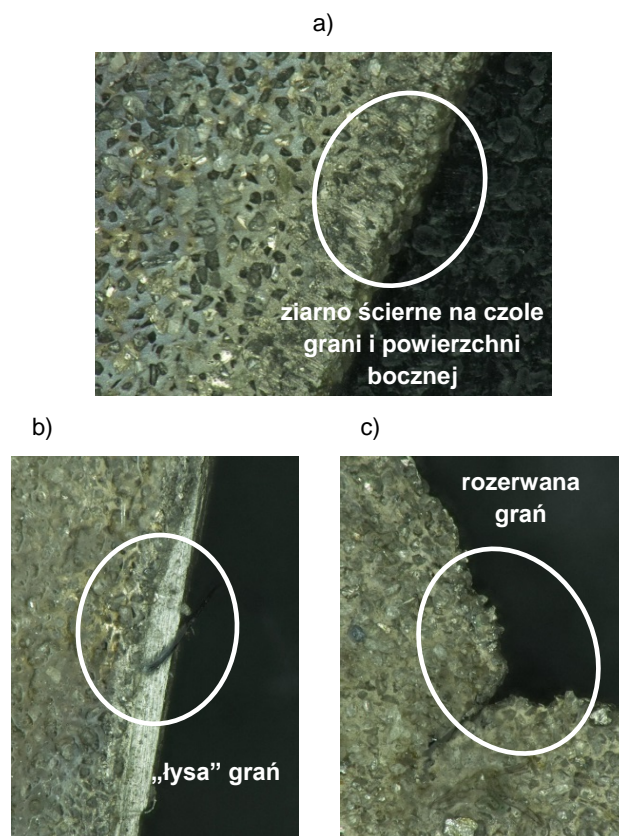


Rys.3. Tarcze diamentowe o różnych wymiarach oraz krzemowe płytki podłożowe [13]

Obszar zastosowania przecinania tarczami diamentowymi, to przede wszystkim precyzyjne przecinanie elementów do zastosowań optycznych oraz elektronicznych. Takie przeznaczenie narzuca bardzo rygorystyczne wymagania co do jakości powierzchni po cięciu. Należy również zaznaczyć, że każda operacja cięcia wiąże się z powstawaniem warstwy uszkodzonej (dla tarcz ID wynosi ona 15-25 μm [5]), która w kolejnych operacjach technologicznych musi być całkowicie usunięta. W przypadku krzemowych płytek

podłożowych, których grubość mieści się w przedziale 120÷180 μm [7] grubość warstwy uszkodzonej, strefy wprowadzonych naprężeń i błędów kształtu mają istotne znaczenie dla kolejnych operacji technologicznych i ekonomiki procesu.

W przypadku przecinania tarczami diamentowymi należy uwzględnić kilka istotnych czynników mogących generować błędy kształtu i chropowatości uzyskanych powierzchni. Jak pokazano na rys.1. kształt nasypu ściernego tarcz diamentowych przypomina kroplę (najbardziej korzystny). Powoduje to, iż ziarna znajdujące się w różnych odległościach od szczytu krawędzi pracują w odmiennych warunkach. Czynniki zaburzające pracę narzędzia t.j. nieregularny przepływ chłodziwa, niewłaściwie przeprowadzone napinanie tarczy oraz niewystarczająco sztywne zamocowanie elementu ciętego, skutkują nierównowagą sił sprzyjającą uginaniu tarczy i zmian kształtu nasypu [8,9]. Dodatkowo należy brać pod uwagę, że wraz z rosnącą liczbą przecięć następuje pelzanie i relaksacja materiału tarczy, co powoduje zmianę kształtu otworu na eliptyczny i generuje bicie. Na rysunku 4 pokazano krawędź tnącą tarczy nowej oraz zużytej.



Rys.4. Widok grani krawędzi tnącej tarczy diamentowej: a) nowej, b,c) zużytej

Newralgicznym miejscem tarczy jest grań wewnętrznego obwodu. To miejsce jako pierwsze zaczyna skrawać materiał i od jego kondycji zależą warunki obróbki w trakcie cięcia. Dlatego istotne jest by na samym krańcu obwodu znajdowało się ziarno ściernie. W przeciwnym razie, gdy poprzez np. wykruszenie zostanie odsłonięty rdzeń, skrawanie odbywać się będzie jedynie po bokach nasypu. Taka sytuacja prowadzi zwykle do zniszczenia tarczy (pęknięcia, wygięcie) i uszkodzenia materiału ciętego [1].

■ Obszar zastosowań cięcia tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą

Jak już wcześniej wspomniano obszar zastosowań tarcz diamentowych typu ID jest bardzo duży. Narzędzia tego

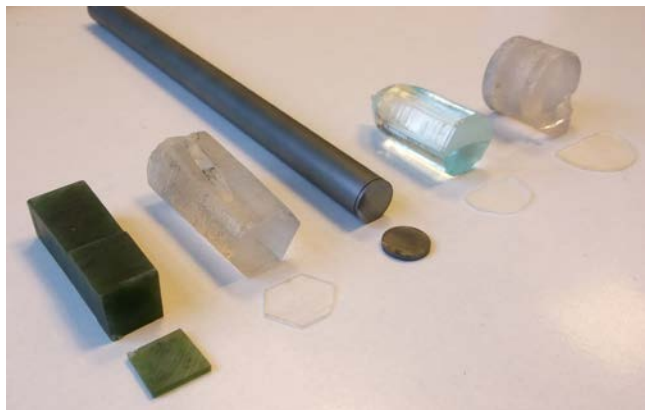
typu świetnie sprawdzają się podczas cięcia materiałów twardych i kruchych. Bardzo mała szczelina cięcia i niewielka strefa uszkodzeń warstwy wierzchniej pozwalają na ekonomiczne cięcie drogich i delikatnych materiałów. Zastosowanie ziarna diamentowego oraz z regularnego azotku boru pozwala na aplikację tej metody do przecinania materiałów trudnoobrabialnych niemetalowych takich jak: szkło, ceramika, materiały krystaliczne w tym półprzewodnikowe, kompozyty itp. W warunkach przemysłowych metoda ta jest stosowana głównie do uzyskiwania krzemowych płytek podłożowych oraz cięcia kryształów szafiru i kwarcu [10,11].

W celu pokazania możliwości i efektów cięcia tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą, przecinaniu poddano grupę kryształów naturalnych oraz syntetycznych o odmiennych właściwościach i skali twardości. Do grupy wybranych materiałów należały: kryształ górski, nefryt, krzem, fluorek wapnia oraz granat itrowo – glinowy. Podstawowe, wybrane właściwości tych materiałów przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Właściwości materiałów wybranych do badań

Materiał Cecha	Nefryt	Kryształ górski	Granat itrowo - glinowy	Krzem	Fluorek wapnia
Twardość w skali Mohsa	6÷6,5	7	8,5	6,5	4
Gęstość [g/cm ³]	2,9÷3,1	2,65	4,60	2,33	3,18

Przedstawione w tabeli 1 materiały pokazano na rys.5.

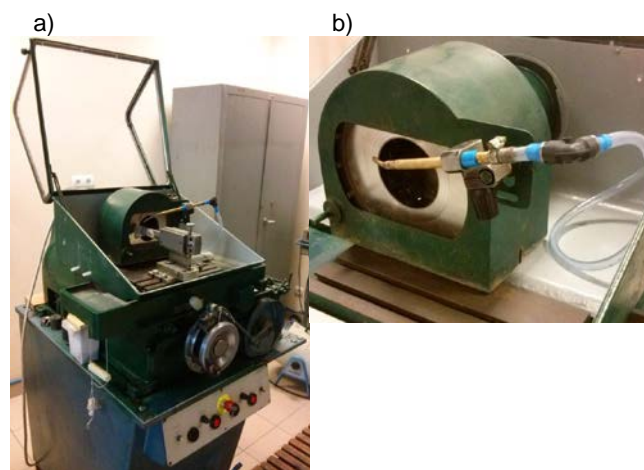


Rys.5. Monokryształy poddane przecinaniu tarczą ID, od lewej: nefryt, kryształ górski, krzem, granat i fluorek wapnia

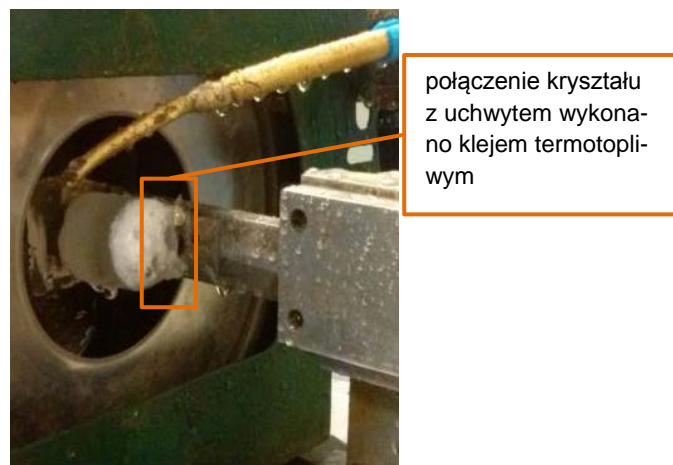
■ Efekty przecinania tarczą diamentową z wewnętrzną krawędzią skrawającą

Płytki do badań jakości powierzchni cięto na stanowisku przedstawionym na rys. 6. Prędkość obwodowa narzędzia wynosiła 20 m/s, przecinanie odbywało się z chłodzeniem. Bardzo istotnym zagadnieniem przed przystąpieniem do cięcia jest odpowiednie zamocowanie materiału. Najkorzystniejszą metodą, jest przyklejanie kryształów do specjalnego uchwytu. Materiał klei się w taki sposób aby narzędzie na wyjściu z materiału wcinano się w połączenie. Zabezpiecza to płytkę przed wykruszeniem krawędzi oraz zapobiega wpadnięciu do komory roboczej, gdzie uległaby zniszczeniu. System ten jest również doskonały do mocowania elementów o nieregularnych kształtach, zbyt krótkich do zamocowania w uchwytach mechanicznych oraz materiałów, które mogłyby ulec zniszczeniu przy mechanicznych

sposobach mocowania. Na rysunku 7 pokazano monokryształ fluorku wapnia przyklejony do uchwytu klejem termoplastycznym.

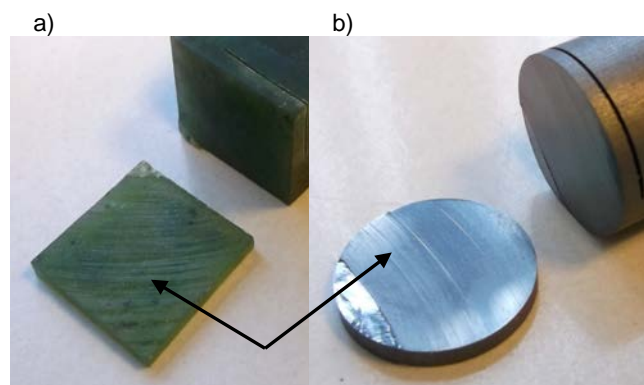


Rys.6. Automat do cięcia monokryształów: a) widok ogólny, b) obszar roboczy



Rys.7. Połączenie klejone kryształu z uchwytem

Szerokość szczeliny po cięciu tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą wyniosła średnio 257 μm . W miejscu wejścia tarczy w materiał zaobserwowano niewielkie wykruszenia, których rozmiar zależy od własności materiału ciętego. Powierznię po cięciu tarczą ID charakteryzują równoległe ślady o strukturze współśrodkowej, co pokazano na rys.8.



Rys.8. Powierzchnia próbek uzyskanych po cięciu tarczą z wewnętrzną krawędzią skrawającą: a) nefryt, b) krzem

Uzyskanie wyniki jakości powierzchni po cięciu pięciu monokryształów zestawiono w tabeli 2.

Tab.2. Wybrane efekty jakości powierzchni kryształów po cięciu tarczami ID.

Materiał Cecha	Nefryt	Kryształ górski	Granat itrowo - glinowy	Krzem	Fluorek wapnia
Ra [μm]	0,79	0,16	0,25	0,34	0,49
Wa [μm]	7,99	8,68	6,93	2,57	4,41

Podsumowanie

Przecinanie tarczami z wewnętrzną krawędzią skrawającą jest metodą niezwykle popularną ze względu na możliwości aplikacji jak również jakość powierzchni uzyskanej po cięciu. Powszechnie stosowana jest w warunkach przemysłowych do uzyskiwania krzemowych oraz szafirowych płytek znajdujących zastosowanie w przemyśle fotowoltaicznym oraz elektronicznym i optycznym. Procesy rozdzielania tego typu materiałów są technologicznie trudne i kosztowne. Zaletami metody przecinania tarczami ID są między innymi: niewielkie straty materiału przecinanego, ze względu na małą szerokość tarczy, bardzo duża dokładność wymiarowo – kształtowa przecinanych elementów, mała chropowatość powierzchni, bardzo dobry stan warstwy wierzchniej materiału obrabianego. Cechy te sprawiają, że metoda ta jest znana i szeroko stosowana na całym świecie.

LITERATURA

1. Banaszkiwicz K., Druszcz I., Modernizacja urządzenia do cięcia tarczą diamentową z wewnętrzną krawędzią skrawającą, Politechnika Wroclawska, Wrocław, 2015.
2. Ciałkowska B., Cięcie struną zbrojoną materiałów trudnoobrabialnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, Wrocław, 2008.
3. Ciałkowska B., Wiśniewska M., Zagadnienie cięcia wybranych materiałów trudnoobrabialnych narzędziami diamentowymi, Innovative manufacturing technology 2/ ed. by Piotr Rusek, Kraków, 2012.
4. Diamond ID saw blades for the semiconductor industry, Winter, Saint – Gobain Abrasives, Germany, 2006.
5. Łazowy B., Badanie powierzchniowej warstwy uszkodzonej na płytkach monokrystalicznych krzemu, Materiały elektroniczne, Warszawa, 1/ 1979.
6. Oczko K.E. Kształtowanie ceramicznych materiałów technicznych, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, 1996.
7. Pauli P., Beesley J.G., Novel trends for the future in photovoltaic wafer manufacturing. 6th Symposium Photovoltaique National, Geneve, 2005.
8. Struth W.F., Steffens K., Koenig W., Wafer slicing by internal diameter sawing, Precision engineering, 10/ 1988.
9. Tkaczyk M., Porównanie wpływu technologii cięcia płytek krzemowych na ich geometrię i charakter warstwy uszkodzonej, Politechnika Warszawska, Warszawa, 2008.
10. Katalog firmy Asahi Diamond, Japonia, 2008.
11. Katalog Saint – Gobain Abrasives electronics/Winter, Niemcy, 2015.
12. Katalog Sukandiamond, Chiny, 2009.
13. <http://www.abcwarren.com/uses-apps.aspx>