

## WYKORZYSTANIE DIAMENTOWYCH PIŁ LINOWYCH W DEMONTAŻU OBIEKTÓW I PRACACH BUDOWLANYCH

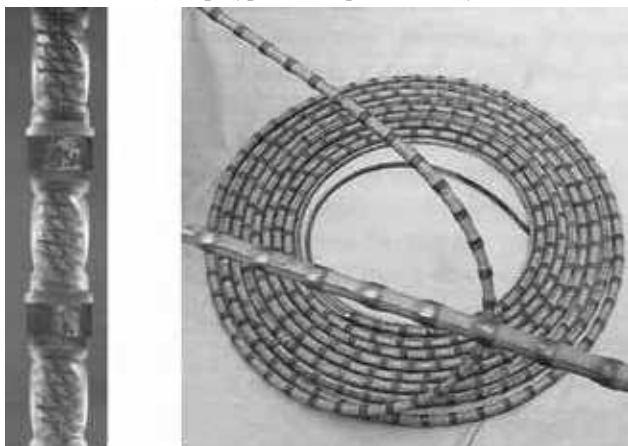
dr hab. inż. Adam BARYLSKI  
profesor Politechniki Gdańskiej  
Wydział Mechaniczny



W różnego rodzaju wykonywanych pracach remontowych istnieje często potrzeba demontażu istniejącej instalacji i rozcięcia konstrukcji budowlanej. Dotyczy to również układów wentylacyjnych i innych, znajdujących się zarówno na zewnątrz budynków, jak i wewnątrz poszczególnych pomieszczeń, niekiedy niewielkich lub wąskich, w kanałach oraz w bardzo złożonych konstrukcjach budowlanych, o zróżnicowanych gabarytach. Najszersze zastosowanie w tego rodzaju pracach mają narzędzia diamentowe, w tym piły linowe, potocznie nazywane także koralikowymi [5, 6, 40, 41]. Od momentu pojawienia się tego rodzaju narzędzi w latach 70. ubiegłego wieku, obserwuje się stały wzrost ich aplikacji w różnego rodzaju sektorach gospodarki [17, 21-23, 43].

Obecnie istnieje na rynku wiele firm wytwarzających diamentowe piły linowe oraz specjalistyczne maszyny do ich napędu. Szczególnie duże zastosowanie znajdują piły napędzane za pomocą lekkich układów przenośnych, charakteryzujących się prostotą konstrukcji i obsługi oraz możliwością zmiany lokalizacji przy użyciu pospolitych środków transportu. Są to zalety szczególnie cenne w pracach remontowo-budowlanych [3, 34, 35].

Standardowa piła linowa zbudowana jest z powtarzających się modułów pierścieniowych z ziarnem diamentowym, umieszczonych na linie nośnej wykonanej ze stali o podwyższonej wytrzymałości na rozciąganie (rys.1). Pomiedzy pierścieniami (koralikami) zbrojonymi ziarnem ściernym znajdują się osłony (o długości 15-25 mm) z odpornego na ścieranie elastycznego tworzywa sztucznego (lub gumy wulkanizowanej). Stosuje się także odpowiednie sprężyny dystansowe [32]. Zadaniem takiej osłony jest zabezpieczenie stalowej liny przed bezpośrednim kontaktem z materiałem przecinanym i pojawiającym się urobkiem, a tym samym jej ochrona przed przyspieszonym zużyciem ściernym. Osłony blokują też ruch pierścieni diamentowych, utrzymując je w stałej względem siebie odległości. Pierścienie robocze mają średnicę wewnętrzną dopasowaną do średnicy liny (zwykle od 3 do 10 mm). W przypadku lin przeznaczonych do cięcia ka-



Rys. 1. Diamentowa piła linowa [28]: 1 – lina stalowa, 2 - pierścienie diamentowe, 3 - osłona z tworzywa sztucznego

mienia budowlanego standardowo na jeden metr liny przypada 30-45 pierścieni. Liny wytwarza się zwykle w odcinkach o długości 5, 10, 15 i 20 m. Poszczególne odcinki, zależnie od potrzeb, mogą być łączone za pomocą jednego lub kilku gwintowych elementów złącznych. Liny bezkońcowe produkują się najczęściej przez skrócenie obu końców odpowiednio gwintowaną tuleją lub przez zaciśnięcie specjalnych nasadek. Prędkość przecinania piłami linowymi oraz średnia wydajność powierzchniowa tej obróbki jest funkcją wielu zmiennych. Dane dotyczące cięcia wybranych materiałów zawiera tabela 1.

Tab.1. Średnia wydajność i prędkość cięcia diamentowymi piłami linowymi [12]

Materiał przecinany	Prędkość cięcia [m <sup>2</sup> /h]	Średnia wydajność cięcia [m <sup>2</sup> /m długości piły]
Biały krystaliczny marmur	8-15	25*/50**
Jednorodny zwarty marmur i wapień		15*/30**
Niejednorodny twardy marmur		15**
Trawersyn	10-15	50*/75**
Granit	1-2	
Łupki	4-7	
Tufy wulkaniczne	20-30	22**

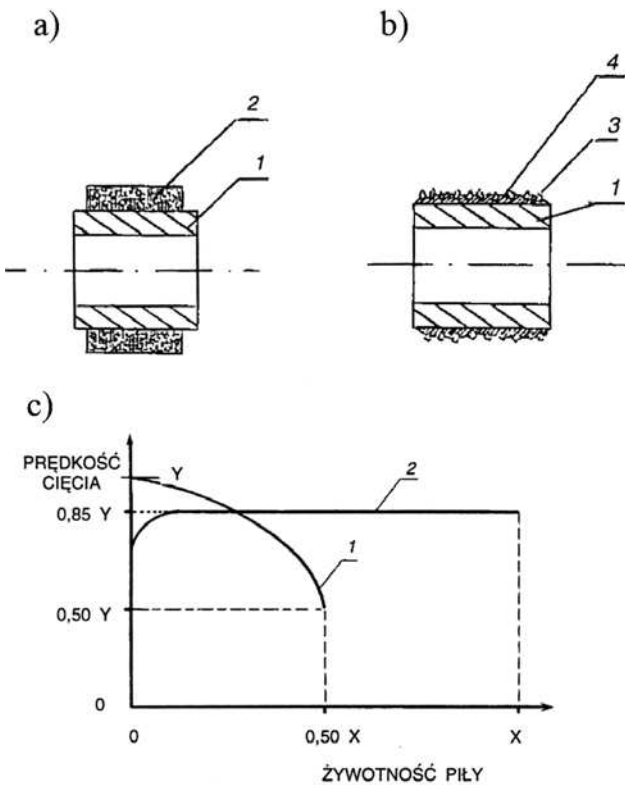
\* tzw. piła galwaniczna

\*\* tzw. piła impregnowana

Narzędzia produkują się w dwóch odmianach [9, 11-13, 15, 19, 20, 27, 36, 37]. Piły z pierścieniami z monowarstwą diamentową (tzw. galwaniczne) wytwarza się metodami elektrochemicznymi lub przez lutowanie w próżni (przy pomocy np. brązów niklowych) – rysunek 2, co zapewnia mocniejsze związanie diamentów z korpusem. Piły monowarstwowe charakteryzują się tym, że ziarna diamentu są stosunkowo równomiernie wysunięte ponad powierzchnię spoiwa niklowego (o grubości 1-3 mm), co umożliwia przecinanie z większą prędkością, zwłaszcza gdy jest to na-



Rys. 2. Pierścienie z monowarstwą diamentową wytwarzaną przez lutowanie w próżni [14,18]



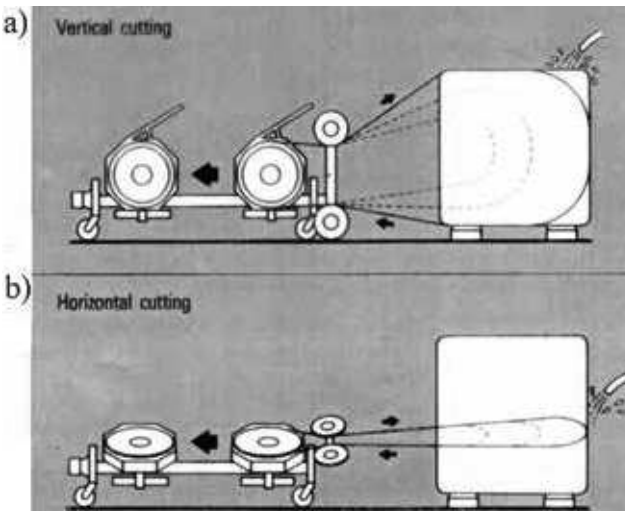
Rys. 3. Budowa pierścieni diamentowych [4]: a) ze spieczoną warstwą diamentowo-metalową (1-pierścień stalowy, 2-spiek diamentowo-metalowy), b) z monowarstwą diamentową (1- pierścień stalowy, 3- monowarstwa ziarna diamentowego, 4-spoiwo), c) zależność pomiędzy prędkością przecinania a trwałością piły linowej (1-piła z monowarstwą diamentu, 2-piła ze spiekem diamentowo-metalowym)

diamenty spiekane mają szersze zastosowanie. Warstwa diamentu jest względnie gruba oraz liczność ziaren jest większa, w porównaniu z pierścieniami monowarstwowymi. Tym samym narzędzia charakteryzują się większą żywotnością (rys.3). Można je stosować zarówno do cięcia różnych odmian kamienia, jak i sztucznych materiałów budowlanych, w tym o niejednorodnej budowie, twardych i odpornych na ścieranie.

Najszerze zastosowania diamentowych pił linowych dotyczą pozyskiwania bloków skalnych w kamieniołomach [1, 3, 24, 42], rozcinania dużych bloków na mniejsze lub na płyty (rys.4) oraz, o czym wspomniano na wstępie, w pracach budowlanych i remontowych, w tym różnego rodzaju przecinania i rekonstrukcji obiektów (rys.5 i 6) – zarówno na lądzie, jak i pod wodą. Obejmują one nie tylko elementy żelbetowe, ale i w pełni metalowe. Uniknięcie szkodliwego działania drgań podczas cięcia zmniejsza ryzyko pojawienia się niekorzystnych pęknięć w konstrukcji.

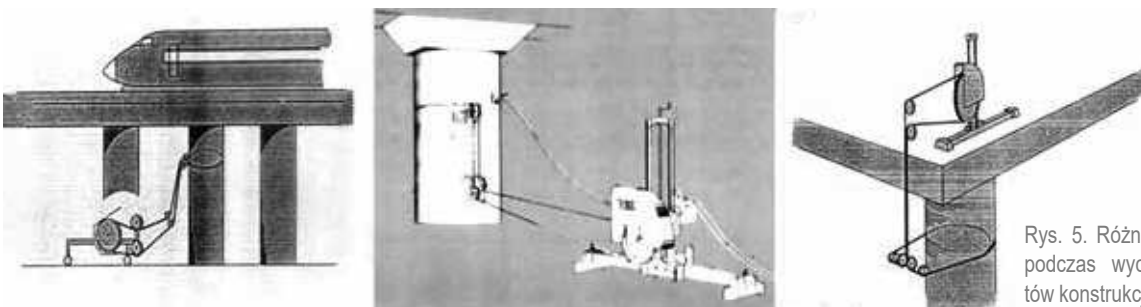
Obróbka kamienia znana była już w starożytnym Egipcie. Podstawowymi sposobami było obijanie i tarcie zaciśniętym w ręce odpowiednim kamieniem z użyciem proszku ściernego, cięcie miedzianą piłą z wykorzystaniem luźnego ścierniwa, wiercenie rdzeniowe miedzianą rurą oraz kamieniem lub ostrzem w obecności proszku ściernego. Narzędzia miedziane można było stosować przy obróbce bloków wapiennych [10]. Współczesne centra obróbkowe, wieloosiowe diamentowe traki linowe, kopiarki i przecinarki mogą wykonać dowolny kształt z dokładnością elementów, co warto podkreślić, które pozostawili nam nasi poprzednicy.

Proces wycinania bloków skalnych składa się obecnie z kilku etapów. Dla wprowadzenia piły do wnętrza górotworu wierce się minimum dwa otwory łączące się wzajemnie (np. pionowy i poziomy), przeciąga przez te otwory linę i trwale łączy jej końce, po czym nakłada na koło napędowe maszyny roboczej i na koła napinające. Standardowe maszyny poruszają liny z prędkością 30-45 m/s. Wyższe prędkości i duże moce napędu występują w przypadku materiałów trudnoobrabialnych ściernie i o niejednorodnej budowie. Przykładowo, w przypadku cięcia granitu wymagany jest napęd o mocy 25-45 kW, zaś dla względnie miękkich marmurów – do 20 kW. Operacje cięcia prowadzi się na mokro. Standardowo, zużycie wody chłodzącej kształtuje się w zakresie od 20 do 50 l/min, zależnie od pola powierzchni przecinanej. Typowe naciągi lin wynoszą od 1,2 do 3 kN, przy czym w przypadku niższych prędkości zaleca się stosowanie większych wartości naciągów. Dla zapewnienia względnie stałego i dostatecznego naciągu piły, podczas całego cyklu obróbki, maszynę roboczą stopniowo odsuwa się od rozcinanego obiektu lub zwiększa napięcie liny, regulując odpo-



Rys. 4. Schemat ustawienia zespołu napędowego piły linowej [29]: a) pionowe, b) poziome

rzędzie nowe. Ziarna są jednak narażone na wykruszenia i starcie, dlatego też piły z pierścieniami z monowarstwą diamentu zalecać należy do obróbki materiałów o mniejszej twardości i o jednorodnej budowie, w tym konstrukcji stalowych. Piły zawierające



Rys. 5. Różne ustawienie piły podczas wycinania fragmentów konstrukcji budowlanej [29]



Rys. 6. Przykłady zastosowania pił linowych: a) cięcie bloku skalnego na płyty [2], b) cięcie ścian budynku podczas rozbudowy [25]



mator cięć wielokrotnych z wyświetlaniem zadanej szerokości cięcia. Zużycie wody chłodzącej w tym urządzeniu wynosi ok. 10 l/min.

Piły linowe umożliwiają bardzo efektywne wykorzystanie zasobów kamieniołomów przez wykonanie jednorazowo cięć wzdłuż dużych powierzchni podziału, co w konsekwencji pozwala zwiększyć ilość pozyskanego dobrej jakości surowca skalnego. Metoda ta umożliwia wycinanie bardzo dużych prostopadłościennych (wielotonowych) bloków, które w dalszej kolejności można pociąć na płyty, wykonać kolumny i różnorodne rzeźbienia. Można też wycinać bloki o złożonych i wcześniej zaprogramowanych kształtach [16]. Technika ta praktycznie eliminuje niekorzystne drgania górotworu, które występują podczas eksploatacji surowców skalnych innymi metodami. Możliwość wydłużenia pił linowych przez dodanie kolejnych modułów ułatwia zastępowanie innych technik przecinania oraz obróbkę w sytuacjach, gdy już nie można zastosować nawet największych pił tarczowych, trakowych lub taśmowych. Szybkość przemieszczenia maszyny roboczej, montażu i demontażu pił umożliwia również pracę w warunkach polowych. Uzyskujemy nie tylko większą prędkość przecinania, ale i cichszą pracę. Powierzchnia elementów po przecięciu może być następnie frezowana, szlifowana lub polerowana.

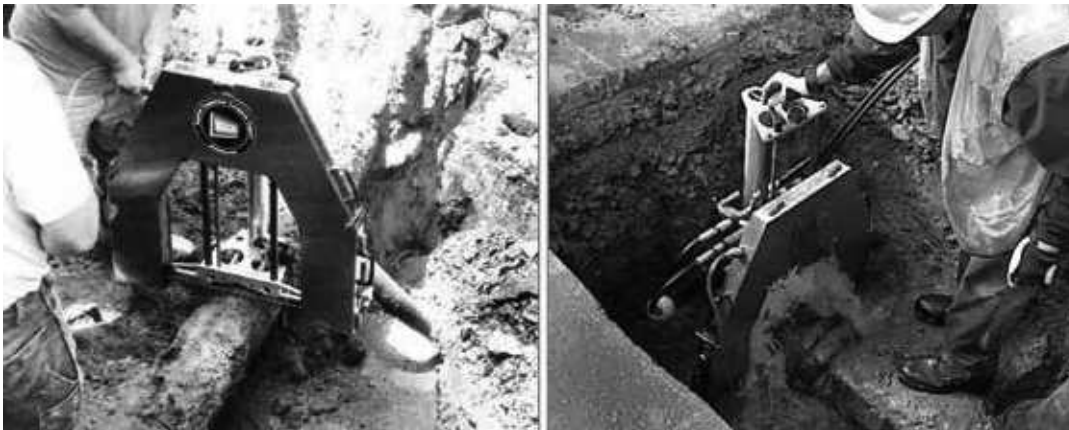
wiednio rozmieszczenie kół napinających. Dzięki płynnej regulacji prędkości liny diamentowej można ciąć zarówno granit, marmur i pozostałe gatunki kamienia [30,33,38]. W przypadku np. traka linowego PTL/13.5/3000x1250/MFA” smart” [33] piła (o długości 13,5 m i średnicy 6-8 mm) napędzana jest przekładnią pasową z silnika elektrycznego (o mocy 14 kW), w którym prędkość obrotowa regulowana jest przemiennikiem częstotliwości. Maszyna wyposażona jest w pneumatyczny system napinania liny o regulowanej sile naciągu. Układ sterowania przystosowany jest do pracy w trybie ręcznym, półautomatycznym lub automatycznym. W trybie półautomatycznym ustawić należy wysokość i linię cięcia liny. Grubość kształtowanych płyt ustawiana jest każdorazowo przez operatora. W cyklu automatycznym zastosowany jest elektroniczny progra-

Przykłady aplikacji w pracach remontowo-budowlanych (rys.6 oraz 7), to: cięcie ścian budynków i obiektów w kopalniach podziemnych, w pracach na dachu budynku, na i pod wiaduktami, w tunelach, w zamkniętych halach fabrycznych oraz pod wodą, usuwanie (wycinanie) części domów i hal (np. stropów i fragmentów ścian) oraz zużytych lub uszkodzonych mostów, chłodni w elektrowniach, rur kanalizacyjnych, rurociągów czy urządzeń odpylających, eliminacja robót wyburzeniowych materiałami minerskimi lub kruszenia głośnymi narzędziami pneumatycznymi, remonty elektrowni jądrowych i innych obiektów komunalnych i przemysłowych (np. instalacji chemicznych, oczyszczalni i zbiorników ścieków), gdzie mogą występować warunki szkodliwe dla człowieka, utylizacja wraków statków przez pocięcie ich na części przydatne do recyklingu i w wielu innych przedsięwzięciach.

Proces cięcia elementów stalowych przy użyciu diamentów (najtwardszy minerał, tab.2) jest możliwy przy dostatecznym chłodzeniu wodnym, gdyż w przeciwnym wypadku występuje proces tworzenia się węglików (reaktywność diamentu do żelaza w podniesionej temperaturze), [7,8]. W ten sposób możliwy jest nie tylko remont (rozcięcie) dużego silnika okrętowego, czy przecięcie rur o średnicy 100-400 mm, wymagające mniejszego wykopu niż przy użyciu tradycyjnych pił. Urządzenie takie mocowane jest bezpośrednio do rury (rys.8), umożliwiając względnie szybkie i dokładne przecięcie, niezależnie od rodzaju materiału, w tym żelaza sferoidalnego i stali [26].



Rys. 7. Wycinanie otworów kołowych i o dowolnych kształtach w ścianach, stropach i innych elementach konstrukcji budowlanej [31]



Rys. 8. Piła linowa DW Guillotine firmy E.H. WACHS do cięcia rur [26]

Tab.2. Porównanie skali twardości materiałów ściernych

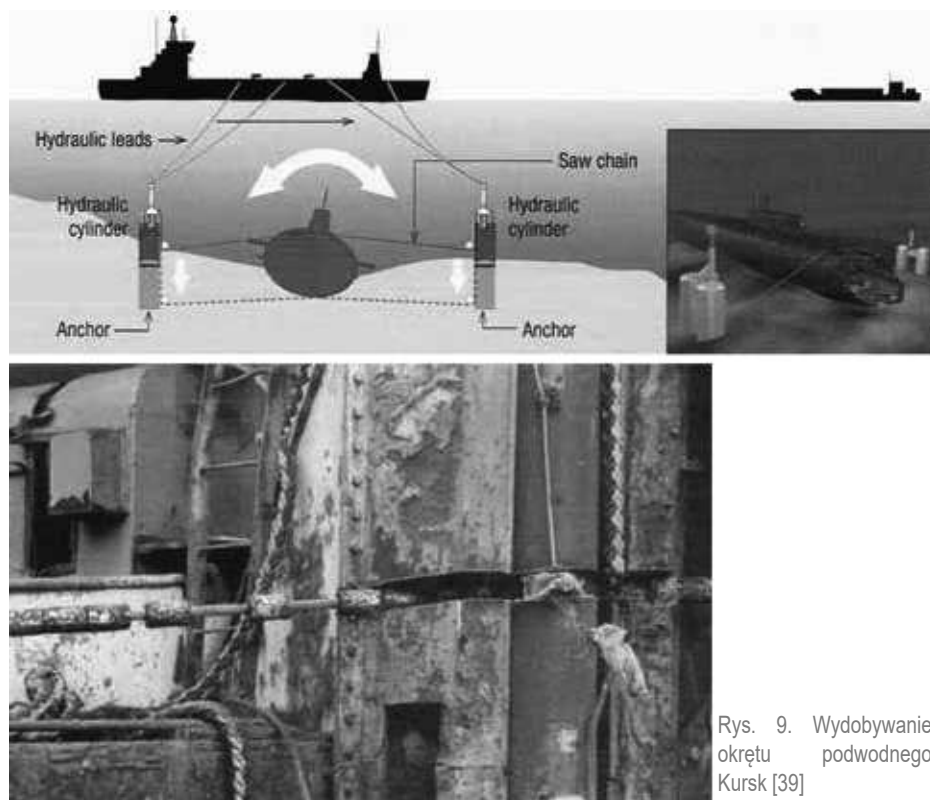
Klasyczna Mohsa (1812r)		Rozszerzona Ridgweya (1833r)		Mikrotwardość
wzorec	skala diament = 10 talk = 1	wzorec	skala diament = 15 talk = 1	HV [GPa]
diament	10	diament	15	98.7
		węgiel boru B <sub>4</sub> C	14	54.9 - 56.9
		węgiel krzemu czarny SiC	13	26.0-29.5
korund	9	korund	12	20.1 - 21.6
		sienek cyrkonu ZrO <sub>2</sub>	11	12.8
topaz	8	topaz	10	11
		granat	9	10.3
kwarc	7	kwarc	8	9.8
		szkło kwarcowe	7	8.6 - 9.8
ortoklaz	6	ortoklaz	6	5.9 - 7.4
apatyt	5	apatyt	5	4.1
fluoryt	4	fluoryt	4	1.5
kalcyt	3	kalcyt	3	1.2
gips	2	gips	2	0.35
talk	1	talk	1	0.2

Spektakularnym przykładem wykorzystania diamentowych pił linowych było m.in. wydobycie zatopionego atomowego okrętu podwodnego Kursk (rys.9), [39]. Praktycznie, po rozpięciu piły i uruchomieniu maszyny roboczej nie wymaga ona obsługi, co w przypadku pracy w warunków szkodliwych dla ludzi jest jeszcze jedną ważną zaletą.

## LITERATURA

- [1] Andriani G.S., Loi G., Trois P., Rossi G.: Combining mechanochemistry and innovative diamond wire saws for improving productivity in granite quarries. *Mining Engineering*, 2005, nr 10, s.46-52.
- [2] Anker A.: 50 wires for greater economy in block sawing of stone. *Industrial Diamond Review*, 2001, nr 2, s.81-85.
- [3] Ataei M., Mikael R., Sereshki F.: Predicting the production rate of diamond wire saw using statistical analysis. *Arabian. J. Geosciences*. Online published 21 Jan. 2011.
- [4] Bakoń A., Barylski A.: Modułowe narzędzia ściernie. Diamentowe piły linowe – budowa i zastosowania. *Technologia i Automatyzacja Montażu*, 2015, nr 2, s.18-22.
- [5] Bakoń A., Szymański A.: *Practical Uses of Diamond*. PWN - Ellis Horwood. Warszawa, 1992.
- [6] Bakoń A.: Zastosowania diamentowych pił koralikowych w górnictwie i budownictwie. *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia*, 1995, nr 4-5, s. 63-69.
- [7] Barylski A., Bakoń A.: Narzędzie ściernie do przecinania, zwłaszcza dużych konstrukcji stalowych. Wzór użytkowy nr PL 59526 z dn.28.02.2003, opubl. w WUP 02/03.
- [8] Barylski A., Bakoń A.: Narzędzie ściernie do przecinania, zwłaszcza wyrobów metalowych. Wzór użytkowy nr PL 59514 z dn.31.01.2003, opubl. w WUP 01/03.
- [9] Case Studies of Diamond Wire Saw Technology. Materiały firmy General Electric (USA).
- [10] Chrzęszczewski W.: Jak to robili nasi poprzednicy, *Nowy Kamieniarz* 34, 5/2008, s.46,47,50,52. [www.nowykamieniarz.pl](http://www.nowykamieniarz.pl).
- [11] Decroly J.C.: Stone extraction from the quarry using diamond wire. *Diamond Inform. Series*. Materiały firmy De Beers Industrial Diamond Division (W. Brytania).
- [12] Diamond wire for sawing granite. Materiały firmy Diamant Boart (Belgia).
- [13] Diamond wire sawing machines for sawing reinforced. Materiały firmy Diamant Boart (Belgia).
- [14] Diamontseil zum Troken von Granitblocken. Materiały firmy Diamant Boart (Belgia).
- [15] Finnigan G.: Machinig stone with diamond tools. *Diamond Information Series*. Materiały firmy De Beers Industrial Diamond Division (W. Brytania).
- [16] Frankiewicz W., Fuławka K.: Badania procesu wycinania profilowanych elementów kamiennych diamentową piłą linową. *Mining Science – Mineral Aggregates*, 2015, vol.22(1), s.21-32.
- [17] Gu L., Li P., Tieming X.: The Optimal Desing of Composite Bead Wire Saw Frame Based on SUMT. *Key Engineering Materials*, 2014, vol.620, s.282-287.
- [18] <http://www.mcdiam.com.pl>[dostęp 16.11.2011].
- [19] <http://www.wanlongstone.com>[dostęp 16.11.2011].
- [20] <http://www.wire-saw-machines.com>[dostęp 14.06.2011].
- [21] Jain S.C., Rathore S.S.: Prediction of Cutting Performance of Diamond Wire Saw Machine in Quarrying of Marble: A Neural Network Approach. *Rock Mech. Rock Eng.*, 2011, vol. 44, s.367-371.
- [22] Jain S.C., Rathore S.S.: Role of cut area on the performance of diamond wire saw machine in quarrying of marble. *Int. J. of Mining, Reclamation and Environment*, 2009, vol.23, nr 2, s.79-91.
- [23] Jain S.C., Rathore S.S.: Role of Peripheral Speed of Diamond Wire Saw Machine in Cuting of Dolomitic Marble Stones, 16<sup>th</sup> International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Bangkok, Thailand, 11-13 December 2007, s.442-452.
- [24] Jennings M.: Imperial performance with diamond wire. *Industrial Diamond Review*, 2002, nr 4, s.266.

- [25] Hellman O. G.: The hill are alive but now less noisy. *Industrial Diamond Review*, 1986, nr 4, s. 147-149.
- [26] Materiały firmy E.H. WACHS.
- [27] Katalog firmy FALRTMAR (Portugalia).
- [28] Materiały firmy IMEX INDUSTRIES (USA).
- [29] Materiały firmy General Electric (USA).
- [30] Materiały firmy Hydrostress (International) Ltd (Szwajcaria).
- [31] Materiały firmy KONKRET (Opacz k. Warszawy).
- [32] Materiały firmy MC DIAM Sp. z o.o.
- [33] Materiały firmy PROMECH S.A. (Piotrowice).
- [34] Özçelik Y.: The effect of marble textural characteristics on the sawing efficiency of diamond segmented frame sawe. *Industrial Diamond Review*, 2007, nr 1, s.65-70.
- [35] Özçelik Y., Bayram F.: Optical investigation of bead wear in diamond wire cutting. *Industrial Diamond Review*, 2004, nr 64, s.60-65.
- [36] Przyklen K.: Diamond impregnated tools - uses and production. *IDR*, 1994, vol.53, nr 4, s.192-195.
- [37] Sung C.M.: Brazed diamond grid: a revolutionary design for diamond saws. *Diamond and Related Materials*, 1999, vol.8, s.1540-1543.
- [38] The new universal wire saw system. Modular unit for core drill system BC-2. Materiały firmy Hydrostress (Internat.) Ltd (Szwajcaria).
- [39] Vogt B.: Bow of the Kursk cut with "diamond chain". *Industrial Diamond Review*, 2002, nr 3, s.151-154.



Rys. 9. Wydobycie okrętu podwodnego Kursk [39]

- [40] Wilks J., Wilks E.: *Properties and Applications of Diamond*. Butterworth-Heinemann, 1992.
- [41] Wright D.N., Engels J.A.: Umwelt- und Kostenvorteile bei Abbau und Bearbeitung von Naturstein mit Diamant-Seilsägen. *Ind. Diamanten Rundschau*, 2003, vol.37, nr 3, s.252-264.
- [42] Wright D.N., Engels J.A.: The environmental and cost benefits of using diamond wire for quarrying and processing of natural stone. *Industrial Diamond Review*, 2003, nr 4, s.16-24.
- [43] 20 years of diamond wire. *Marmomacchine*, 1999, nr 149, s.278-304.

**Od kwietnia bieżącego roku produkty firmy SCHAKO są oferowane w Polsce bezpośrednio przez oddział własny firmy, SCHAKO Polska, zlokalizowany w Piasecznie pod Warszawą**



Firma SCHAKO, wynalazca między innymi nawiewnika wirowego, od prawie 90 lat produkuje komponenty systemów wentylacji i klimatyzacji, które stanowią punkt odniesienia i wyznaczają standardy w branży, od systemów dystrybucji powietrza i regulacji przepływu przez ochronę przeciwpożarową i ochronę akustyczną do belek chłodzących i fan-coili. Rozwój konstrukcji urządzeń w oparciu o własne laboratoria zapewnia optymalną funkcjonalność produktów, zaś zautomatyzowane linie produkcyjne w pięciu zakładach w Europie, pozwalają na utrzymanie najwyższych standardów jakości wykonania.

SCHAKO Polska powstała aby kontynuować i rozwijać obecność marki w Polsce. Należy w całości do holdingu SCHAKO AG i dostarcza pełny zakres urządzeń i rozwiązań czołowego europejskiego producenta. SCHAKO Polska pracuje nad poszerzeniem oferty urządzeń grupy SCHAKO w kraju i zwiększaniem jej atrakcyjności, wdrażając najlepsze praktyki działania w branży technicznego wyposażenia budynków. SCHAKO Polska zamierza dostarczać w możliwie szerokim zakresie wsparcie techniczne wyboru optymalnych i nowoczesnych rozwiązań, wspomaganie projektowania i doboru urządzeń oraz wysoki poziom kompetencji technicznych w dziedzinie rozdziału powietrza i komponentów instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. W tym celu uruchomiono biuro techniczne i budowany jest zespół przedstawicieli regionalnych. Firma oferuje także stale doskonalony i uaktualniany program doboru urządzeń SCHAKO w polskiej wersji językowej oraz materiały informacyjne zawierające solidną wiedzę i dane techniczne pochodzące z badań laboratoryjnych urządzeń.

Obok powszechnie znanych i stosowanych, specjalizowanych i typowych nawiewników, firma proponuje bogaty wybór regulatorów zmiennego i stałego przepływu powietrza, ze stali i tworzywa sztucznego, do wszystkich zastosowań oraz systemy wentylacji laboratoriów, pomieszczeń czystych i innych pomieszczeń o wysokich wymaganiach kontroli ciśnień i przepływu powietrza. Oferuje belki chłodzące i chłodząco-grzewcze w różnych konfiguracjach zabudowy, fan-coile, oraz tłumiki akustyczne, także do zastosowań o szczególnych wymaganiach tłumienia hałasu.

SCHAKO Polska Sp. z o.o., tel. 22 7263570  
info@schako.pl, www.schako.pl, www.schako.com