

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

Rozwój cięcia struną – stan aktualny na świecie – cz. III

Development of wire cutting – current state in the world – part III

BOŻENA CIAŁKOWSKA
MAGDALENA WIŚNIEWSKA *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.346

W artykule przedstawiono najnowsze osiągnięcia w dziedzinie przecinania strunowego. Opisano kierunki rozwoju w znaczących i największych ośrodkach naukowo - badawczych zajmujących się zagadnieniem cięcia strunowego. Zaprezentowano wybrane firmy światowe i spektrum możliwości rozwiązań konstrukcji przecinarek strunowych stosowanych w laboratoriach jak również przemysłe m.in. fotowoltaicznym, elektronicznym, optycznym.

SŁOWA KLUCZOWE: cięcie strunowe, przecinarki strunowe

In the article latest achievements in the field of wire cutting were described. Directions of the development in significant and the largest research centres dealing with the issues of the wire cutting were described. Chosen world companies and a spectrum of wire saws construction solutions were introduced.

KEYWORDS: wire cutting, wire saws

Wprowadzenie

Przecinanie struną zbrojoną przeżywa obecnie prawdziwy rozkwit. Ta mało znana, jeszcze 50 lat temu, metoda stała się w XXI wieku niezastąpioną i wręcz bezkonkurencyjną w procesach przecinania materiałów trudnoobrabialnych niemetalowych w szczególności monokryształów. Narzędzia strunowe są stosowane przemysłowo do cięcia monokryształów od około 1964 roku [1]. Należy tu jednak zaznaczyć, że oprócz ukierunkowania na przemysłowe cięcie przede wszystkim materiałów krystalicznych, metoda ta przysporzyła sobie rzeszę zwolenników dzięki szerokim możliwościom zastosowania w warunkach laboratoryjnych. Aktualnie po wieloletnim pokonywaniu różnorodnych przeszkód technicznych i technologicznych konstrukcji maszyn i wytwarzania narzędzi rozwój tej metody jest w ciągłym

rozwoju. Mimo ustabilizowanej pozycji przecinania strunowego wśród ściernych metod rozdzielania, obserwuje się intensywny rozwój dotyczący głównie trzech obszarów: technologii wytwarzania narzędzi strunowych, rozwiązań konstrukcyjnych przecinarek oraz wdrażania do nowych zastosowań.

Zagadnienie cięcia struną – kto się tym zajmuje?

W dobie obecnej większość dużych przedsiębiorstw stosujących metodę przecinania strunowego ma swoje ośrodki badawcze. Istnieje także wiele uczelni jak również instytutów prowadzących badania nad tą metodą. Największym i najprężniej rozwijającym się ośrodkiem badawczym w Europie jest Instytut Fraunhofera w Niemczech. Ośrodek ten zajmuje się badaniami stosowanymi oraz ich wdrożeniami w przemyśle. Jednym z ostatnich osiągnięć Instytutu Mechaniki i Materiałów było wytworzenie strun zbrojonych trwale z nanorurek węglowych [1,5]. Instytut organizuje co roku tzw. „PV days” w ramach których, prezentuje najnowsze osiągnięcia zarówno swoje jak również firm z przemysłu aktywnie biorących udział w konferencji. Spośród krajów europejskich Niemcy są jednymi z aktywniejszych badaczy metody cięcia strunowego a to za sprawą dużego zainteresowania wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii w tym energii słonecznej. Z firm niemieckich, aktywnych na rynku przecinania strunowego wymienić można: Logomatic, HK Präzisionstechnik, Saint Gobain, Dramet i inne. Są to firmy z wieloletnimi tradycjami, wciąż pracujące nad rozwojem technologii wytwarzania narzędzi jak i innowacyjnymi rozwiązaniami w zakresie konstrukcji i zastosowania przecinarek strunowych. Duże ośrodki przemysłowe z zapleczem badawczym odnaleźć można również w Szwajcarii (Meyer Burger, Well), Szkocji (Logitech) czy Belgii (Bekaert) oraz krajach wykorzystujących odnawialne źródła energii. Obecnie silną i stabilną pozycję na rynku badań i technologii cięcia strunowego mają również Stany Zjednoczone. Głównym czynnikiem napędzającym była tutaj historia rozwojowa procesorów krzemowych, ściśle związana z doliną krzemową. To kolebka znanych, prężnie rozwijających się firm t.j.: Applied Materials, South Bay Technology, Kerf Industries. Od wielu lat dynamiczny rozwój i znaczące badania nad

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

metodą cięcia struną należą do Chin i Japonii. Obejmują one ogromną liczbę firm i ośrodków badawczych, intensywnie pracujących nad technologią przecinania strunowego. Warto również wspomnieć, że Japonia jest jednym z nielicznych krajów stosującym na masową skalę przecinanie strunami zbrojnymi trwale. Szacuje się, że od roku 1998 rocznie zatwierdzonych zostaje co najmniej 5 patentów wnoszących nowe rozwiązania w obszarze rozwoju zarówno przecinarek strunowych jak i narzędzi [2,3] większość z nich zgłaszają chińskie lub japońskie firmy.

Zagadnienie cięcia struną – co nowego?

Zapotrzebowanie na krzem i płytki krzemowe wciąż rośnie, powodowane przez szybko rozwijający się rynek technologii solarnych i stałą ekspansję przemysłu półprzewodników. Na rynku szeroko pojętego przecinania strunowego obserwuje się obecnie duże ożywienie. Do grupy producentów i użytkowników dołączają nowe kraje dotąd nie kojarzone z tą technologią. Wymienić tu należy: naszych najbliższych sąsiadów Czechy ale również Słowację, Rosję, Indie, Włochy, Finlandię i wiele innych. Jeśli chodzi o Czechy, miasto Rožnov uznawane jest obecnie za centrum czeskiego przemysłu półprzewodnikowego. Współpraca z Indiami przy projekcie „100 Mega Watt” zaowocowała powstaniem wielu ciekawych rozwiązań technologicznych maszyn do cięcia dużych bloków kwarcu (320 x 320 x 800 mm [11]), krzemu, tlenku cyrkonu, germanu oraz bloków ceramiki i szkła. Na rysunku 1 pokazano cięcie bloku kwarcu na przecinarce wielostrunowej AWSM 4800.1.



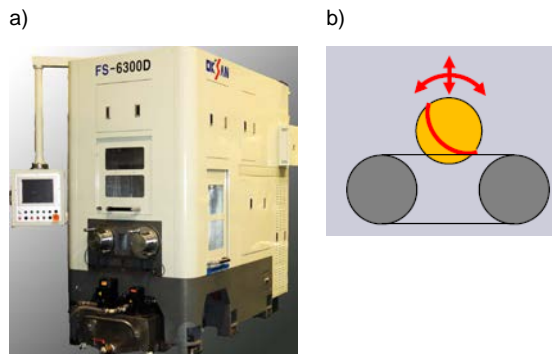
Rys.1. Przecinarca wielostrunowa AWSM 4800.1 firmy Themis [11]

Przecinarki AWSM pozwalają na przecinanie bloków materiału o średnicy do 405mm i długości 800mm. Przestrzeń robocza mieści dwa bloki materiału, które są cięte struną o średnicy 150 μm i długości do 500 km [11]. Na rysunku 2 pokazano płytki z kwarcu oraz pierścienie kwarcowe uzyskane w procesie przecinania wielostrunowego.

Do krajów produkujących przecinarki strunowe dołączyła również Rosja. Firma Energo Avangard produkuje przecinarki wielostrunowe Oksan dedykowane do cięcia szafiru. Maszyny cechuje ciekawa kinematyka cięcia, gdzie kryształ jest przechylany (rys.3) podczas całego procesu w specjalnym, wahlwym uchwycie.



Rys.2. Przykładowe wyroby uzyskane w procesie przecinania wielostrunowego na przecinarce AWSM [11]

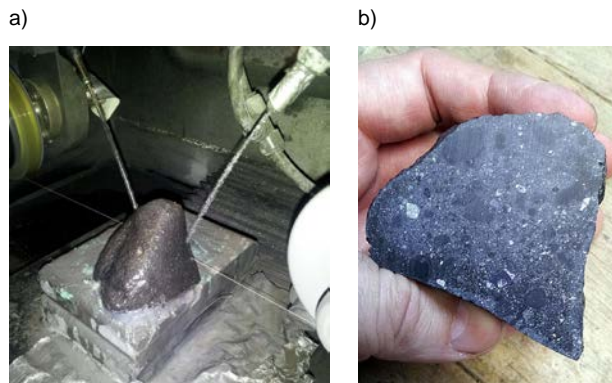


Rys.3. Przecinarca FS-6300 DW rosyjskiej firmy Energo Avangard: a) widok ogólny, b) idea przecinania [6]

Przecinanie wielostrunowe od pewnego czasu zyskuje na popularności również w Indiach a to za sprawą ogromnego wzrostu popytu na fotowoltaikę [4] ale również ze względu na szeroko rozwinięty rynek wytwarzania monokryształów. Rynek fotowoltaiki regularnie odnotowuje wzrost zainteresowania, coraz więcej krajów decyduje się na pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych. W związku ze wzrastającym zapotrzebowaniem na krzem do produkcji fotoogniw możliwości produkcyjne są za małe w stosunku do popytu co stwarza dużo możliwości rozwojowe i wdrożeniowe dla wielu krajów.

Zagadnienie cięcia struną – ciekawe zastosowania, innowacyjne rozwiązania

Ciekawym obszarem wdrożeń przecinania strunowego są zastosowania laboratoryjne, ze względu na dużą różnorodność przecinanych materiałów. Małe kompaktowe przecinarki, pracujące zwykle w układzie cięcia struną w postaci pętli doskonale sprawdzają się podczas przygotowywania różnorodnych materiałów do badań. Interesującymi zastosowaniami w tym obszarze poszczycić się może Kerf Industries – młoda amerykańska firma, specjalizująca się w przecinaniu kamieni naturalnych oraz meteorytów (rys.4).



Rys.4. Przecinanie meteorytu NWA 7034: a) obszar roboczy przecinarki, b) powierzchnia po cięciu [7]

W tego typu operacjach cięcie odbywa się przy chłodzeniu wodą destylowaną. Narzędzie to pojedyncza struna z końcami o średnicy $76\pm 127\ \mu\text{m}$, pracująca w układzie przewijania między szpulami. Układ kinematyczny maszyny Kerf Industries przedstawiono na rys.5.



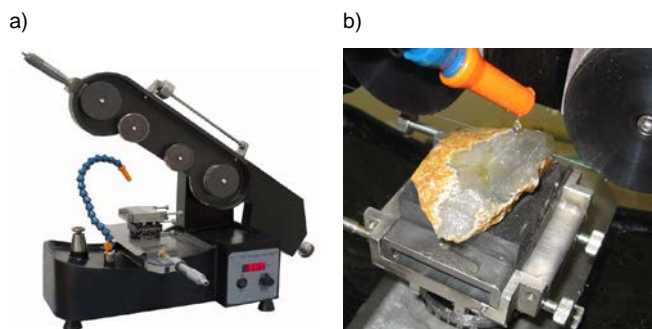
Rys.5. Przecinarka strunowa Kerf Industries obszar roboczy [7]

Na uwagę zasługuje również mała przecinarka strunowa szkockiej firmy Logitech, o szerokim zakresie zastosowań. Urządzenie AWS wire saw nadaje się do przecinania próbek z materiałów takich jak: półprzewodniki, skały naturalne, kości, ceramika oraz polimery. Średnice stosowanych strun to $200\div 250\ \mu\text{m}$, maksymalne wymiary próbek to $100\times 100\ \text{mm}$ [8]. Zdjęcie przecinarki zamieszczono na rys. 6.



Rys.6. Widok ogólny przecinarki DWS firmy Logitech [8]

Przecinarki strunowe laboratoryjne mogą mieć różne rozwiązania układów kinematycznych. Jedno z pierwszych rozwiązań, znane największej grupie użytkowników stanowi przecinarka, gdzie struna prowadzona jest na dwóch rolkach umieszczonych na uchylnym ramieniu (rys.7.).

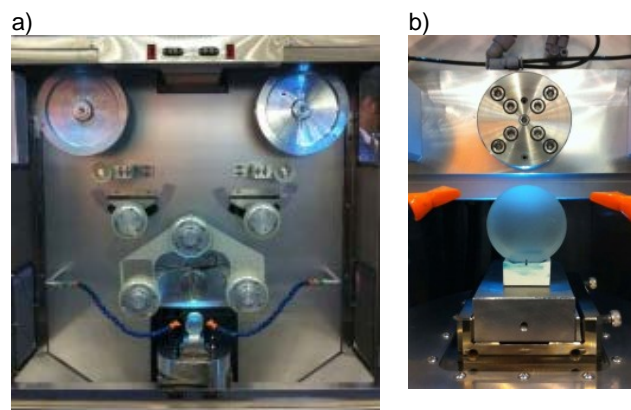


Rys.7. Przecinarka strunowa dwutarczowa: a) widok ogólny, b) obszar roboczy [11]

W tej przecinarkie stosuje się struny w postaci pętli o średnicy do $300\ \mu\text{m}$ zbrojone trwale w ziarno diamentowe

[11]. Tego typu urządzenie posiada w swojej ofercie niemal każdy producent przecinarek strunowych.

Interesujące rozwiązanie, lokujące się pomiędzy zastosowaniami laboratoryjnymi a małą produkcją to przecinarki kilkustrunowe. Struna zbrojona trwale o średnicy w zakresie $120\div 180\ \mu\text{m}$ i długości do 5 km może pracować w układzie pojedynczym lub tworzyć sieć do 10 strun [9]. Widok obszaru roboczego takiej przecinarki przedstawiono na rys.8.



Rys.8. Przecinarka WSD – K2 Takatori multi wire saws: a) układ prowadzenia struny, b) obszar roboczy [9]

Urządzenie to firma Takatori kieruje do zastosowań akademickich oraz produkcji próbnych partii, do przecinania materiałów t.j.: szafir, węgiel krzemu, szkło, azotek galu.

Ta sama firma zaprezentowała niedawno kolejne oryginalne rozwiązanie techniczne, przecinarkę strunową do zmiany przekroju bloków krzemowych z okrągłego na kwadratowy. Taki zabieg znajduje zastosowanie przy procesie produkcyjnym płytek krzemowych pod ogniwa słoneczne. Wcześniej analogiczne rozwiązanie przedstawili Czesi [10], jednak zamiast strun, jako narzędzie tnące wykorzystali metalowe taśmy pokryte ziarnem diamentowym (rys.9.)



Rys.9. Cięcie kształtowe (squaring) bloku krzemu na przecinarkie SQM 2800.0 [10]

W zaproponowanym przez Japończyków rozwiązaniu piły zastąpiono strunami zbrojonymi trwale. Tego typu rozwiązania posiada w swojej ofercie zaledwie kilka firm azjatyckich (Korea, Japonia). Ideę przecinania krzemu przecinarką WSD – 3A pokazano na rys.10.



Rys.10. Idea przecinania kształtowego struną zbrojoną trwale [9]

Podsumowanie

Prognozy gospodarcze przewidują stabilne tempo wzrostu produkcji elementów półprzewodnikowych. Mikroprocesory w dzisiejszych czasach stały się niezastąpionym elementem życia, bez którego nie wyobrażamy sobie pracy. Natomiast rosnące zainteresowanie odnawialnymi, ekologicznymi źródłami energii sprawiło, że fotowoltaika przeżywa prawdziwy rozkwit. Na chwilę obecną produkuje się około 30 tys. ton krzemu rocznie. Przy cenie kilkuset dolarów za kilogram, proces przecinania musi być na tyle skuteczny i delikatny by stracie uległo jak najmniej materiału. Przecinanie strunowe nie ma sobie obecnie równych w tym obszarze zastosowań. Za sprawą miniaturyzacji oraz rozwoju technologii wytwarzania strun, szczególnie zbrojonych i w postaci pętli, technika ta trafiła również na uniwersytety, do laboratoriów badawczych i innych jednostek mających potrzebę precyzyjnego przecinania specyficznych materiałów. Uniwersalność i precyzja tej metody rozdzielania sprawiają, że trafiła ona już niemal na każdy kontynent i wciąż jest intensywnie rozwijana.

LITERATURA

1. Ciałkowska B., Wiśniewska M., Rozwój cięcia struną – początki i stan aktualny na świecie – czII. Mechanik, nr 8-9/2014
2. Clark W.C., Fixed Abrasive Diamond Wire Saw Machining, North Carolina State University, Raleigh, 2001
3. Hardin C.W., Fixed Abrasive Diamond Wire Saw Slicing of Single Crystal SiC Wafers and Wood, North Carolina State University, Raleigh, 2003
4. Kaźmierska A., Prognozy w branży fotowoltaicznej na 2015 rok, Solar Kurier, 2015
5. Materiały prasowe Instytutu Fraunhofera, Saws made of carbon, 2013
6. Katalog Energo Avangard, Rosja
7. Katalog Kerf Industries, USA, 2014
8. Katalog Logitech, Szkocja, 2014
9. Katalog Takatori Multi Wire Saws, 2015
10. http://www.gemtree.com/AWSM/AWSM_I_A/Index.htm
11. http://haibeiflavor.en.alibaba.com/product/1174970205-219405325/HB_DWS_201_Precision_Endless_Wire_Saw_with_2_Digital_Micrometer_and_Two_Angle_Adjustable_Sample_Stage_Cutting_Machine.html