

# DIAMANTE

APPLICAZIONI & TECNOLOGIA

Publicazione trimestrale - Settembre 2019 - Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in A.P. - D.L. 353/2003 (convertito in Legge 27/02/2004 n°46) art. 1, comma 1, LO/MI

THE NEW  
GENERATION  
OF TOOLS



REDUCED ENERGY  
CONSUMPTION  
UP TO

48%

SPECIAL  
SHAPES

IMPROVED  
CUTTING  
SPEED

DIAMOND BLADES SEGMENT



DIAMOND WIRE BEADS



DIAMOND DISCS SEGMENT



## 3DIM, Diamond Injection Moulding

A new, unique and patented technology. A genuine revolution in the world of diamond tools. Top performance and numerous advantages for stone working companies.

www.dellas.it



# HIGH QUALITY SINTERING



**ELETTRON Progetto Energia s.a.s.**

Via Ceno, 23 - 29122 PIACENZA (ITALY)  
Tel. +39 0523 617752 - Fax +39 0523 571296  
[www.hp.elettron.net](http://www.hp.elettron.net) - email: [info@hp.elettron.net](mailto:info@hp.elettron.net)

# HP100

# CD 103 SILENT DIAMOND BLADE

Silent Diamond Blade CD 103 is one of the most successful products in the range of diamond cutting tools offered by Cuts Diamant. It's a blade, suitable for dry and wet cutting, able to minimize noise during cutting.

- ✓ Granite
- ✓ Concrete
- ✓ Reinforced Concrete
- ✓ Cured Concrete
- ✓ Refractory Bricks



Download our free App



More info: [www.cutsdiamant.com](http://www.cutsdiamant.com)

# CUTS DIAMANT

## CD 114 Multipower



It's finally arrived on the market a special blade of high performance, that replaces the traditional abrasive blades for cutting a great variety of materials.

## Floor Cutter MC 450



## Quick release system for diamond core bits



*Da più di 35 anni*  
*Since more than 35 years*

*...produce utensili diamantati*  
*...it produces diamond tools*

**Workdiamond**



**Workdiamond**

WORKDIAMOND s.r.l. - Diamond tools production  
Via del Commercio, 9 - 29012 CAORSO (PC) Italy  
Tel. +39 0523.821395 r.a. - Telefax +39 0523.821179

[info@workdiamond.it](mailto:info@workdiamond.it)  
[www.workdiamond.it](http://www.workdiamond.it)





MAREA by Vicentina Marmi  
with Donatoni Macchine and Cave Gamba  
Design Elena Salmistraro  
2018 ICON AWARD WINNER

# MAR MO + MAC

DDMADVERTISING.COM

WITH  
STONE  
YOU  
CAN

THE BIGGEST

+ **STONE**

+ **TECHNOLOGY**

+ **DESIGN**

TRADE FAIR

25-28 September 2019  
Verona, Italy

[MARMOMAC.COM](http://MARMOMAC.COM)



dal 1977



# INTERMETAL

## Polveri metalliche e additivi per la produzione di utensili diamantati

### Polveri Metalliche

- Polveri di Cobalto
- Polveri di Tungsteno
- Polveri di Carburo di Tungsteno
- Polveri di Carburo Fuso di Tungsteno
- Miscele di Cobalto/Carburo di Tungsteno
- Polveri Prelegate Next®
- Polveri Prelegate Keen®
- Polveri Prelegate Step®
- Polveri Prelegate Cobalite®
- Polveri di Bronzo
- Polveri di Rame
- Polveri di Stagno

- Polveri di Ferro
- Polveri di Nichel
- Polveri di Alluminio
- Polveri di Argento
- Polveri di Titanio
- Polveri di Zinco
- Polveri di Molibdeno

### Additivi

- Polvere di Grafite
- Glicole
- Leganti per Granulazione
- Lubrificanti in Polvere per Miscelazione

### supporto tecnico

Offriamo consulenza tecnica specializzata per la progettazione dei Vostri utensili diamantati, accompagnandoVi durante il processo di produzione. Possiamo garantirVi un accurato controllo sulla qualità finale dei Vs. utensili per mezzo di analisi micrografiche, prove meccaniche, analisi al SEM, analisi chimiche, prove di durezza.

### Intermetal s.r.l.

Sede legale e magazzino  
Via Aquileia 45 H, 20092  
Cinisello Balsamo (MI)

Tel. (+39) 02 6411471 | (+39) 0585 488068  
Fax. (+39) 02 6430114 | (+39) 02 66103092  
(+39) 02 66104833 | (+39) 0585 1901401

infosrl@intermetal.it  
intermetal@pec.intermetal.it  
www.intermetal.it  
P.I.: 10576000151

# SOMMARIO

## Primo Piano / In the Spotlight

- 10** Virto-Cuccolini: la sfericità delle polveri metalliche causa il bloccaggio della rete di vagliatura / *Virto-Cuccolini: sphericity of metal powders cause blocking of the sieve-mesh*
- 14** Innovazione e competenza, connubio sempre vincente: Dellas incorpora Peak / *Innovation and skill, always a winning combination: Dellas incorporates Peak*
- 17** G.B. F.LLI BERTONCELLO, qualità, esperienza e passione nella costruzione di forni industriali / *G.B. F.LLI BERTONCELLO, quality, experience and passion in the manufacturing of industrial furnaces*
- 20** Innovative and trend-setting: Dr. Fritsch sets standards in the diamond tool industry
- 22** MWS, 20 anni di esperienza nella produzione di forni industriali / *MWS, over 20 years of experience in the production of industrial furnaces*

## Utensili Diamantati / Diamond Tools

- 26** La tecnologia Free Sintering / *The Free Sintering technology*
- 36** Caratterizzazione di laboratorio mirata all'analisi delle prestazioni di fili diamantati per il taglio di materiali carbonatici / *Laboratory characterization aimed at analyzing the performance of diamond wires for marble cutting*
- 55** Cordoli in granito. Basso costo o sostenibilità ambientale? / *Granite curbstone. Low cost or environmental sustainable?*

## Materiali Ceramici / Ceramic Materials

- 75** Materiali ceramici a base di nitruro elettricamente conduttivi / *Electrically conductive nitride ceramics*

L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati, che saranno utilizzati esclusivamente per l'invio della pubblicazione, e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione.



Immagine di Copertina / Cover Page  
"3 DIM, the new generation of tools"  
by Dellas

Pubblicazione Trimestrale  
98ª Edizione - Settembre 2019

ISSN 1824-5765

In Copertina / Cover page:  
**DELLAS S.p.A**  
Via Pernisa, 12  
37020 Lugo di Grezzana (Vr) - Italy  
Tel.: +39 045 8801522  
Fax: +39 045 8801302  
www.dellas.it  
info@dellas.it

Editore / Publisher  
**Editorial and Advertising Office**  
G&M Associated Sas  
Via Caracciolo n° 26  
20155 Milano - Italy  
Tel. & Fax +39 02 314460  
www.gmassdiamante.com  
info@gmassdiamante.com

Direttore Responsabile:  
Renata Marchi

Progettazione, Grafica, Traduzioni  
a cura di: G&M Associated Sas

Hanno collaborato:

N. Auletta  
S. Bianchini  
A. Bilal  
M. Cardu  
S. De Beni  
P. Fresia  
L. Jaworska  
P. Klimczyk  
J. Laszkiewics-Lukasik  
S. Leinonen  
P. Putyra  
e gli Autori citati.

Stampa: CPZ Spa,  
Costa di Mezzate (BG)

Autorizzazione del Tribunale di  
Milano n° 454 del 18 novembre 1993

Registro Operatori di Comunicazione  
n° 4373 del 21 novembre 2001  
(ex Registro Nazionale della Stampa  
n° 454 del 18 ottobre 1993).

Spedizione in abb. postale 45% -  
art. 2 comma 20/b legge 662/96



# CONTENTS

## News ed Eventi / News and Events

Tutti i diritti di riproduzione e traduzione degli articoli pubblicati sono riservati. È vietata la riproduzione, anche parziale, degli articoli senza l'autorizzazione dell'Editore e delle dovute referenze. Manoscritti, disegni, fotografie e altro materiale inviato in redazione, anche se non pubblicato, non saranno restituiti. L'Editore non si assume alcuna responsabilità per le opinioni e per le idee espresse dagli autori né per i contenuti pubblicitari degli inserzionisti.

L'Editore G&M Associated Sas ai sensi dell'art.13 del D. Lgs n° 196/2003 e dell'articolo 2 (comma 2) del Codice di deontologia professionale relativo al trattamento dei dati personali nell'esercizio dell'attività giornalistica, rende nota l'esistenza presso la sede di Milano, Via Caracciolo 26, di una banca-dati ad uso redazionale utilizzata esclusivamente per le finalità previste dalle leggi vigenti. Per esercitare in qualsiasi momento i diritti previsti dal suddetto D. Lgs, gli interessati potranno rivolgersi a G&M Associated Sas, titolare del trattamento dei dati, scrivendo a [info@gmassdiamante.com](mailto:info@gmassdiamante.com).

All rights for any form of reproduction or translation of contents are reserved. The reproduction of an article, or part of it, without permission of the Publisher and due references is forbidden.

The Publisher assumes no responsibility for opinions expressed in editorial articles or advertisements. Any manuscripts, photographs or other material received will not be returned even if published.

In compliance with the provisions regarding the safeguard of personal data (D.lgs. [legislative decree] no. 196/2003, c.d. Code concerning protection of personal data), G&M Associated Sas wishes to inform you that personal data provided will be dealt with according to the principles of correctness, legality and transparency.

- 80** Middle East Stone returns alongside The Big 5 in 2019
- 82** Rocalia, the benchmark trade show for the natural stone sector returns to Lyon
- 86** Vitrum 2019 è alle porte: numeri da record e tante novità  
*Vitrum 2019 is just around the corner: record numbers and innovations*
- 88** Osservatorio SAIE Bari - 2° semestre 2019: circa la metà (42%) delle imprese che operano nell'edilizia vuole creare nuovi posti di lavoro

## Decostruzione / Concrete Cutting

- 92** Demolizione con utensili diamantati per l'ammodernamento del DFW / Concrete sawing only choice to upgrade DFW

### Subscription Diamond Estimators

Italy - Europe	Euros 150,00
U.S.A. - Africa - Asia	Euros 180,00
Oceania	Euros 200,00



## Inserzionisti / Advertisers

INS.1	ATAL	3	MARMOMACC 2019 - Verona	2	WORKDIAMOND
9	BAYMET	19	MEGA DIAMANT	35	XIAMEN STONE FAIR 2019 - Xiamen
13	CUCCOLINI - VIRTO GROUP	81	MIDDLE EAST STONE 2019 - Dubai	53	Schede tecniche Vademecum
1	CUTS DIAMANT	23	MWS FORNI	65	Schede tecniche Vademecum
2	ELETTRON	37	RAW TECH	84	Schede tecniche Vademecum
INS.2	EPMA 2019 - Maastricht	91	RESTRUTURA 2019		
7	FRATELLI MILANO	83	ROCALIA 2019 - Lione		
INS.1	G.B. F.LLI BERTONCELLO	89	SAIE 2019 - Bari	I	COP. DELLAS
4	INTERMETAL	27	SAGWELL METAL POWDER	II	COP. ELETTRON
INS.2	LINBRAZE	69	STONE+TEC 2020 - Nuremberg	III	COP. CONEXPO 2020 - Las Vegas
25	MARBLE 2020 - Izmir	85	VITRUM 2019 - Milano	IV	COP. POLIGEM



# Fratelli Milano S.r.l.

Machines for the production of diamond tools



**STAND B1 - HALL 5**



**MARMO+MAC**<sup>TM</sup>  
THE BIGGEST STONE + DESIGN + TECHNOLOGY TRADE FAIR

**25/28 SEPT**  
**2019**  
Verona, Italy

FRATELLI MILANO S.R.L. - Frazione Vai 1/B - 10084 FORNO CANAVESE (TO) - ITALY Tel +39.0124 77266

[www.fratellimilano.com](http://www.fratellimilano.com)



# SCIENTIFIC COMMITTEE



The Diamante A&T Scientific Committee is composed of professors, researchers, engineers and consultants covering the various areas of activities of the stone industry. They are all widely renowned experts with distinguished academic credentials. The different professional backgrounds, disciplines and areas of specialization provide for a balanced composition of the Committee allowing for fruitful synergies within the Committee.

## PRESIDENT

**Oswaldo Cai**, Research and Development Consultant in Diamond Tools Production and Applications, Torino, Italy.

## MEMBERS

**Ozgur Akkoyun**, Associate Professor, Faculty of Engineering, Department of Mining Engineering, Mining Division, Dicle University, Diyarbakir, Turkey.

**Augusto Bortolussi**, Senior Researcher, Department of the Institute of Environmental Geology and Geoengineering, National Research Council of Italy, Cagliari, Italy.

**Roberto Bruno**, Professor of Research and Study Center on Mining Engineering, Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering, University of Bologna, Italy.

**Marilena Cardu**, Associate Professor, Excavation Techniques, Environment, Land and Infrastructures Department, Politecnico di Torino, Italy.

**Nicola Careddu**, Senior Researcher in Dimension Stone Quarrying and Processing, Civil, Environmental Engineering and Architecture Department, University of Cagliari, Italy.

**Luigi Carrino**, Professor of Manufacturing Processes and Systems, Department of Chemical, Materials and Production Engineering, University of Naples "Federico II", Italy.

**Fabrice Dagrain**, Associate Researcher in Dimension Stone Quarrying and Material Characterization, Department of Civil Engineering and Structural Mechanics, University of Mons, Belgium.

**Leonardo Luiz Lyrio Da Silveira**, Geologist, Centro De Tecnologia Mineral, CETEM-MCT, Rio de Janeiro, Brasil.

**Marcello Filgueira**, Full Professor, Advanced Materials Lab., Northern Fluminense State University, Campos dos Goytacazes/RJ, Brasil.

**Iñigo Iturriza**, Principal Researcher, Materials Department, CEIT, Donostia/San Sebastián, Spain.

**Lucyna Jaworska**, Professor of Materials Science at the Institute of Advanced Manufacturing Technology and at AGH, University of Science and Technology of Krakow, Poland.

**Janusz Konstanty**, Professor of Materials Science at AGH, University of Science and Technology of Krakow, Poland.

**Michele Lanzetta**, Associate Professor of Manufacturing Processes and Systems, Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa, Italy.

**Seppo Leinonen**, Geologist, Geological Survey of Finland, GTK, Kuopio, Finland.

**Alberto Molinari**, Professor of Metallurgy, Department of Industrial Engineering, University of Trento, Italy.

**Fabrizio Memola Capece Minutolo**, Associate Professor of Manufacturing Processes and Systems, Department of Chemical, Materials and Production Engineering, University of Naples "Federico II", Italy.

**Piero Primavori**, Dimension Stone International Consultant.

**Mario Rosso**, Professor of Metallurgy, Department of Applied Science and Technology, Politecnico di Torino, Italy.

**Wolfgang Tillmann**, Professor of Materials Engineering, Institute of Materials Engineering, TU-Dortmund University, Germany.

**Sandro Turchetta**, Assistant Professor of Manufacturing Processes and Systems, Department of Civil and Mechanical Engineering, University of Cassino and southern Lazio, Cassino, Italy.

Your contact point for *Turkey*

For all your sales to Turkey and purchases from Turkey  
We are here to help you with our  
experienced team and huge warehouse



## Raw Materials For Diamond Tools

### • Industrial Diamonds



### • Metal Powders



- \* Cobalt Powders; CoEF, Co400 mesh
- \* Bronze Powders; Br 90/10, Br 85/15
- \* Copper Powders; Cu
- \* Tin Powders; Sn
- \* Nickel Powders; Ni
- \* Iron Powders; Fe, CIP
- \* Tungsten Powders; W, WC, CWC
- \* Prealloyed Powders
- \* Chemicals for binding, lubricating, ....etc.



İspar İş Merkezi No: 66 Seyrantepe/İstanbul/Turkey Tel: +90 212 282 39 47 Fax: +90 212 282 39 64

e-mail: info@baymet.com

[www.baymet.com](http://www.baymet.com)



# Virto-Cuccolini: la sfericità delle polveri metalliche causa il bloccaggio della rete di vagliatura

Per decenni, i produttori di vagli hanno lottato contro la forma irregolare delle particelle di polveri, trascurando però le difficoltà poste dalle polveri con particelle estremamente sferiche prodotte dall'industria metallurgica

di Asad Bilal, Cuccolini Srl - Virto Group

**V**agliare particelle di forma irregolare rappresenta un ostacolo evidente: esse hanno una tendenza ad incurvarsi nella maglia della rete, nonostante possano risultare di dimensioni inferiori rispetto alla sezione trasversale (Fig.1).

D'altro canto, le particelle più fini con polverino intrinseco possono arrivare a rivestire la rete a causa delle forze elettrostatiche, oppure delle proprietà agglomeranti pro-

prie del prodotto da vagliare (Fig.2).

Tradizionalmente, entrambi i problemi sopra menzionati sono stati parzialmente risolti con l'inserimento di una maggiore agitazione della rete. Ciò può avvenire nella forma di cursori di nylon posti sotto rete oppure, più recentemente, con l'uso dell'espansione e contrazione ad ultrasuoni della maglia della rete.

Nel contesto delle polveri metalliche, la morfologia della

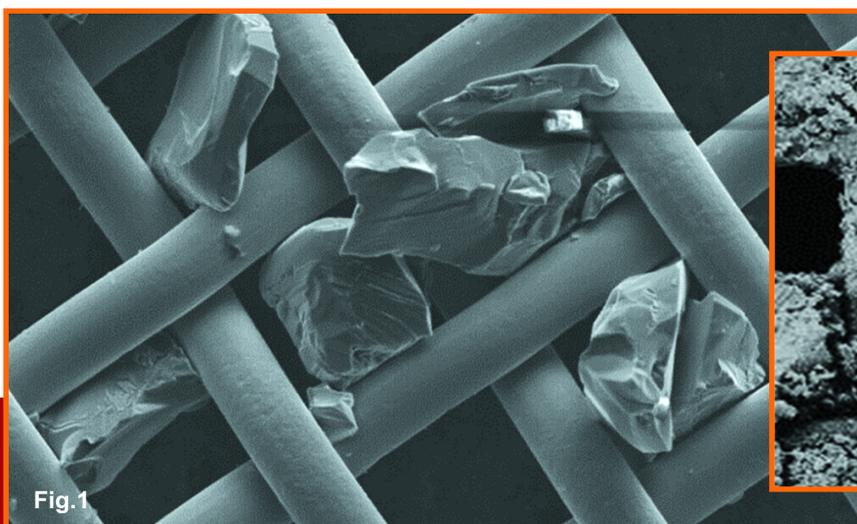


Fig.1



Fig.2

## Virto-Cuccolini: sphericity of metal powders cause blocking of the sieve-mesh

For decades, sieve manufacturers have battled against the irregular powder shape yet overlooking the difficulties posed by extremely spherical powders being produced in the Metallurgy Industry

by Asad Bilal, Cuccolini Srl - Virto Group

**S**ieving of irregular shaped particles present an obvious hurdle; they have a tendency to wedge into the mesh aperture, even though they may be smaller at certain cross sections (Fig.1).

On the other hand, finer particles with inherent dust may coat the mesh either by electrostatic forces or the sheer agglomerative properties of the material itself (Fig.2).

Traditionally, both of the above problems are partially resolved by the introduction of greater agitation of the mesh. This may be in the form of nylon sliders placed below the

mesh, or in recent years, with the use of ultrasonic expansion and contraction of the mesh aperture.

Within the context of powdered metals; the morphology of the powder is an extremely critical parameter, one that directly impacts:

- near net shape
- porosity or the lack of
- flow-ability
- final alloy property/ behaviour.

polvere rappresenta un parametro estremamente critico che impatta direttamente:

- sull'ottenere forme quasi perfette
- sulla porosità o sulla sua assenza
- sulla scorrevolezza
- sulle proprietà finali e/o sul comportamento della lega ottenuta.

Avere un controllo assoluto sulla morfologia e, quindi, sulla sfericità delle polveri metalliche permette accuratezza e prevedibilità nella fase di produzione, sia questa un processo HIP, MIM, EBM o SLM, con una distribuzione granulometrica delle particelle (PSD) che va da 10 a 350 micron (Fig.3). Le recenti innovazioni e i miglioramenti nel rendimento della fase di atomizzazione nella produzione di polveri sferiche fini hanno portato ad un aumento delle difficoltà per quanto riguarda la vagliatura e la miscelazione, presentando una chiara correlazione tra una maggiore sfericità e l'impossibilità di vagliare.

Come mostra la Fig.4, la qualità della polvere si sta muovendo dalla forma a satellite collegati, o irregolare, e sta arrivando all'assenza di satelliti, a una maggiore sfericità e ad una distribuzione controllata della granulometria.

Il problema è oltre modo esasperato dalla disponibilità di reti estremamente accurate con maglie molto ben definite e misurabili.

Pertanto, sono finiti i tempi in cui i produttori di polveri avevano la possibilità di giustificare la deviazione evidente

nella morfologia semplicemente a causa di una rete imprecisa. Gli utilizzatori di polveri stanno sempre più chiamando in causa la chimica, la purezza e la morfologia delle polveri che acquistano.

A questo punto, emerge il problema della superficie passante e nella Fig.5 è visibile un'illustrazione di due distinte reti, con la stessa maglia, ma con un'area di superficie passante drasticamente ridotta nel caso di utilizzo di un filo più spesso.

Mentre la distribuzione granulometrica delle particelle (PSD) si riduce e la sfericità aumenta, la metodologia tradizionale di variare la maglia per setacciare la polvere non è più valida. Se la richiesta è quella di vagliare la polvere a 45 micron, e la curva PSD si trova vicina a questa richiesta, allora le opzioni si limitano all'uso della rete a 45 micron.

Aumentare o ridurre la maglia della rete non è la soluzione

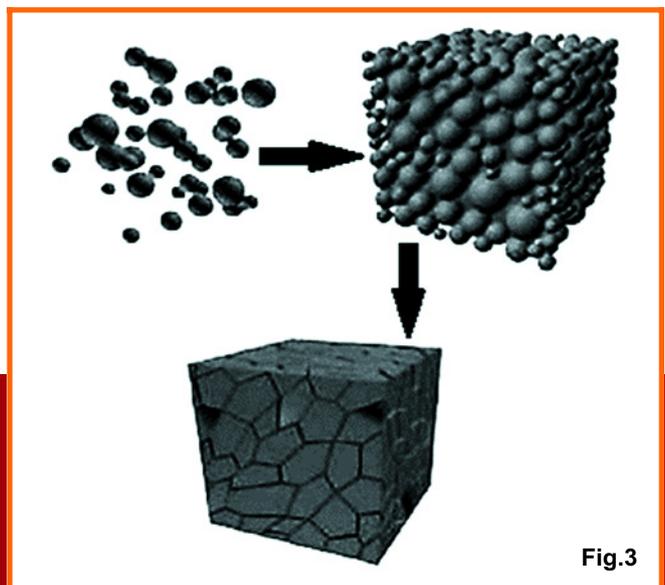


Fig.3

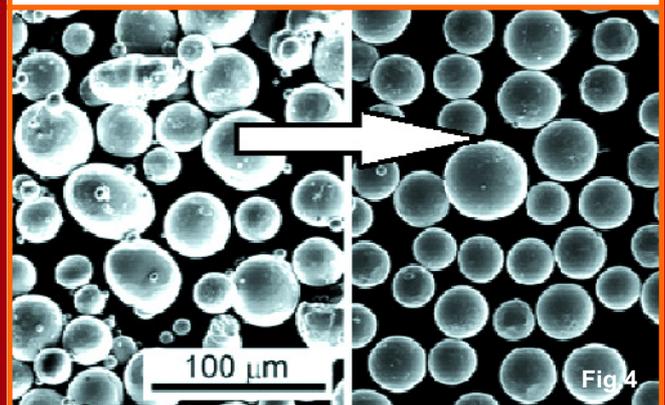


Fig.4

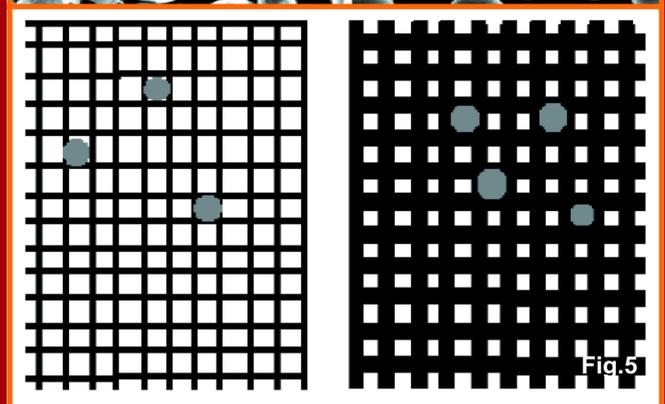


Fig.5

Having absolute control over the morphology and thus the sphericity of the powdered metal allows accuracy and predictability at the production stage, be it HIP, MIM, EBM or SLM process with Particle Size Distribution "PSD" ranging from 10 micron to 350 micron (Fig.3).

Recent advancement and improved yields at the atomisation phase of fine spherical powder production has led to increased difficulties for sieving and blending, presenting a clear correlation between greater sphericity and the inability to sieve.

As Fig.4 shows, powder quality is moving away from bonded satellites, irregular shape and moving toward almost no satellites, greater sphericity and controlled PSD.

The problem is further exacerbated with the availability of extremely accurate mesh with well-defined and measurable apertures.

Therefore, gone are the days when powder suppliers were able to justify deviation in the readable morphology simply due to inaccurate mesh. More and more, powder users are questioning the chemistry, purity and morphology of the powders they buy.

Then appears the issue of available open surface area and Fig.5 shows an illustration of two separate mesh having the same aperture yet the open surface area is dramatically reduced when a thicker wire is used.

As the PSD narrows and sphericity increases, traditional methodology of varying the aperture in order to sieve the powder is no longer valid. If the requirement is to sieve at 45 micron, and the PSD curve sits close to this, then the options are limited but to use the 45 micron mesh.

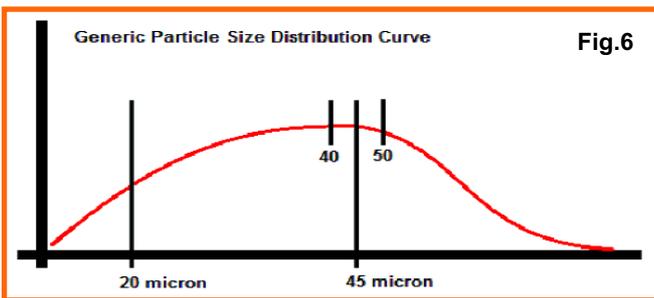


per vagliare questi tipi di polveri sferiche, poiché sarà sempre inclusa una morfologia che si incastra nella maglia scelta, che sia di 50 o di 40 micron (Fig.6).

L'uso della vibrazione ad ultrasuoni direttamente sulla rete si avvicina alla soluzione di questo problema. Tuttavia, agisce manipolando la maglia della rete e non affrontando l'accuratezza della separazione. Inoltre, a causa della mancanza sul mercato di rete fine al di sotto dei 20 micron in filo di acciaio inossidabile, questo metodo si rende in qualche modo limitato insieme ai bassi rendimenti e ad un processo di vagliatura lento e noioso.

Se agitare la rete con cursori in nylon, forze ad ultrasuoni o vibrazioni maggiori generate dai motori non è la risposta, allora la domanda rimane: come potranno essere vagliate le polveri sferiche con maglie fini in futuro?.

Per trovare una risposta valida, è fondamentale compren-



dere diversi fattori che si aggiungono a questo problema, essendo tra questi la sfericità uno dei principali:

- principio base della vagliatura meccanica
- reti e loro caratteristiche
- PSD della polvere in questione
- peso specifico (apparente)
- impatto delle forze gravitazionali
- coefficiente di frizione tra la rete e la polvere
- forze vibrazionali generate dalle apparecchiature di vagliatura.

Con quasi due decenni di Ricerca & Sviluppo, una collaborazione con i principali produttori di polveri metalliche e l'esperienza maturata nella vagliatura industriale dal 1946, Virto-Cuccolini ha supportato l'industria metallurgica per risolvere questo problema.

Con l'uso della tecnologia multi-frequency brevettata, Virto-Cuccolini ha aperto la strada per il futuro della setacciatura meccanica delle polveri metalliche: superamento delle difficoltà poste da polveri irregolari, agglomerate, soggette a polverino e altamente sferiche nella gamma PSD da 10 micron a 350 micron.

Con rigorosa riservatezza, Virto-Cuccolini offre test gratuiti e analisi PSD con report completi ai futuri partner potenziali. È possibile sperimentare gli effetti del 500G di accelerazione direttamente sulla rete rispetto agli 8G di un sistema di setacciatura tradizionale, più del doppio delle capacità di setacciatura in confronto a una macchina dello stesso diametro.

Increasing or reducing the mesh aperture will not accommodate screening of such spherical powders as there will always be available morphology that matches the chosen aperture, be it 50 micron or 40 micron (Fig.6).

The use of ultrasonic vibration directly on the mesh comes close to resolving this problem.

However, it does so by manipulating the mesh aperture and not tackling the accuracy of the separation.

Furthermore, due to the lack of fine mesh available in the market, below 20 micron in stainless steel wire, render this method somewhat limited along with low yields and slow and tedious sieving process.

If agitating the mesh with nylon sliders, ultrasonic or higher vibrational forces generated by the motors is not the answer, then the question remains; how can spherical powders be sieved at fine apertures in the future.

In order to seek a valid answer, it is critically important to understand several parameters that accumulate to this problem, sphericity being a major contributor:

- Core principle of mechanical sieving
- Mesh and its properties
- PSD of the powder in question
- Bulk density (apparent)
- Impact of gravitational force
- Coefficient of friction between mesh and powder
- Vibrational forces generated by the sieving equipment.

edge gathered since 1946, Virto-Cuccolini has been assisting the metallurgy industry in resolving such problem.

With the use of patented Multi-frequency technology, Virto-Cuccolini has paved the way for the future of mechanical sieving of metal powders. Overcoming the difficulties posed by irregular, agglomerative, dust-prone and highly spherical powders in the range of 10 micron to 350 micron PSD.

Under strict confidentiality, Virto-Cuccolini offers free test, PSD analysis with comprehensive reports to future prospective partners. Experience the effects of 500G of acceleration directly on the mesh as compared to 8G of acceleration on a traditional sieving system, more than double your current sieving capability with same diameter machine.



Almost two decades of Research and Development, collaboration with key metal powder producers and sieving knowl-

**virto**  
CUCCOLINI

Multi-frequency  
**X-line**  
*- for metal powders -*

**Stainless Steel Powder:**

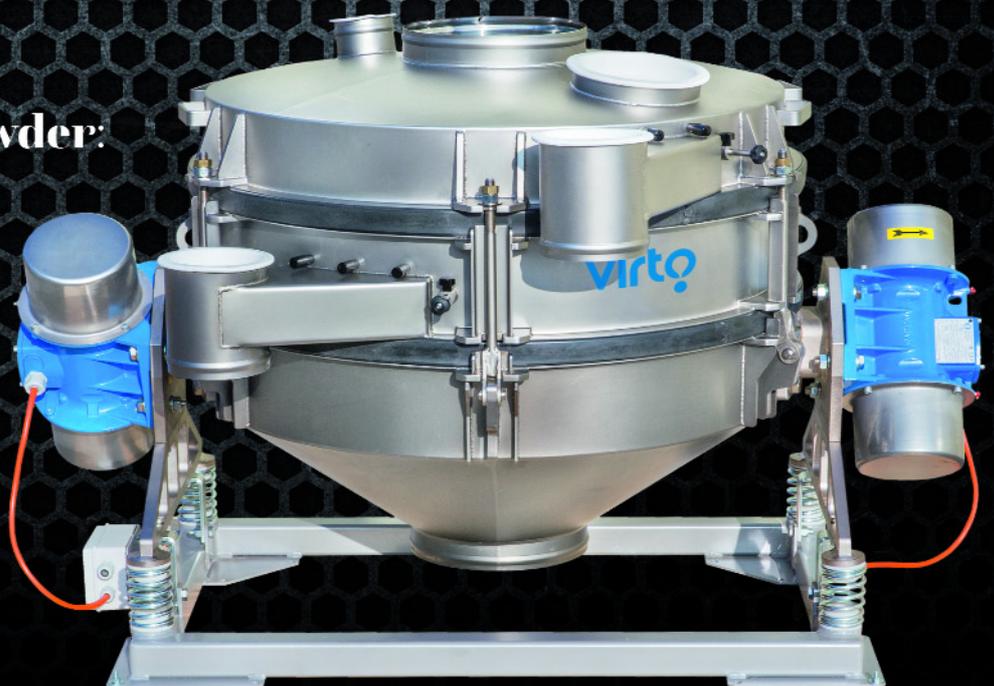
600Kg per hour with 38µm

**Titanium:**

220Kg per hour with 11µm

**Nickel Alloy:**

130Kg per hour with 53µm





# Innovazione e competenza, connubio sempre vincente: Dellas incorpora Peak

Ampliamento dei servizi e un'espansione sui mercati mondiali

**D**ellas, l'azienda veronese leader mondiale nella produzione e commercializzazione di utensili diamantati per la lavorazione del marmo, granito e dell'agglomerato, prosegue nel suo costante processo di crescita.

Processo che questa volta passa attraverso un importante progetto di fusione per incorporazione con Peak, marchio celebre nel settore delle ceramiche.

Già partner in passato in iniziative commerciali, le due aziende si fondono oggi per realizzare un ulteriore passo in avanti, sia in termini di qualità sia in termini di distribuzione sul mercato.

Peak, nata soltanto quattro anni fa, in poco tempo ha saputo scalare le classifiche mondiali nella produzione di utensili diamantati destinati all'industria della ceramica, riuscendo a coniugare nelle sue lavorazioni passione, tecnologia, know-how e accurata artigianalità made in Italy.

Caratteristiche che si trovano, da sempre, anche in Dellas,

cresciuta esponenzialmente dalla sua fondazione ad oggi - grazie al notevole impulso dato da Isidoro Ferrari (presidente dal 1984 al 2012) - fino a diventare un vero e proprio punto di riferimento del settore lapideo.

Appare, pertanto, più che naturale per entrambe unire i rispettivi know how.

"Con questa operazione vogliamo dare un segnale di aria nuova al mercato e completiamo allo stesso tempo anche la nostra trasformazione" - commenta Daniele Ferrari, CEO e Presidente di Dellas.

"Nati come azienda familiare, siamo oggi diventati a tutti gli effetti un'azienda manageriale e, grazie all'arrivo da Peak di dirigenti di grande competenza, potremo migliorare e diversificare ulteriormente i nostri prodotti. Abbiamo realizzato, nell'occasione, nuovi investimenti per portare nella nostra sede di Lugo di Grezzana macchinari innovativi, necessari per affrontare la lavorazione delle ceramiche ed essere sempre più competitivi". Il progetto, infatti, consentirà di riportare in Italia, nei

# Innovation and skill, always a winning combination: Dellas incorporates Peak

An extension of services and expansion in international markets

**D**ellas, the Verona-based company which is a world leader in the production and sale of diamond tools for working marble, granite and agglomerates, is continuing its constant growth process.

This time the process involves an important project for a merger through acquisition with Peak, a celebrated brand in the ceramics sector. The two companies had already been partners in sales projects, and have now decided to merge so as to take a further step forward both in terms of quality and in terms of market distribution.

Peak, which was created just four years ago, has in a short time been able to climb the world production tables for production of diamond tools for use in the ceramics industry, and has managed to bring together passion,

technology, know-how and skilled Italian craftsmanship in its work.

These are characteristics that have also always been present at Dellas, which has grown exponentially since its foundation - thanks to the significant impulse provided by Isidoro Ferrari (president from 1984 to 2012) - becoming a true point of reference for the stone sector.

So, it seems more than natural for the two to bring together their respective knowledge and capabilities.

"With this operation we want to give a sign of something fresh to the market and at the same time we are also completing our own transformation," commented Daniele Ferrari, CEO and President of Dellas.

"Having started out as a family company, we have now

prossimi mesi, la produzione degli utensili per la lavorazione della ceramica, in un'operazione che potremmo definire di "delocalizzazione al contrario".

Dellas, infatti, aveva stabilito direttamente in Cina, a Suzhou nella zona di Shanghai, la propria sede con personale locale guidato dall'Operation Manager GianGaetano Dal Santo, il quale ora torna in Italia per gestire la fase di integrazione.

"Per noi si tratta di un collaboratore prezioso, che ci darà un aiuto fondamentale", commenta il nuovo General Manager di Dellas, Emanuel Moretto.

"Siamo molto soddisfatti: abbiamo creato un connubio formidabile di competenza e dinamicità. L'idea alla base di questa fusione è quella di ottimizzare al massimo la parte sia produttiva che commerciale e spingere il più possibile sulla distribuzione. Già prima potevamo considerarci ai vertici mondiali, ma d'ora in poi possiamo puntare direttamente alla prima posizione".

La Peak era già presente con i suoi prodotti in Italia, Spagna, Turchia, Russia, Sud-Est Asiatico e Usa.

Mercati che d'ora in poi saranno penetrati con maggiore profondità ma, al contempo, verrà anche allargato il



become to all intents and purposes a managerial firm. And thanks to the arrival of very skilled managers from Peak, we will be able to improve and further diversify our products. Along with this we have made new investments to fit out our headquarters in Lugo di Grezzana with innovative machinery that is needed to handle working with ceramics, and to be increasingly competitive".

Indeed the project will mean that over the coming months production of tools for working ceramics will be brought back to Italy, in an operation that we could call "reverse delocalization": Dellas had set up its own facility with local staff in Suzhou, in the Shanghai area in China, which was led by the Operations Manager GianGaetano Dal Santo, who is now returning to Italy to handle the

integration stage.

"He is an excellent colleague, and will be of vital assistance to us", said the new General Manager of Dellas, Emanuel Moretto.

"We are very happy: we have created a formidable combination of skill and dynamism. The idea behind this merger is fully optimizing the production and sales aspects, and pushing as much as possible on distribution. We already felt ourselves to be amongst the world leaders, but from now we can aim directly for the top spot".

Peak was already present with its products in Italy, Spain, Turkey, Russia, South-East Asia and the USA.

Those are markets that from now on will be more intensely penetrated, but at the same time the area of deployment





“raggio d’azione” al resto del mondo.

Luca Masiero, nuovo Sales & Marketing Director di Dellas, spiega: “Ora possiamo sfruttare le competenze sviluppate negli anni da Dellas. Si tratta, d’altronde, di un’azienda che ha ampiamente dimostrato di sapersi rinnovare nel tempo, con sempre nuove tecnologie e conoscenze.

Inoltre, grazie al suo Centro Analisi di Ricerca e Sviluppo, potremo migliorare costantemente i prodotti, per offrire in ogni frangente sempre il miglior risultato possibile”.

“La fusione Dellas/Peak poggia su un solido Piano Industriale

2019-2021, condiviso con i principali stakeholders finanziari” commenta Marco Pasquotti, CFO di Dellas.

“Uno strutturato processo di pianificazione fornisce credibilità e sostenibilità di lungo periodo alle strategie del Piano. Inoltre, l’evoluzione del corporate reporting che abbiamo realizzato negli ultimi anni, implementando l’Integrated Reporting, ci consente di conseguire gli obiettivi di trasparenza informativa e presidio dei rischi strategici”.



will also be extended to the rest of the world.

Luca Masiero, new Sales & Marketing Director at Dellas, explained: “We can now take advantage of the skills that were developed at Dellas over the years. This is a company that has fully shown that it is capable of renewing itself over time, with technology and know-how that is always cutting edge. And thanks to our Research and Development Analysis Centre, we will be able to constantly improve our products, to provide the best possible results in every situation”.

“The Dellas/Peak merger is based on a solid 2019-2021

Business Plan, that has been shared with the main financial stakeholders”, commented Marco Pasquotti, CFO at Dellas.

“A structured planning process provides credibility and long-term sustainability to the plan’s strategies. Also, the evolution of corporate reporting that we have carried out over the past few years, with the implementation of integrated reporting, means that we can achieve the goals of informational transparency and protection from strategic risks”.





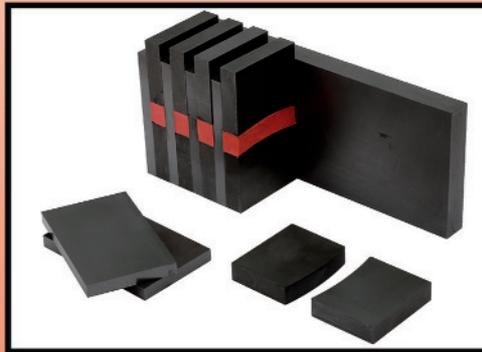
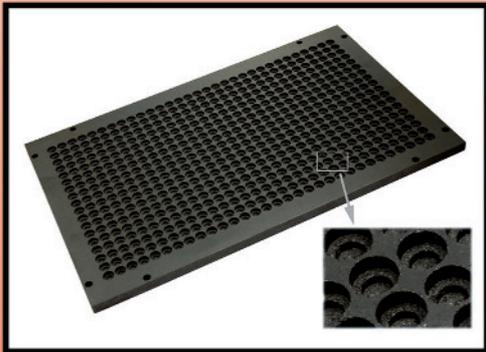
dal 1977

# ATAL Srl

progettare e lavorare la grafite

**PRODUZIONE DI PARTICOLARI IN GRAFITE DI ALTA QUALITA'  
PER LA SINTERIZZAZIONE DI SEGMENTI DIAMANTATI**

*PRODUCTION OF HIGH QUALITY GRAPHITE PARTS  
FOR DIAMOND SEGMENT SINTERING*



Via Libero Grassi, 3/5/7  
20056 TREZZO S/A (MI) - ITALY  
Tel. ++39 02 90964116  
Fax ++39 02 90964096



[www.atalgrafiti.com](http://www.atalgrafiti.com)

[info@atalgrafiti.com](mailto:info@atalgrafiti.com)





## G.B. F.LLI BERTONCELLO



**THE BEST FREE SINTERING BELT FURNACES FOR DIAMOND BEADS, SECTORS, ETC.**

### HALLMARK FOR FREE SINTERING



- **OXYGEN-FREE DEOXIDIZING ATMOSPHERE**
- **HIGH-PERFORMANCE**
- **HIGH-PRECISION**
- **LOW CONSUMPTION**



**Together for innovative solutions**

**MARMO+MAC**<sup>TM</sup>  
THE BIGGEST STONE • DESIGN • TECHNOLOGY TRADE FAIR  
**25|28** SEPTEMBER 2019 Verona, Italy  
**HALL 5 - STAND B3**

### G.B. F.LLI BERTONCELLO S.R.L.

36060 Romano d'Ezzelino - Vicenza - Italy - Z.I. Via Col Roigo, 22

Tel. 0039 0424 31852 Fax 0039 0424 510478

C.F. e P. IVA 01773390248 REA VI - 183383

<http://www.gb-bertoncello.com> e-mail: [gb.bertoncello@gb-bertoncello.com](mailto:gb.bertoncello@gb-bertoncello.com)



# G.B. F.LLI BERTONCELLO, qualità, esperienza e passione nella costruzione di forni industriali

L'azienda propone una gamma di forni specifici per la sinterizzazione libera (free sintering) di polveri per la produzione di perline per fili diamantati e di segmenti per utensili diamantati e per la saldo-brasatura

a cura di G.B. F.lli Bertoncello Srl

**F**ondata nel 1958 da Giuseppe Bertoncello, a Bassano del Grappa (Vicenza), G.B. F.lli Bertoncello è ora condotta dalla seconda generazione dei fratelli Danilo, Antonio e Paolo Bertoncello. Nel corso degli anni l'azienda è cresciuta fino a diventare leader a livello mondiale nella progettazione e costruzione di forni elettrici a resistenza o a induzione per oreficeria, argenteria, bigiotteria, orologeria, occhialeria, industria manifatturiera e industria calzaturiera.

Nell'ampia sede di Romano d'Ezzelino (Vicenza), con un'area di 8000 m<sup>2</sup>, di cui 2000 dedicati alla produzione, vengono svolte con la massima cura e attenzione tutte le fasi di ricerca, sviluppo, progettazione, costruzione e collaudo delle macchine per offrire la migliore tecnologia e qualità in tutti i prodotti. Mossi dalla passione e dalla voglia di innovarsi, l'azienda ha



## G.B. F.LLI BERTONCELLO, quality, experience and passion in the manufacturing of industrial furnaces

The company proposes a range of furnaces specifically studied for the free sintering of powders for the production of beads for diamond wires and sectors for diamond tools and for braze-soldering

by G.B. F.lli Bertoncello Srl

**F**ounded in 1958 by Giuseppe Bertoncello in Bassano del Grappa (Vicenza), G.B. F.lli Bertoncello is now run by the second generation, the brothers Danilo, Antonio and Paolo Bertoncello. Throughout the years, the company has grown, becoming a worldwide leading company in the designing and manufacturing of electric resistance or induction furnaces and machines for gold, silver, costume jewellery, watchmaking, eyewear,

manufacturing industry and shoe industry. In the large premises in Romano d'Ezzelino (Vicenza), with an area of 8000 m<sup>2</sup>, 2000 of which dedicated to the manufacturing department, the phases of research, development, design, manufacturing and testing of the machines are all carefully carried out to offer the best technology and highest quality in all the products. Pushed by the passion and by the desire for innovation, the

sviluppato una gamma di forni specifici per la sinterizzazione libera (free sintering) di polveri per la produzione di perline per fili diamantati e di segmenti per utensili diamantati e per la saldo-brasatura.

Al fine di ottimizzare il processo di sinterizzazione libera, sempre più diffusa nella produzione di perline e utensili diamantati, e di garantire una migliore produttività e minor costi di produzione, G.B. F.lli Bertoncello dota i propri forni a nastro di un controllo a mezzo PLC e pannello touch screen che permette di regolare e controllare facilmente tutti i parametri di lavoro e di memorizzare le ricette di lavoro. I forni lavorano in atmosfera disossidante con la possibilità di scegliere tra miscela di gas idrogeno e azoto o ammoniaca dissociata.

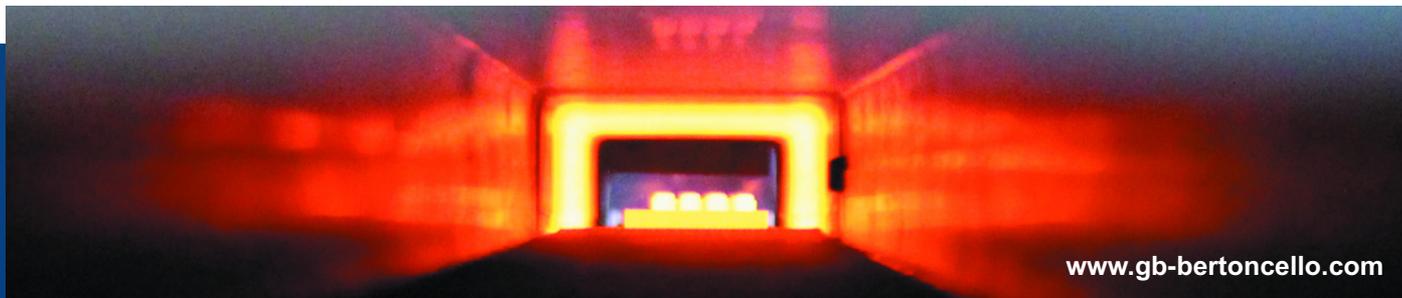
Nell'ottica del miglioramento, l'azienda ha dotato i forni a nastro di uno speciale impianto di risparmio sul consumo

del gas di disossidazione, grazie ad un altrettanto speciale bilanciatore.

Le innovazioni che G.B. F.lli Bertoncello propone ai suoi clienti non si fermano qui: infatti, tutti i forni a nastro sono dotati anche di un innovativo impianto per il risparmio energetico per mezzo di un accurato controllo e di regolazione elettronica di tutte le zone di riscaldamento, con la certezza di avere un riscaldamento controllato e preciso al 100%, grazie a un sistema intelligente di gestione.

Con la possibilità di personalizzare i forni a seconda delle varie necessità, G.B. F.lli Bertoncello riesce a soddisfare anche le richieste dei clienti più esigenti.

Inoltre, è a completa disposizione della clientela per effettuare prove tecniche presso la propria sede: i clienti potranno così testare personalmente la qualità delle macchine proposte da G.B. F.lli Bertoncello.



company has developed a range of furnaces specifically studied for the free sintering of powders for the production of beads for diamond wires and sectors for diamond tools and for braze-soldering.

In order to optimize the free sintering process, more and more used in the production of beads and diamond tools, and in order to guarantee an improvement of the productivity and a reduction of the production costs, the belt furnaces manufactured by G.B. F.lli Bertoncello are equipped with a control by PLC and user-friendly touch screen, which allows to easily set and control all the working parameters and to save the working recipes. The belt furnaces work under deoxidizing atmosphere, with the possibility to choose between the mix of hydrogen and nitrogen gas or dissociated ammonia gas. Always looking for improvement, the company has equipped their belt furnaces with a special saving system of

the deoxidizing gas consumption thanks to a special balancing device.

However, G.B. F.lli Bertoncello proposes many other innovations to the customers: in fact, all the belt furnaces are also equipped with an innovative energy saving system thanks to an accurate control and an electronic regulation of all the heating zones, with the certainty to have a 100% controlled and precise heating thanks to an intelligent heating system control.

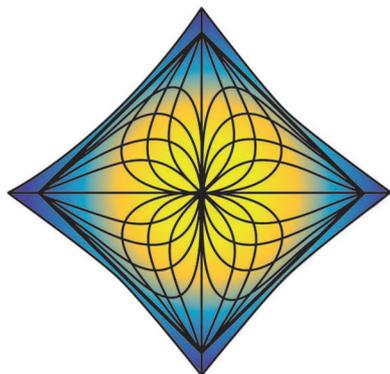
With the possibility to customize the furnaces according to the different needs, G.B. F.lli Bertoncello is able to meet the requirements of the most demanding customers, too.

Moreover, the company is at the complete disposal of the customers to make technical tests in its premises: hence, the customers will check personally the quality of the machine proposed by G.B. F.lli Bertoncello.





# ALIENS AT WORK



**MEGA DIAMANT**

Diamond Wire Technology

contact: +39 338.1800375

[www.megadiamant.com](http://www.megadiamant.com)





# Innovative and trend-setting: Dr. Fritsch sets standards in the diamond tool industry

The live production with high-quality machines, a fully automated robot and a hazard-free metal powder

by Dr Fritsch Press Office

**A**t Marmomac 2019 Dr. Fritsch will be presenting state-of-the-art technology for diamond tool production.

With the new products Dr. Fritsch sets standards in terms of cost and process optimization and increased productivity. "We have made it our continuous objective to help our customers with our product range and service, to operate economically and to gain important competitive advantages in their markets. I would like to thank all our employees for their commitment and their work which allows us to present ourselves at the Marmomac 2019 as a pioneering pacemaker" emphasizes Ute Wilkinson, President of Dr. Fritsch.

## DEMONSTRATION OF PRECISION IN LIVE PRODUCTION: DRESSING AND SHARPENING OF SAW BLADES

At the Marmomac our focus is on the fully automatic dressing and sharpening machine TAM 308 with automatic blade exchange unit TLP 308.

By processing the saw blades with the TAM 308 they obtain a uniform tool geometry and, at the same time, the outer diamond grits are set free, ready for immediate use. The machine has a completely closed design and is equipped with five NC axes.

It can be operated wet or dry. The grinding machine has a diameter range of 200 - 820 or 115 - 620 mm. The TLP 308 allows an unattended operation for approx. 1 hour.



**STACKING SYSTEM SGS-200: EFFICIENCY AND PRECISION IN THE PRODUCTION PROCESS**

The advantages and efficiency of automation are demonstrated by Dr. Fritsch with the segment graphite stacking system SGS 200.

“The demonstration machine stacks green compacts and graphite punches fully automatically. Another contribution to efficiency and precision in the production process”, emphasizes Uwe Funk, Head of Development at Dr. Fritsch.

**SUSTAINABLE METAL POWDER PRODUCTION: VIRIDIS, HAZARD-FREE AND ENVIRONMENTAL-FRIENDLY**

For most companies today it is an important goal to minimize any risk arising from their products resp. their production, not only but also for cost reasons.

However, most of the materials used in the segment production are said to be harmful for human health and/or environment.

“Sustainability has therefore been an important factor in our development work for many years. Finally we have succeeded in developing a powder bond which poses no danger to human health and the environment and at the same time meets our requirements for processing parameters”, explains Elke Ade, Head of the Metal Powder Business Unit.

With the Viridis powder range the company presented at

the Bauma, for the first time, powders which truly fulfill these requirements.

“Numerous customer tests have already proven its suitability in special fields of application, such as concrete drilling and wall sawing. A sawing test with Viridis-100 in hard granite has shown a slightly longer life time than pure cobalt segments as well as a better free cutting performance”, emphasizes Elke Ade.

Bauma was a good platform to discuss further potentials of Viridis with our customers.

“We are continuing on the sustainability path and are already developing new products. Some customers are currently testing Viridis-200 which is our second product in this range - a softer version with a significantly lower sintering temperature”, says Elke Ade.

**A UNIQUE SELLING POINT IN THE DIAMOND TOOL BRANCH: MACHINES AND METAL POWDER FROM ONE SOURCE**

Dr. Fritsch is the world market leader in the diamond tool industry and the only company which offers the combination of state-of-the-art diamond tool equipment and expertise in material production.

As a pioneering pacemaker, the family-owned company offers customers a comprehensive range of products and services - innovative, powerful and tailor-made.





# MWS, 20 anni di esperienza nella produzione di forni industriali

L'azienda propone una gamma completa per saldobrasatura e sinterizzazione

di Nicola Marchiori

**M**WS S.r.l. è un'azienda Italiana con sede a Rosà (VI) che progetta e produce forni industriali per trattamento termico.

Nei quasi 20 anni di attività abbiamo sviluppato un ampio catalogo di prodotti che spazia dai forni statici per laboratorio fino ai forni a carro per carichi oltre 200 tonnellate. Questa grande dinamicità nella produzione ha garantito lo sviluppo di una vasta esperienza in ambito industriale e questo ci permette di portare una qualità altissima anche

nelle macchine di dimensioni contenute, come i forni a nastro per sinterizzazione STR Line, che dispongono di impiantistica e componenti di primissima qualità realizzati allo stato dell'arte.

MWS ha costantemente investito negli anni per effettuare la maggior produzione possibile all'interno dell'azienda ed è un nostro vanto affermare che il 90% delle lavorazioni è effettuato nella nostra sede: questo ci permette di seguire costantemente lo sviluppo dei macchinari e ci offre una



# MWS, over 20 years of experience in the production of industrial furnaces

The company offers a wide range of solutions for braze welding and sintering

by Nicola Marchiori

**M**WS is an Italian company based in Rosà (Vicenza province) that designs and manufactures industrial furnaces for heat treatments.

During our almost 20 years of activity we have developed a wide range of products that ranges from small static furnaces for laboratories to huge carriage furnaces with over 200 tons of capacity.

This dynamism of production has guaranteed the development of a great experience in the industrial environment that allows us to bring a very high quality also to smaller machines, like our STR free sintering furnaces, that have

state-of-the-art plants and components of highest quality. During the past years MWS has constantly invested to perform as much production as possible within the company and it is a source of pride for us to say that 90% of the manufacturing is done in our factory.

This allows us to follow continuously the production and development of our machines and offers great flexibility towards the requests of our customers.

We offer comprehensive consulting to implement heat treatment process in a company too: we have worked with several companies that were first-time furnace users, and



# LINEA STR

FORNI A NASTRO PER SINTERIZZAZIONE - BELT FURNACES FOR SINTERING



MWS S.r.l. - Forni Industriali  
Via Don Peruzzi, 26/G  
36027 ROSA' (VI)



Tel 0424 588088  
Fax: 0424 219731  
info@mwsforni.it

[www.mwsforni.it](http://www.mwsforni.it)



grande flessibilità nei confronti delle richieste dei clienti. Offriamo anche una consulenza completa per l'implementazione del trattamento termico all'interno di un'azienda: abbiamo lavorato spesso con aziende che per la prima volta hanno inserito un forno nella loro linea di produzione, anche supervisionando commesse di più macchinari che lavorano in concomitanza con i nostri forni.

L'alta qualità dei nostri impianti per trattamento termico è stata premiata da aziende leader di mercato che ci hanno scelto per la fornitura dei macchinari ed il servizio after sales, grande motivo di orgoglio per MWS.

Altro vanto per MWS è appunto l'attenzione dedicata al cliente dopo l'avviamento dei nostri forni, garantendo un servizio di assistenza puntuale e professionale con sistemi all'avanguardia, che ci permettono di monitorare un forno da remoto per fornire una soluzione veloce e corretta.

Il costante sviluppo tecnologico delle lavorazioni e dei componenti è da sempre una nostra priorità.

Abbiamo seguito con attenzione l'avvento dell'Industria

4.0 ed abbiamo sviluppato forni per trattamento termico in linea con le esigenze di questo nuovo standard dell'eccellenza industriale.

I nostri prodotti:

- Forni a passaggio (nastro, catenaria, rulli, avanzamento a travi mobili)
- Forni statici
- Forni a carro
- Forni a campana
- Ricambi per forni industriali (resistenze, muffole, materiali refrattari, bruciatori, tubi radianti etc.)

I nostri servizi:

- Consulenza completa per forni per trattamenti termici
- Service di manutenzione di forni per trattamenti termici
- Revamping di forni per trattamenti termici
- Upgrade di forni trattamenti termici.



[www.mwsforni.it](http://www.mwsforni.it)

we have supervised also the commissioning works of other machines that work together with our furnaces.

The high quality of our heat treatment plants has been rewarded by market leading companies that have chosen us for both the supply of heat treatment furnaces and after sales service, other great pride for MWS.

Another great source of satisfaction for MWS is indeed the attention towards the customer after the start up of our furnaces, ensuring a precise and professional assistance service with advanced solutions of remote supervision of the furnace to provide a fast and correct solution.

The constant technology development of manufacturing techniques and components has always been a priority for us. We have closely monitored the advent of Industry 4.0 and developed heat treatment furnaces that are in line with the requirements of this new standard of industrial excellency.

Our products:

- Continuous furnaces (conveyor belt, chain, rollers, mobile beams advancement)
- Static furnaces
- Carriage furnaces
- Bell furnaces
- Spare parts for industrial furnaces (resistances, muffles, refractory materials, burners, radiant tubes etc.)

Our services:

- Complete consulting for heat treatment furnaces
- Maintenance service of heat treatment furnaces
- Revamping of heat treatment furnaces
- Upgrade of heat treatment furnaces.



# MARBLE İZMİR FAIR

NATURAL STONE • TECHNOLOGIES

1-4  
APRIL  
2020



marble.izfas.com.tr  
fuarizmir  
/izmirmarble  
/marbleizmir  
/izmirmarble

UNDER COVER OF



SUPPORTERS

PARTNER

ORGANIZERS



THIS FAIR HAS BEEN ARRANGED ACCORDING TO THE LAW OF 5174 BY TOBB (TURKISH UNION OF STOCK EXCHANGES AND CHAMBERS)



# La tecnologia Free Sintering

di Ing. Stefano De Beni, Consulente Libero Professionista

## INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, nel settore degli utensili diamantati, si è sentito molto parlare di "free sintering". Al contrario di quel che si possa pensare, questa tecnica di produzione è nota ed utilizzata nel settore, seppure sia sempre stata poco diffusa, da diverse decine di anni (almeno fin dagli anni '60). Le recenti fortune di questo metodo sono per molti aspetti riconducibili al grande sviluppo che ha avuto negli ultimi anni la produzione di perline da utilizzare su filo diamantato per il taglio di pietre in generale, soprattutto granito. All'interno di queste molteplici applicazioni, notevole espansione ha avuto il sistema multifilo.

Il mercato degli utensili ha, quindi, progressivamente aumentato la richiesta di una grande disponibilità di perline, che sono, nella stragrande maggioranza dei casi, prodotte con il sistema free sintering. Questo fatto ha comportato da una parte una domanda sempre maggiore di materie prime adatte al metodo, dall'altra ha stimolato un notevole sviluppo sulle stesse, portandole ad un netto miglioramento dal punto di vista della loro idoneità al processo produttivo in questione.

Questa tecnica di produzione, pur nota e conosciuta da

tempo, ha di fatto sempre sofferto ed è stata fortemente penalizzata dall'esigenza di materie prime particolarmente idonee. I grandi passi avanti fatti negli ultimi anni nella Ricerca e Sviluppo sulle materie prime e sulle tecnologie di produzione hanno, pertanto, contribuito in maniera determinante alla diffusione del free sintering.

## SINTERIZZAZIONE E FREE SINTERING

All'interno del processo produttivo il ruolo fondamentale è svolto dalla sinterizzazione, la quale, però, per avvenire a regola d'arte ha bisogno di essere accompagnata in modo corretto da tutte le altre fasi.

Il termine "sinterizzazione" è spesso utilizzato genericamente con una pluralità di significati. Dal punto di vista tecnico, per sinterizzazione, intendiamo un processo metallurgico di compattazione, a partire da polveri, nel quale le particelle di un materiale solido, sottoposte a riscaldamento, si avvicinano e si saldano, originando un pezzo di materiale compatto. In questo tipo di procedimento, la temperatura di riscaldamento, pur molto alta, è comunque inferiore a quella di fusione del materiale.

Dal punto di vista microscopico, il processo avviene median-

# The Free Sintering technology

by Eng. Stefano De Beni, Freelance Consultant

## INTRODUCTION

In the last few years, there has been much talk of "free sintering" in the diamond tools sector. Contrary to what everyone might think, this production technique is known and used in the sector, although it has always been uncommon, for several decades (at least since the 1960s).

The recent fortunes of this method are, for many features, attributable to the great development of production of beads, to be used on diamond wire for cutting stones in general, but above all granite, has had in recent years.

Within these multiple applications, the multi-wire system has had considerable expansion.

The tool market has therefore progressively increased the demand for a large availability of beads, which are, in the largest number of cases, produced with the free sintering system. This, on one side, has led to an ever increasing demand for raw materials suitable for the method, on the other side it has stimulated a considerable development on

the same, bringing them to a clear improvement in terms of their suitability for the production process we are talking about. This production technique, although known and known for some time, has always suffered and has been heavily penalized by the need for particularly suitable raw materials. The great steps forward made in research and development on raw materials and production technologies in recent years have therefore contributed significantly to the spread of free sintering.

## SINTERING AND FREE SINTERING

Within the production process the fundamental role is played by sintering, which however, to take place in a workmanlike manner, needs to be accompanied correctly by all the other working phases.

The term "sintering" is often used generically with a plurality of meanings. From the technical point of view, by sintering we mean a metallurgical compacting process, starting from

Since 1999

# The Leader Of High Quality Micro-nano Ultrafine Metal Powder

- **Iron powder**
  - **Copper powder**
  - **Pre-alloyed powder**
- ▶ **High iron-base**
  - ▶ **Sustitution of  
Co powder, Ni powder**



SAGWELL is made up of American company, metal powder factory and metal powder materials research center in China.

Looking for distributors  
Please contact:  
[export@sagwell.com](mailto:export@sagwell.com)

Add: 2325 Pv Drive West# 201,  
Palos Verdes Estates, CA 90274

Tel: (424)327-2642

[www.sagwellusa.com](http://www.sagwellusa.com) →



te la formazione di giunzioni di materiale tra due o più particelle in corrispondenza del loro punto di contatto.

La giunzione si forma a seguito di fenomeni di diffusione, ovvero di trasporto di materia allo stato solido, che via via si accresce formando una specie di 'collo' e determinando l'avvicinamento, l'adesione e la coalescenza (le particelle di un solido si uniscono per formare delle entità di dimensioni maggiori) delle particelle.

Per facilitare questa compattazione, spesso, si accompagna il processo termico con l'applicazione di una certa pressione al pezzo (ad esempio nelle tecniche hot pressing, hot isostatic pressing, etc).

Nel caso del free sintering il pezzo non subisce alcuna deformazione per l'applicazione combinata di pressione e

temperatura, ma solo per effetto della temperatura (si evidenzia che, in realtà, pensare che nel free sintering la sinterizzazione avvenga per il solo effetto della temperatura è sbagliato, piuttosto è più ragionevole pensare che pressione e temperatura siano "somministrate" in tempi e modalità diverse - non contemporaneamente).

Le fasi principali del processo produttivo di free sintering sono:

- preparazione delle polveri (con o senza granulazione);
- stampaggio;
- ciclo termico.

Ciascuno di questi argomenti meriterebbe ampia e specifica trattazione. In questa sede si fornisce una brevissima sintesi in relazione agli aspetti caratterizzanti il free sintering.

### PREPARAZIONE DELLE POLVERI

La preparazione delle polveri consiste in scelta, dosaggio e miscela, degli ingredienti da utilizzare per produrre il pezzo finito. In generale, si può partire da polveri singole monocomponenti, oppure pre-legate, oppure pre-miscelate: questa scelta è fondamentale e deve essere efficiente ed efficace, sia per il risultato metallurgico che applicativo inteso come soddisfacente



**Fig.1** Esempio di adesione con formazione di giunzioni di materiale tra due o più particelle in corrispondenza del loro punto di contatto / *Example of adhesion with formation of material junctions between two or more particles at their point of contact*

powders, in which particles of a solid material, subjected to heating, approach and weld, giving rise to a piece of compact material.

In this type of process, the heating temperature, although very high, is however lower than the melting temperature of the material.

From the microscopic point of view, the process takes place by forming material junctions between two or more particles at their point of contact.

The junction is formed as a result of diffusion phenomena, or transport of matter in the solid state, which gradually grows forming a sort of 'neck' and causing the approach, adhesion and coalescence (particles of a solid, join together to form larger entities) of particles.

To facilitate this compaction, thermal process goes often with the application of a certain pressure to the piece (for example in hot pressing techniques, hot isostatic pressing, etc.). In free sintering technology, piece does not undergo any deformation due to the combined application of pressure and temperature, but only due to the effect of temperature (it should be noted that, indeed, it is wrong to think that in free sintering, the sintering phenomenon occurs only due

to the effect of temperature, rather it is more reasonable to think that pressure and temperature are "given" in different times and in different ways - not simultaneously).

Main phases of free sintering production process are:

- powders preparation (with or without granulation);
- powders cold pressing;
- thermal cycle.

Each of these topics would deserve extensive and specific discussion.

We provide here a brief summary in relation to characterizing aspects for free sintering.

### POWDERS PREPARATION

Powders preparation consists in choice, dosage and mixture of ingredients to be used to produce finished pieces.

In general, one can start from single-component or pre-bonded or pre-mixed single powders: this choice is fundamental and must be efficient and effective both for the metallurgical and applicative result, understood as a satisfactory cutting or processing performance of the material (stone, granite, etc.).

Cases of excellent success from the metallurgical point of view, but poor results from the application point of view, both in terms of quality of work and in terms of quantitative yield of the tool, are frequent in common experience.

For satisfactory results, not all powders are suitable.



performance di taglio o lavorazione del materiale (pietra, granito, etc.).

Nella comune esperienza, sono frequenti i casi di ottima riuscita dal punto di vista metallurgico, ma scarsi risultati dal punto di vista applicativo, sia in termini di qualità di lavoro, sia in termini quantitativi di resa dell'utensile.

Per un risultato soddisfacente, non tutte le polveri sono adatte. Servono polveri adatte al free sintering, cioè particolarmente "reattive" alla diffusione intesa come trasporto solido di materia, come in precedenza descritto.

Per quanto riguarda il processo di granulazione, esso non è specificatamente richiesto per un free sintering.

La granulazione è indispensabile laddove si vogliono riempire cavità strette, indipendentemente dal tipo di procedura di sinterizzazione adottata.

In ogni caso, allorché si scelga di adottare anche la granulazione della miscela di polveri (o di polveri e diamante), o di usare polveri, o miscele già granulate, è necessario prestare attenzione:

- alla forma ed alla distribuzione granulometrica dei componenti di base della miscela (per avere un buon risultato finale);

- alla distribuzione granulometrica del granulato per garantire sia lo scorrimento che il riempimento durante il processo produttivo.

Per quanto riguarda la scelta dei componenti della misce-

la, già per le altre tecniche di produzione, ma a maggior ragione nel free sintering, si evidenzia che nella sinterizzazione di materiali caratterizzati da temperature di fusione molto elevate, può essere usato un procedimento che coinvolga anche una fase liquida: vale a dire che al materiale in questione, ad alto punto di fusione, viene aggiunta una piccola quantità (5-10%) di un elemento che, alla temperatura di sinterizzazione, si presenta allo stato liquido e svolge la funzione di bagnare il materiale e di discioglierne una piccola parte, facilitando l'avvicinamento e l'adesione delle particelle. È evidente che se la fase liquida non è ben studiata e progettata può essere non solo controproducente, ma anche molto dannosa (come rappresentato in Fig.3).

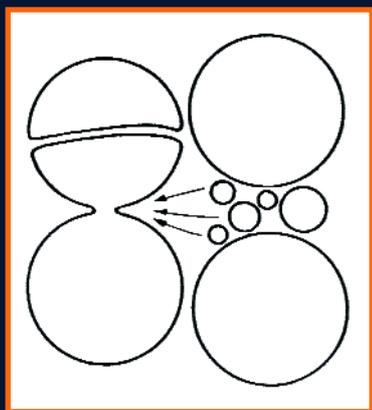
### STAMPAGGIO A FREDDO DELLE POLVERI

Lo stampaggio, come noto, consiste nella "pre-formatura" del pezzo onde permettere, alla fine del processo produttivo, di raggiungere la forma finale prefissata.

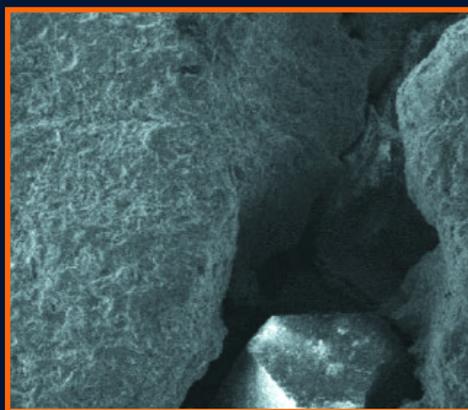
La "pre-formatura" non conferisce, quindi, la forma finale, bensì rappresenta un primo passaggio che verrà completato nelle fasi successive.

In questa sede evidenziamo, soltanto, che:

- per ottenere un ottimo prodotto finale serve un ottimo stampaggio (infatti, il successivo ciclo termico va ad evidenziare - inteso come mettere proprio in evidenza - ciò



**Fig.2** Esempio di corretta distribuzione granulometrica delle particelle e di contributo all'accrescimento (coalescenza)  
*Example of correct particle size distribution and contribution to growth (coalescence)*



**Fig.3** Esempio negativo di fase liquida. Vuoti lasciati da fase liquida non correttamente eseguita  
*Negative example of liquid phase. Gaps left by liquid phase not properly performed*

We need powders suitable for free sintering, particularly "reactive" to the diffusion, understood as solid transport of matter, as previously described.

Regarding granulation process, it is not specifically required for free sintering. Granulation is essential where it is necessary to fill narrow cavities, regardless of the type of sintering procedure adopted.

In any case, when choosing to adopt also the granulation of the powder (or powder and diamond) mixture or to use already granulated powders or already granulated mixtures it

is necessary to pay attention:

- the shape and granulometric distribution of the basic components of the mixture (to have a good final result);
- to the granulometric distribution of the granulate to guarantee both the sliding and the filling during the production process.

With regard to mixture's components' choice, already for other production techniques, but even more so in free sintering, it should be noted that in sintering of materials characterized by very high melting temperatures, a process that involves also a liquid phase can be used: that is to say that a small quantity (5-10%) of an element is added to the material in question with a high melting point, which at the

sintering temperature would be in the liquid state and would perform the function of wetting the material and dissolving a small part facilitating the approach and adhesion of particles.

It is evident that, if the liquid phase is not well studied and designed it can be not only counterproductive, but also very harmful (as example in Fig.3).

### POWDERS COLD PRESSING

Powders cold pressing, as is known, consists of "pre-forming"



che abbiamo stampato e, come scritto al punto successivo, il ciclo termico evidenzierà eventuali difetti, piuttosto che nascondarli);

- un errato stampaggio comporta difetti sul pezzo finale ed una errata "sinterizzazione" (intesa in questo caso come processo complessivo e non come ciclo termico).

Le forme finali che vogliamo ottenere e la loro finitura passano necessariamente attraverso scelte di stampaggio corrette.

Durante l'esposizione al calore del pezzo pre-formato (cosiddetto al "verde") avviene, infatti, l'autodensificazione senza che il peso  $P$  dello stesso subisca variazioni degne di rilievo (fatta salva l'evaporazione delle sostanze organiche di cui si dirà più in avanti) e, quindi, se indichiamo con  $D_V$  e  $V_V$  rispettivamente la densità ed il volume del pezzo al verde e con  $D_S$  e  $V_S$  la densità ed il volume del pezzo sinterizzato, si può scrivere:

$$D_V = P / V_V \quad \text{e} \quad D_S = P / V_S$$

cioè:

$$P = D_V \times V_V \quad \text{ma anche} \quad P = D_S \times V_S$$

e, quindi,;

$$D_V / D_S = V_S / V_V$$

Poiché  $D_V$  aumenta con la pressatura a freddo, maggiore sarà la pressione e minore sarà il valore delle due frazioni;

ma in quella dei volumi ciò sta a significare che le dimensioni del sinterizzato non sono tanto differenti da quelle del pezzo al verde e quindi significa che il ritiro è minore. Di conseguenza, nel free sintering è molto importante sapere che intensità di pressatura e ritiro durante il ciclo termico sono inversamente proporzionali:

- ad una pressatura maggiore corrisponde un ritiro minore;  
- per ottenere un ritiro maggiore si deve applicare una pressione minore.

Questo aspetto è fondamentale per il risultato finale.

Mediamente, la densità al verde è circa il 55-65% di quella teorica di un'ipotetica lega di quei componenti portata a fusione e a porosità zero. Da questo punto di vista gli sviluppi sono stati notevoli. A livello indicativo, una volta, infatti, a causa della scarsa reattività delle polveri, si lavorava con pressioni molto più elevate e densità al verde anche superiori al 75%.

La Fig.4 riporta esempi di pressatura monoassiale e conseguente risultato dopo la sinterizzazione. Con riferimento alla lettera a) della figura, a mano a mano che il punzone scende, la polvere si compatta ed aumenta lo sforzo di attrito lungo le pareti dello stampo, per cui rallenta il suo scorrimento assiale, favorendo la maggior compressione della polvere più vicina al punzone in movimento.

Nel caso di pressatura unidirezionale, essendo in movimento un solo punzone, la parte meno pressata risulterà

of the piece in order to allow, at the end of production process, to reach the final wanted shape.

"Pre-forming" does not, therefore, confer the final shape, but rather represents a first step that will be completed in the subsequent phases.

We only highlight here:

- to obtain an excellent final product, an excellent molding is required (in fact, the subsequent thermal cycle highlights; - understood as putting into evidence - what it has been cold pressed - and, as written in the following point, thermal cycle would eventually highlights any defects, rather than hiding them);

- incorrect molding leads to defects on the final piece and incorrect "sintering" (understood in this case as an overall process and not as a thermal cycle).

Final forms we want to obtain and their finish pass necessarily through correct molding choices.

Self-densification, during exposing pre-formed piece (so-called "green") to heat, takes place without weight  $P$  of the same being subjected to significant variations (except for evaporation of organic substances, which will be discussed later) and therefore if we appoint as  $D_V$  and  $V_V$  respectively density and volume of green piece, and with  $D_S$  and  $V_S$  density and volume of sintered piece, we can write:

$$D_V = P / V_V \quad \text{and} \quad D_S = P / V_S$$

that is:

$$P = D_V \times V_V \quad \text{but also} \quad P = D_S \times V_S$$

and therefore:

$$D_V / D_S = V_S / V_V$$

As  $D_V$  increases with cold pressing, the greater pressure, the lower value will be of the two fractions; but in that of volumes this means that dimensions of sintered piece are not so different from those of green piece and, therefore, it means withdrawal is less. Therefore in free sintering it is very important to know that intensity of pressing and shrinkage during thermal cycle are inversely proportional:

- a greater pressing corresponds to a smaller withdrawal;  
- to obtain a greater withdrawal, we have to apply less pressure.

This aspect is fundamental for the final result. On average, green density is around 55-65% of the theoretical density of a hypothetical alloy of those components brought to fusion and with zero porosity.

From this point of view, developments have been remarkable. Once, at an indicative level, due to the low reactivity of powders, we worked with much higher pressures and green density were higher than 75%, too.

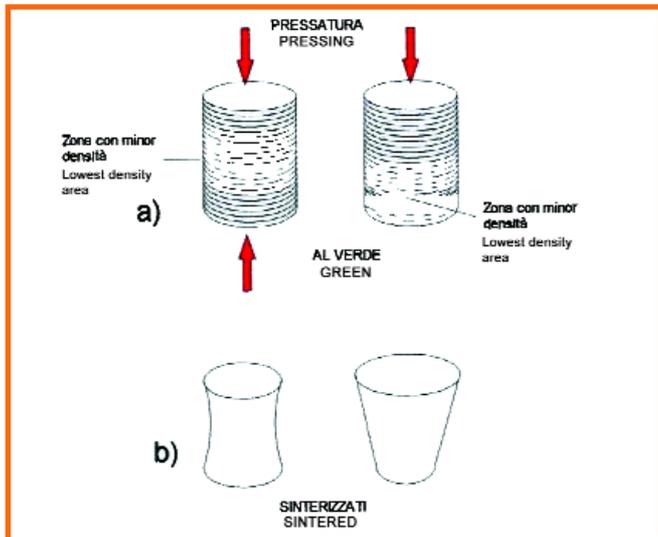
Fig.4 shows some examples of uniaxial pressing and consequent results after sintering.

With reference to the letter a) of the figure, as the punch descends, powder compacts and increases its friction effort along walls of mold, so it slows down its axial sliding, favoring the greater compression of the nearest powder to the moving punch.

In the case of unidirectional pressing, since only one punch is moving, the least pressed part will be at the bottom (further



in basso (più lontana dal punzone). Nel caso di pressatura contrapposta, la zona meno pressata risulterà a metà del preformato. Con riferimento alla lettera b) della figura, durante la sin-



**Fig.4** Esempio di ritiro in corrispondenza della minor pressione applicata  
*Example of shrinkage at the lowest applied pressure*

terizzazione libera (in free sintering) avviene l'autodensificazione prima accennata, per cui le parti con minor densità al verde subiranno un ritiro maggiore.

Errori di stampaggio diventano evidenti dopo la sinterizzazione. Con riferimento alla Fig.5 si notano rotture sul pezzo finale difficilmente visibili ad occhio nudo sul pezzo pre-formato. Infatti, questo tipo di rotture sono riconducibili a situazioni al verde schematicamente riportate in Fig.6.

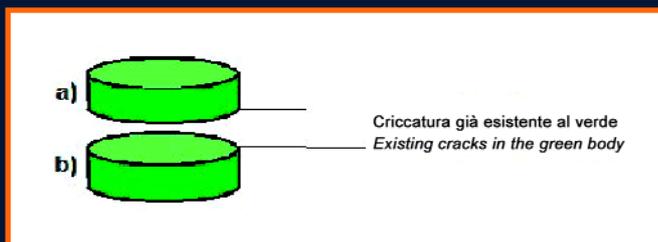
Le cricature visibili in Fig.5 sono dovute a stratificazione della polvere (ad esempio perché troppo pressata in quel punto per mancato scorrimento lungo le pareti dello stampo). Durante la sinterizzazione i due pezzi di Fig.6 si comportano separatamente ed hanno ritiri separati che porteranno ad accentuare maggiormente le cricature esistenti (come si vede in Fig.5).

Come già accennato, con il termine "ritiro" si identifica quel fenomeno per il quale, durante il ciclo termico, il pezzo aumenta la propria densità e parallelamente diminuisce il proprio volume.

In sostanza, si ha un ritiro (cioè una riduzione dimensionale) che, non essendo indotto da stampi di contenimento secondo direzioni preferenziali di pressione, avviene in tutte le direzioni (come si dice: in "aria libera", o in "spazio libero"). Da questo punto di vista, la modalità di stampaggio vista in precedenza risulta assolutamente influente.



**Fig.5** Esempio di rottura del pezzo finale per errore di stampaggio  
*Example of breakage of the final piece due to cold pressing mistake*



**Fig.6** Esempio di cricature già esistenti al verde e difficilmente visibili a occhio nudo / Cracks' example already existing in green piece and hardly visible to the naked eye

away from the punch). In the case of opposite pressing, the least pressed area will be halfway through the preform.

With reference to the letter b) of the figure, self-densification, as described above, takes place during free sintering and parts with the lowest density in green condition will undergo a greater withdrawal.

Cold pressing mistakes become evident after sintering. With reference to Fig.5, breakages on the final piece are hardly visible on the pre-formed piece to the naked eye. In fact, this type of breakage can be brought back to green situations schematically shown as in Fig.6.

Visible cracks in Fig.5 are due to stratification of powders (for example, powders are too much pressed at that point because of few sliding along walls of the mold).

During sintering, the two disks of Fig.6 behave separately, so they have separate shrinkages which will lead to a greater accentuation of the existing cracks (as seen in Fig.5).

As already mentioned, with term "withdrawal", we identify the phenomenon by which, during thermal cycle, piece increases its density and its volume decreases in parallel.

There is a shrinkage (ie a reduction in size), which, not being induced by any external pressure in any preferential pressure directions, takes place in all directions (as they say: in "free air", or in "free space").

Molding modality as described above, from this point of view, is absolutely influential:

- withdrawal is greater where green density is lower;
- densification is less where green density is greater.

Excessive shrinkage can lead to breakage of the piece.



Infatti:

- il ritiro è maggiore laddove la densità al verde è minore;
- la densificazione è minore laddove la densità al verde è maggiore.

Ritiri eccessivi possono portare a rotture del pezzo.

Ritiri medi sono tra il 10 ed il 15% (più frequentemente 12-13%). Anche in questo caso gli sviluppi sono stati notevoli. A livello indicativo una volta, infatti, a causa della scarsa reattività delle polveri, si lavorava con ritiri molto contenuti, circa del 5-7% (non mancano comunque esempi di ritiri elevati in condizioni particolari).

### CICLO TERMICO

Con il ciclo termico andiamo a riscaldare il pezzo per portarlo alla temperatura di sinterizzazione e, successivamente, a raffreddarlo secondo una serie di step opportunamente ponderati. Possiamo considerare il ciclo termico come composto da più fasi:

- dewaxing (o anche detta fase della deceratura);
- sinterizzazione (intesa come fase del trasporto solido di materia - fase della autocompattazione).

Entrambe è opportuno che avvengano in atmosfera "protettiva".

L'atmosfera del ciclo termico, infatti, deve essere idonea a favorire il processo ed, in particolare, i "fenomeni di diffusione". Per questo sono da preferire atmosfere inerti, o

riducenti, in grado di eliminare gli ossidi che potrebbero ostacolare l'adesione delle particelle a livello superficiale. Come atmosfere si usano di solito:

- Vuoto (10<sup>-2</sup> bar)
- Azoto
- Argon

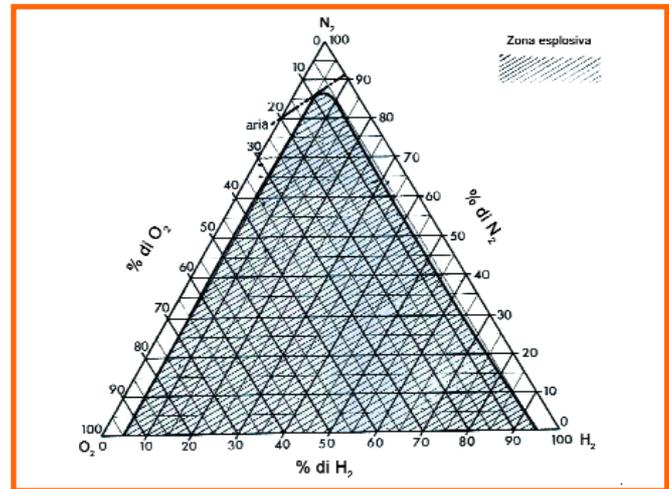


Fig.7 Esempio di diagramma ternario  
Example of a ternary diagram

Average withdrawals are between 10 and 15% (more frequently 12-13%). Also in this case, developments have been remarkable in last years. Once, at an indicative level, due to the low reactivity of powders, we worked with very low withdrawals, around 5-7% (anyway there are examples of high withdrawals in particular conditions).

### THERMAL CYCLE

With a thermal cycle we heat the piece to bring it to the sintering temperature and then cool it down according to a series of appropriately designed steps. We can consider the thermal cycle as consisting of several phases:

- dewaxing (also called dewaxing phase);
- sintering (understood as a phase in the solid transport of matter - also self-compaction phase).

Both of them should be done in a "protective" atmosphere. In fact thermal cycle's atmosphere must be suitable to favor the process and in particular the "diffusion phenomena".

For this reason, inert or reducing atmospheres are preferable, capable of eliminating oxides that could hinder the adhesion of particles to the surface level.

Atmospheres are usually used:

- Vacuum (10<sup>-2</sup> bar)
- Nitrogen
- Argon
- Hydrogen / Nitrogen (e.g. 5/95 or 25/75)
- Hydrogen.

It is necessary to pay particular attention to the possible toxicity / dangerousness / explosiveness of atmospheres.

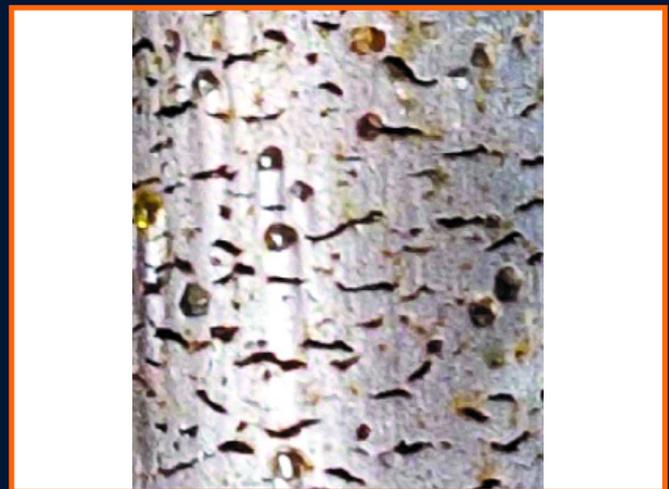


Fig.8 Esempio di fessure superficiali sul pezzo finito  
Example of surface cracks on the finished piece

It is advisable to refer to specific safety standards, as well as to assess possible effects in advance and prevent any risk. As an example, it should be noted that there are specific diagrams (but obviously also other scientific sources) providing the information needed to make informed choices (Fig.7). Dewaxing is the first phase of the thermal cycle. In fact, first of all, before proceeding with any other development it is necessary to free the piece from the organic waxes / binders used to mix / granulate / cold press the pieces. These waxes / oils / organic binders, depending on the chosen



- Idrogeno/Azoto (es. 5/95 o 25/75)
- Idrogeno.

Si presti particolare attenzione all'eventuale tossicità/pericolosità/esplosività delle atmosfere prescelte.

È opportuno far riferimento alle specifiche norme di sicurezza, oltre che valutare a priori i possibili effetti e prevenire ogni rischio. A titolo di esempio, si evidenzia che esistono specifici diagrammi (ma ovviamente anche altre fonti scientifiche) che forniscono le informazioni necessarie per adottare scelte consapevoli (Fig.7).

Il dewaxing è la prima fase del ciclo termico. Infatti, prima di procedere con ogni altro sviluppo è necessario liberare il pezzo dalle cere/oli/leganti organici utilizzati per miscelare/granulare/stampare i pezzi.

Queste cere/oli/leganti organici, a seconda delle esigenze e/o dei processi scelti, vengono frequentemente utilizzati circa in 1%-4% del peso delle polveri. Vanno tolti a temperature inferiori circa a 500-550°C, prima che il pezzo inizi a "chiudersi".

Si evidenzia che, anche per questo aspetto, gli sviluppi sono stati notevoli. A livello teorico e indicativo si è in grado, infatti, di trovare oggi leganti che possono volatilizzare circa a 400°C. Dal punto di vista fisico accade che, all'innalzamento della temperatura, le sostanze organiche evaporano, aumentando di volume. Se questo avviene quando il pezzo è ancora poroso, i gas riescono a scap-

pare e a liberare il pezzo, altrimenti:

- si accumulano all'interno fino a quando le sovrappressioni non provocano evidenti cricature superficiali;
- rimangono intrappolate dentro il pezzo formando isole incoerenti che rendono scadente il pezzo.

La sinterizzazione all'interno del ciclo termico è, quindi, intesa come quella fase del processo di riscaldamento del pezzo, a sua volta inserito nel processo produttivo come sopra descritto, in cui avviene il trasporto solido di materia - cosiddetta fase della autocompattazione.

Nella sinterizzazione per free sintering le temperature sono più alte rispetto alle sinterizzazioni tradizionali.

Ad esempio, rispetto ad un hot-pressing, sono più alte di circa 150°C.

La scelta della rampa di salita in temperatura e la temperatura di sinterizzazione dipendono, ovviamente, dalle materie prime utilizzate. La temperatura di sinterizzazione è indicativamente tra 900 e 1000°C.

La rampa di salita è fondamentale perché, in termini di tempo e di temperatura, deve permettere il trasporto solido della materia e la conseguente autocompattazione.

A livello teorico, dal punto di vista della autocompattazione, sarebbe bene salire piano e rimanere in temperatura a lungo, ma in realtà questo non è possibile, perché in produzione, in situazione pratica e non teorica, è necessario tenere conto:

- dei tempi di produzione (che si allungherebbero);

needs and / or processes, are frequently used about 1%-4% of the weight of powders.

They must be removed at temperatures below about 500-550°C, before piece begins to "close".

It should be noted that also in this field developments have been remarkable in last years.

In fact, at the theoretical and indicative level, today it is possible to find binders which can volatilize at about 400°C.

From the physical point of view, it happens that, with raising of temperature, organic substances evaporate increasing in volume. If this happens when piece is still porous, gases can escape and free the piece, otherwise:

- they accumulate inside until overpressures do not cause evident superficial cracks;
- they remain trapped inside the piece, forming incoherent islands that make sub-standard the piece.

Sintering, within thermal cycle, is therefore understood as a phase of heating process of the piece, in turn within the production process as described above, in which the solid transport of material takes place - the so-called self-compaction phase.

In sintering with free sintering technology temperatures are higher than in traditional sintering. For example, compared to a hot-pressing, they are higher around 150°C.

Choice of rising ramp in temperature and

sintering temperature depend obviously on the raw materials used.

The sintering temperature is between 900 and 1000°C.

The ramp up is fundamental because in terms of time and temperature it must allow the solid transport of the material and the consequent self-compaction.

At the theoretical level, from the point of view of self-compacting, it would be good to go up very slowly and to stay at a high temperature for a long time, but in reality this is not possible, because in production, in a practical and not

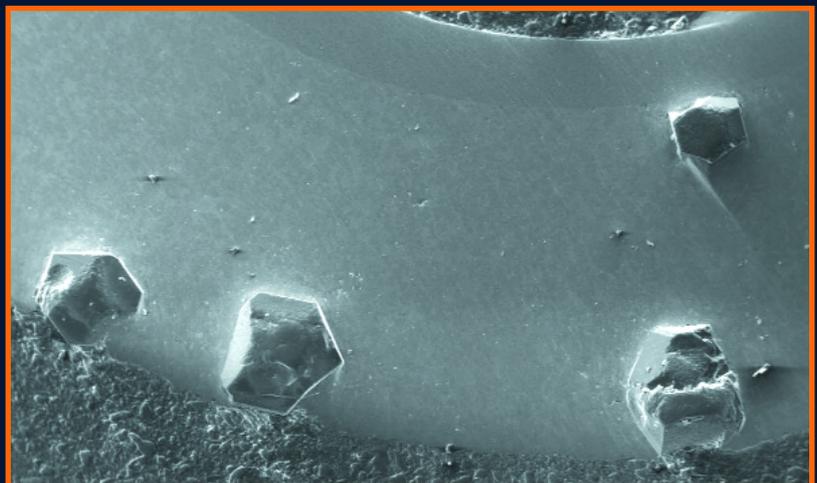


Fig.9 Esempio di utensile finito correttamente sinterizzato  
Example of a correctly sintered finished tool





- a seconda delle polveri usate, si possono avere fenomeni microscopici di ingrossamento dei grani (che a loro volta, di solito, comportano una diminuzione di durezza ed una diminuzione di resistenza all'usura del pezzo e, quindi, implicazioni sulle performance dell'utensile finito);
- alla termostabilità del diamante (come noto, tempi lunghi ad alte temperature danneggiano il diamante).

Densità accettabili del pezzo finito devono essere maggiori del 95%. Con le attrezzature e le materie prime oggi disponibili si ottengono densificazioni anche vicine al 99%.

### CONCLUSIONI

In ragione di quanto illustrato si può concludere che con il termine "free sintering", più che di un semplice metodo di sinterizzazione, si ritiene di dover parlare di una completa tecnica di produzione.

Negli ultimi anni i risultati del free sintering sono stati notevolmente migliorati, sia a livello di performances dell'utensile finale, sia a livello di processo produttivo.

La presente relazione non fornisce istruzioni operative da adottare, bensì traccia, a livello generale, le linee principali della tecnica. I singoli aspetti devono essere analizzati e progettati con adeguate verifiche per essere tradotti in concreti processi produttivi, a seconda delle aspettative e degli obiettivi. Particolare attenzione deve

essere posta agli aspetti di sicurezza e salute che devono essere attentamente studiati e valutati.

### BIBLIOGRAFIA

- Randall M. German, "Sintering theory and practice" (from O. Cai, "Free sintering: how to choose the right furnace?", Diamante Applicazioni & Tecnologia n. 60/2010, pag.43 fig.6
- F. Antonini, "Controlled atmosphere in sintering machines", Diamante Applicazioni & Tecnologia, n. 3, 1995, pag.50.
- F. Antonini, "Mechanisms of sintering in liquid phase", Diamante Applicazioni & Tecnologia, n. 5, 1995, pag.74
- O.Cai, "Free sintering: how to choose the right furnace?", Diamante Applicazioni & Tecnologia n. 60, 2010, pagg.39-48.
- Fig.1, 2, 4, 6 courtesy of O. Cai.

Sviluppo della tematica presentata in occasione della Giornata di Studio sugli Utensili Diamantati - Vicenza, 22 novembre 2018 - e pubblicata su autorizzazione dell'Autore e dell'Associazione Italiana di Metallurgia (AIM).

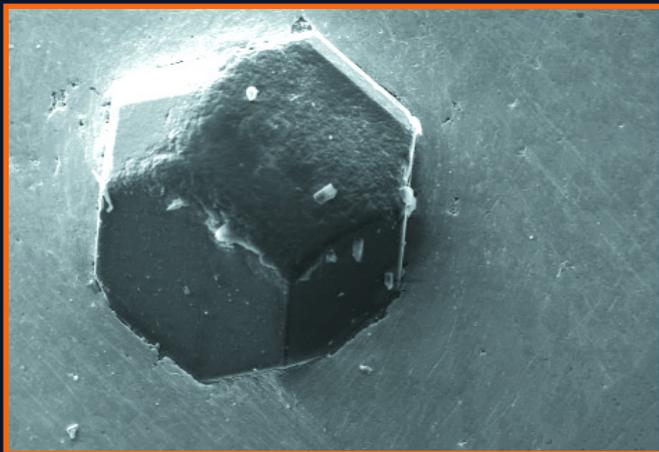


Fig.10 Particolare di utensile finito correttamente sinterizzato / Detail of a correctly sintered finished tool

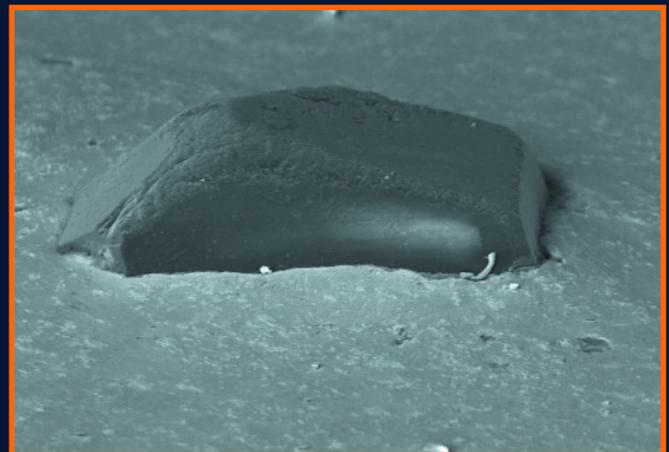


Fig.11 Altro particolare di utensile finito correttamente sinterizzato / Another detail of a correctly sintered finished tool

theoretical situation it is necessary to consider:

- production times (which would lengthen);
- depending on powders used, microscopic phenomena of grain enlargement may occur (which in turn usually involve a reduction in hardness and a decrease in resistance to wear of the piece and therefore implications on performances of the final tool);
- thermostability of diamonds (as known, long times at high temperatures damage diamonds. Attention: this is also a very delicate subject and would deserve a specific and careful study).

Acceptable density of finished pieces should be greater than 95%. With equipments and raw materials available today, densifications even close to 99% are obtained.

### CONCLUSION

As a result of what has been shown, it can be concluded that with the term "free sintering", rather than a simple sintering method, we have to speak of a complete production technique. In last years, results of free sintering have been significantly improved both in terms of performance of the final tool and in terms of production process.

This report does not provide any operational instructions to be adopted, but shows the main technical lines in general. All aspects must be analyzed and designed with adequate checks to be translated into concrete production processes according to expectations and objectives.

Particular attention must be paid to aspects of safety and health that must be carefully studied and evaluated.





Total Area  
**182,000** m<sup>2</sup>

Exhibitors  
**2,000+**

Featured Events  
**50+**

**CHINA XIAMEN  
INTERNATIONAL  
STONE FAIR**

**MARCH 16-19, 2020**  
XIAMEN, CHINA



# Caratterizzazione di laboratorio mirata all'analisi delle prestazioni di fili diamantati per il taglio di materiali carbonatici

di Nicola Auletta<sup>1</sup>, Stefano Bianchini<sup>2</sup>, Marilena Cardu<sup>1,3</sup>, Pietro Fresia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DIATI- Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

<sup>2</sup>Ingegnere Minerario, Carrara

<sup>3</sup>IGG-CNR, Torino

## ABSTRACT

Nel corso degli anni il filo diamantato è stato oggetto di molteplici miglioramenti ed ottimizzazioni, grazie ai quali ha avuto luogo una delle più grandi rivoluzioni nel settore lapideo. Tuttavia, il suo impiego è ancora oggi causa di infortuni, talora mortali, a seguito dell'apertura del circuito durante il taglio, con conseguente colpo di frusta e proiezione ad elevate velocità degli elementi che lo compongono. Il presente lavoro è focalizzato sullo studio di alcune possibili cause di rottura del filo diamantato, da quelle note, tra cui sfilamento del cavo di supporto dal morsetto di giunzione e rottura del cavo in prossimità del morsetto, a quella, osservata in cave del Bacino di Carrara durante analisi effettuate in sito, di rottura dello stesso morsetto di giunzione.

Ai fini di contribuire a migliorare il livello di sicurezza in

cava, sono state condotte prove di trazione statica presso i laboratori "Marmotest s.a.s." di Carrara e DISEG del Politecnico di Torino su elementi di filo, in particolare morsetti di giunzione, pressatori e cavo di supporto, forniti dall'azienda costruttrice di fili diamantati "Mega Diamant S.r.l.", riproducendo configurazioni e scelte tecnologiche osservate direttamente in cantiere e valutando la conformità con la norma europea di riferimento UNI EN 13236:2016 ("Requisiti di Sicurezza per i prodotti superabrasivi").

Il 100% dei pressatori e più del 90% dei morsetti di giunzione sottoposti a test di sfilamento hanno rispettato il valore limite imposto dalla norma di riferimento.

Per questi ultimi, a determinare la resistenza a sfilamento contribuiscono principalmente tre fattori: il tipo di materiale, la lunghezza dei morsetti di giunzione e il loro spessore. Nonostante le ricerche condotte, non sono disponibili

# Laboratory characterization aimed at analyzing the performance of diamond wires for marble cutting

by Nicola Auletta<sup>1</sup>, Stefano Bianchini<sup>2</sup>, Marilena Cardu<sup>1,3</sup>, Pietro Fresia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DIATI- Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino

<sup>2</sup>Mining Engineer, Carrara

<sup>3</sup>IGG-CNR, Torino

## ABSTRACT

Over the years the diamond wire has got many improvements and optimizations, thanks to which one of the greatest revolutions in the stone industry took place. However, its use is still the cause of injuries, sometimes fatal, following the opening of the loop during cutting, with consequent whiplash and high-speed projection of its elements.

The present work is focused on the study of some possible causes of diamond wire breakage, from those known, including slipping of the support cable from the junction clamp and cable break near the clamp, to that, observed in

quarries of the Carrara Basin during on-site analyzes, of breaking the same junction clamp.

To help improving the safety level in the quarries, tensile tests were carried out at the "Marmotest s.a.s." laboratories of Carrara and DISEG of the Politecnico di Torino on wire elements, in detail junction clamps, pressing devices and support cable, supplied by the 'Mega Diamant Srl' manufacturer of diamond wires, reproducing configurations and technological choices observed on site and assessing compliance with the European reference standard UNI EN 13236:2016 ("Safety Requirements for superabrasive products").

RAW  
TECH

# METAL POWDERS & INDUSTRIAL DIAMOND

RAW TECH è una società internazionale di trading, specializzata in import ed export di materie prime per le industrie.

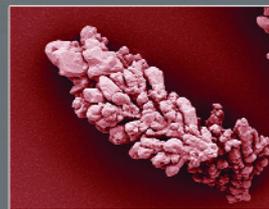
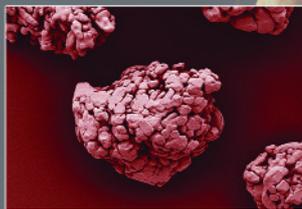
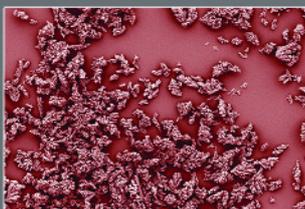
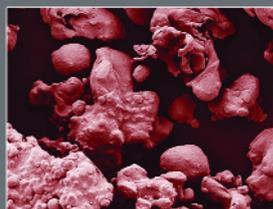
I nostri prodotti primari per l'industria dell'utensile diamantato sono le polveri di Rame, Bronzo e Stagno Makin Metal Powders (UK), Cobalto, Zinco, Nickel in polvere o chips, Tungsteno, Carburo di Tungsteno e diamante industriale.

I processi e i sistemi di produzione sono accreditati sia per ISO 9001 che ISO 14001 e tutti i prodotti sono pienamente conformi al REACH.

RIVENDITORE



MAKIN METAL POWDERS



[www.rawtech.it](http://www.rawtech.it)

**G&M**  
STAMPA | GRAFICA | WEB SOLUTIONS

## **Soluzioni per la vostra comunicazione**

Stampa offset e digitale  
Cataloghi, Brochure, Riviste  
Banner PVC, Supporti Rigidi  
Fidelity Card Personalizzate  
Articoli Promozionali  
Web Solutions

[www.gm-agency.net](http://www.gm-agency.net)

documenti tecnici che riportano la composizione chimica dei materiali con cui sono realizzate le giunzioni ma, in generale, i morsetti commercializzati come rame (o, più propriamente, acciaio al rame) e acciaio ricotto hanno fornito resistenze a sfilamento maggiori rispetto a quelli in acciaio. Inoltre, la resistenza a sfilamento è legata alla lunghezza del morsetto da una proporzionalità diretta, ed al suo spessore da una proporzionalità inversa.

L'acqua per il raffreddamento del filo diamantato durante il taglio può non essere impiegata correttamente o essere limitata da problemi ambientali.

Per questo lo studio della resistenza a sfilamento dei morsetti in rame e in acciaio si è esteso, includendo la variazione delle loro proprietà all'aumentare della temperatura.

Infine, il deterioramento delle caratteristiche meccaniche del filo diamantato in seguito al taglio è stato misurato eseguendo prove di trazione su elementi usati.

## 1. INTRODUZIONE

L'evoluzione tecnologica nel settore lapideo ha comportato un progressivo aumento della produzione di marmo nel

consorzio apuano, riducendo i tempi delle fasi di scavo e garantendo una migliore qualità del prodotto.

Una delle conseguenze più evidenti è stata la riduzione drastica del numero di addetti in cava: dei 9000 lavoratori del XIX Secolo, oggi se ne contano circa 800; per contro, la produttività annua/addetto è passata da circa 80 t a oltre 1000 t (Coli et al., 2002; Lovera, 2001).

Inoltre, analizzando il periodo 1950-2010, si nota un significativo incremento della produttività a partire dal 1976: ciò è imputabile alla diffusione del filo diamantato nelle cave apuane. Ad oggi, la produttività si attesta intorno a 1.400.000 t/anno (immcarrara.com), ed è interessante osservare la progressiva espansione areale dell'attività estrattiva, che ha raggiunto una densità di 0,33 cave/km<sup>2</sup> (Coli et al., 2002).

In particolare, l'evoluzione delle tagliatrici a filo diamantato ha consentito, come accennato, un incremento della produttività sia nelle operazioni di taglio al monte sia in quelle di riquadratura dei blocchi sul piazzale (Lovera, 2001). Le fasi di preparazione del taglio consistono, come noto, nella perforazione di due fori complanari ed ortogonali, in



**Fig.1a** Foto aerea della Cava Michelangelo; è chiaramente visibile la configurazione a gradino diritto per fette orizzontali discendenti  
*Aerial picture of the Michelangelo Quarry; the exploitation by horizontal descending benches is clearly noticeable (Photo P. Fresia)*



**Fig.1b** Cava Fantiscritti. In posizione centrale si osserva un pilastro, lasciato in posto a sostegno dei vuoti di coltivazione  
*Fantiscritti Quarry. A pillar is observed in central position, left in place to support the chambers resulting from the exploitation (Photo P. Fresia)*

100% of pressing devices and more than 90% of junction clamps subjected to slip tests have respected the limit value imposed by the reference standard.

For the latter, three factors mainly contribute to the slip resistance: the type of material, the length of the junction clamps and their thickness.

Despite the research carried out, no technical documents are available regarding the chemical composition of the materials with which the joints are made but, in general, the clamps marketed as copper (or, more properly, copper steel) and annealed steel have provided greater extraction resistances than those in steel. Furthermore, the slip resistance is linked to the length of the clamp by direct proportionality, and its thickness by inverse proportionality.

The water for cooling the diamond wire during cutting may not be used correctly or be limited by environmental problems. For this reason, the study of the slip resistance of copper

and steel clamps has been extended, including the variation of their properties to temperature increase.

Finally, the deterioration of the mechanical characteristics of the diamond wire following the cutting was measured by performing tensile tests on used elements.

## 1. INTRODUZIONE

The technological evolution in the stone sector has led to a progressive increase in the production of marble in the Apuan quarries, reducing the time required for excavation and guaranteeing a better quality of the products.

One of the most obvious consequences was the drastic reduction in the number of employees in the quarries: of the 9,000 workers in the nineteenth century, they are about 800 today; on the other hand, the annual productivity/employee has increased from about 80 t to over 1000 t (Coli et al., 2002; Lovera, 2001).



cui è inserito il filo, a sua volta chiuso "a cappio" (configurazione standard) intorno al volano motore della tagliatrice che, retrocedendo, lo mette in tensione.

Il filo passa intorno al volano, in una scanalatura rivestita in gomma ed è, in genere, guidato da due pulegge "folli" di alluminio con diametro di 300 mm, montate anteriormente al volano per aumentare la tensione.

Per evitare danni da possibili colpi di frusta e proiezione delle perline in caso di rottura del filo, il gruppo volano-motore è dotato di un carter di protezione; la parte di filo esposta è protetta durante il taglio da un nastro di fibre composite, posto a distanza di circa 50 cm, largo 50 cm e di lunghezza generalmente non superiore a 20 m, che viene svolto da un rullo posto al di sopra del volano-motore, grazie ad un motorino idraulico. Si cerca, in tal modo, di intercettare la traiettoria del filo e degli elementi che lo compongono, che potrebbero essere lanciati in caso di apertura del circuito (Fresia, 2019).

## 2. IL FILO DIAMANTATO

Il filo diamantato è l'organo di taglio della tagliatrice a filo e, nella versione standard, è costituito da un cavo d'acciaio zincato di 5 mm di diametro, formato da trefoli nelle configurazioni a 61 fili (6x7+19), a 84 fili (6x12+18) e 133 fili (7x19) (metalfuni.it; cablesteel.it; UNI EN 12385-2:2008: "Funi di acciaio - Sicurezza - Parte 2: Definizioni, designazione e classificazione") avvolti ad elica, di acciaio

ultra-flessibile, con lo scopo di assorbire le sollecitazioni statiche e dinamiche. Una serie di elementi, aventi ognuno funzione diversa, sono inseriti nel cavo metallico, come mostrato in Fig.2:

□ perline diamantate: sono distribuite uniformemente in numero variabile da 28 a 34 perline/m, e sono responsabili della disgregazione della roccia per mezzo di microutensili striscianti (diamanti);

□ molle distanziatrici: elementi spiraliformi in acciaio interposti tra due perline successive, con diametro esterno di 8 mm; permettono l'ammortizzazione degli urti e una protezione del cavo durante gli strisciamenti;

□ distanziali: segmenti di tubicini metallici, di lunghezza 4-5 mm e diametro esterno uguale a quello delle molle, che consentono la corretta disposizione delle perline attorno al cavo;

□ fermi (o pressatori): anelli metallici pressati sul cavo in modo da impedire lo sfilamento delle perline in caso di rottura del cavo;

□ morsetti di giunzione: connettori metallici che consentono la chiusura ad anello del filo, oppure la connessione di spezzoni di cavo, per raggiungere la lunghezza necessaria ad effettuare il taglio della bancata (Lovera, 2001). Sono realizzati in rame e acciaio, di lunghezza compresa tra 20 mm e 30 mm (su richiesta anche 35 mm) e diametro interno ed esterno rispettivamente di 4-5 mm e 8-9 mm. I morsetti di giunzione rappresentano la porzione a mag-

Furthermore, analyzing the period 1950-2010, a significant increase in productivity starting from 1976 can be noticed: this is attributable to the spread of the diamond wire in the Apuan quarries.

To date, the productivity is around 1,400,000 t/year (imm-carrara.com), and it is interesting to observe the progressive expansion in the mining activity, which has reached a density of 0.33 quarries/km<sup>2</sup> (Coli et al ., 2002).

Fig.1a and 1b show some quarry scenarios, respectively open-pit and underground. The evolution of diamond wire cutting machines has allowed, as mentioned, an increase in productivity both in primary cutting operations and in squaring operations on the quarry yard (Lovera, 2001).

The steps consist, as well known, in drilling two coplanar and orthogonal holes, where the wire is inserted, and closed "with a loop" (standard configuration) around the flywheel of the cutting machine which, retreating, puts the wire in tension.

The wire passes around the flywheel, in a rubber-lined groove, and is generally guided by two "idle" aluminum pulleys with a diameter of 300 mm, mounted in front of the flywheel to increase tension.

To prevent damage from possible whiplash and projection of the beads in case of wire breakage, the flywheel-engine group is equipped with a protective cover. The exposed part of wire is protected during cutting by a composite fiber ribbon, placed at a distance of about 50 cm, 50 cm wide and generally does not exceed the length of 20 m,

which is unwound by a roller placed above the flywheel-engine, thanks to a hydraulic motor. In this way, the trajectory of the wire and of its elements, which could be launched in case of the circuit being opened (Fresia, 2019), is intercepted.

## 2. THE DIAMOND WIRE

The diamond wire is the cutting device of the wire cutting machine and, in the standard version, consists of a galvanized steel cable 5 mm in diameter, formed of strands in 61-wire configurations (6x7 + 19), 84 wires (6x12 + 18) and 133 wires (7x19) (metalfuni.it; cablesteel.it; UNI EN 12385-2:2008: "Steel cables - Safety - Part 2: Definitions, designation and classification") wrapped on an helix winding, made of ultra-flexible steel, with the aim of absorbing static and dynamic stresses.



Fig.2 Configurazione standard del filo diamantato con assemblaggio asimmetrico  
Standard configuration of the diamond wire with asymmetrical assembly  
(www.diamant-boart.com)

gior rigidità del filo diamantato, pur dovendo percorrere circuiti curvilinei con raggi di curvatura variabili; sono pertanto noti come punti deboli, dovendo resistere a cicli di sforzi flessionali. Alcuni morsetti di giunzione sono stati oggetto di prove di laboratorio (descritte in seguito), i cui risultati hanno tentato di fornire un contributo per valutarne la tipologia e la dimensione migliore ad impedire l'apertura del cappio durante il taglio della roccia.

Nella configurazione tradizionale descritta, tutti gli elementi che compongono il filo sono a contatto con l'esterno, ma solo le perline, in condizioni ottimali di lavoro, sono a contatto con il materiale lapideo.

Il filo "rivestito" nasce in seguito all'esigenza di adattare la tecnica anche al taglio di rocce silicatiche, in quanto l'abrasività dei detriti ad alta percentuale di silice prodotti durante il taglio comportava un'usura rapida del cavo tradizionale. Il problema è stato risolto realizzando fili plastificati (Fig.3a) o gommati (Fig.3b).

Il filo rivestito è utilizzato anche nel taglio di materiali carbonatici per motivi di sicurezza, in particolare per limitare il problema della rottura del cavo, sfruttando la guaina protettiva come ancoraggio delle perline ed impedire la loro proiezione a velocità elevate (esse possono raggiungere 500 km/h, considerando che la velocità del filo durante il

taglio è di circa 40 m/s - UNI EN 15163:2015: "Macchine e impianti per l'estrazione e la lavorazione delle pietre naturali - Sicurezza - Requisiti per le tagliatrici a filo diamantato").

La carenza o, peggio, l'assenza di irrorazione d'acqua sul filo durante il taglio può causare un indebolimento del materiale di rivestimento a causa dell'aumento di temperatura (fino a 60°) dovuto all'attrito tra l'organo di taglio e la roccia (Comitato Paritetico Marmo, 2000).

Nel filo tradizionale, le molle consentono un trasporto di acqua refrigerante più omogeneo all'interno del blocco, a differenza di quanto accade nel filo gommato o plastificato, in cui esse sono "annegate" nel materiale di rivestimento.

### 3. PROVE DI LABORATORIO

Le prove descritte nel seguito sono state eseguite, in conformità alla norma europea UNI EN 13236:2016, presso il laboratorio "MarmoTest s.a.s." di Carrara, mentre il materiale utilizzato è stato fornito dall'azienda costruttrice di fili diamantati "Mega Diamant S.r.l."

La strumentazione utilizzata consta di: una pressa idraulica servo-controllata modello MT tipo BP, collegata e gestita da un sistema di controllo basato su una piattaforma "CompactRIO"; una cella di carico di tipo Allemano serie



**Fig.3a** Filo diamantato plastificato ([www.megadiamant.com](http://www.megadiamant.com)).  
Il rivestimento degli elementi del filo è ottenuto mediante iniezione di una resina termoplastica ad alta pressione e resistente all'usura  
*Plasticized diamond wire ([www.megadiamant.com](http://www.megadiamant.com)).  
The coating of the wire elements is obtained by high-pressure injection of a wear-resistant thermoplastic resin*



**Fig.3b** Filo diamantato gommato ([www.megadiamant.com](http://www.megadiamant.com)).  
Il rivestimento è ottenuto mediante una miscela polimerica gommosa  
*Rubberized diamond wire ([www.megadiamant.com](http://www.megadiamant.com)).  
The coating is obtained by a rubbery polymer mixture*

A series of elements, each having a different function, are inserted in the steel cable, as shown in Fig.2:

- diamond beads: they are uniformly distributed in a variable number from 28 to 34 beads/m, and are responsible for rock cutting by means of micro-tools (diamonds);
- spacer springs: spiral steel elements placed between two successive beads, with an external diameter of 8 mm; they allow shock absorption and protection of the cable during sliding;
- spacers: segments of metal tubes, 4-5 mm long and with the same external diameter as the springs, which allow the correct arrangement of the beads around the cable;
- latches (or pressers): metal rings pressed on the cable in order to prevent the beads from slipping in case of cable breakage;
- junction clamps: metal connectors that allow the loop to be closed, or cables to be connected, to reach the required length to cut the bench (Lovera, 2001). They are made of copper and steel, with a length between 20 mm and 30 mm (on request also 35 mm) and internal and external diameter of 4-5 mm and 8-9 mm respectively. The junction clamps represent the portion with the greatest rigidity of the diamond wire, although it must run along curvilinear circuits with

variable curvature radii; they are therefore known as weak points, having to withstand cycles of flexural stresses.

Some junction clamps have been subjected to laboratory tests (described below), the results of which have attempted to provide a contribution to assess the best typology and size to prevent the loop from being opened when cutting the rock.

In the traditional configuration described, all the elements making up the wire are in contact with the outside, but only the beads, in optimal working conditions, are in contact with the rock mass.

The "coated" wire was created as a result of the need to adapt the technique also to the cutting of hard rocks, since the abrasiveness of the high percentage of silica debris produced during cutting led to a rapid wear of the traditional cable. The problem was solved by realizing plasticized (Fig.3a) or rubberized wires (Fig.3b).

The coated wire is also used in cutting carbonate materials for safety reasons, above all to limit the problem of cable breakage, exploiting the protective sheath as an anchor for the beads and preventing their projection at high speeds (they can reach 500 km/h, considering that the wire speed during cutting is about 40 m/s - UNI EN 15163:2015:



TCE in acciaio inox, con carico nominale massimo di lettura 2,5 t e sensibilità nominale, in termini di tensione, di 2 mV/V (la linearità dello strumento è dello 0,03%, che corrisponde a circa 0,75 kg); un sistema di acquisizione per la lettura delle misure della cella di carico.

Il trasferimento dei dati al computer per la visualizzazione dei risultati delle prove avviene in ambiente di programmazione LabView, attraverso un approccio grafico (www.ni.com).

### 3.1 Prove sui pressatori

Le prove sono state condotte su pressatori sia nuovi, sia usati, in acciaio e acciaio "ricotto", con diametro interno ed esterno rispettivamente 5,2 mm e 9 mm.

Lo scopo è stato quello di individuare la soluzione migliore ad evitare il problema dello sfilamento, con conseguente proiezione di perline, molle e distanziali a velocità e distanze elevatissime. Inoltre, si è voluto verificare se, in seguito al taglio, tali elementi sono soggetti ad usura, con diminuzione della resistenza a sfilamento sotto una forza di trazione statica.

I materiali utilizzati per le prove constano di:

- cavi d'acciaio zincato (con tenore di carbonio compreso fra 0,4 e 0,72%) forniti dall'azienda "Mega Diamant S.r.l." di due tipologie, entrambe con 61 fili (trefoli del tipo 6x7+19), con carico di rottura minimo garantito tra 17,65 kN e 18,55 kN (UNI EN 12385-1:2009: "Funi di acciaio - Sicurezza - Parte 1: Requisiti generali") e diametro della fune

rispettivamente 4,85 mm e 4,9 mm; la lunghezza del cavo impiegato per ogni prova è di circa 50 cm;

- una pressa idraulica di tipo HT45, munita di valvola di massima pressione (pressione nominale di esercizio = 600 bar), adatta all'installazione di conduttori elettrici (fino a 150 mm<sup>2</sup>) a compressione (cembre.com);

- morsetti per funi impiegati per chiudere ad asola il cavo;
- cilindro d'acciaio, impiegato per bloccare il pressatore. Il diametro interno è 5 mm, per consentire il passaggio del cavetto di acciaio, e il diametro esterno varia da 20 mm a 30 mm.

Prima della prova, il pressatore viene compresso radialmente sul cavetto (Fig.4) fino a superare il suo carico di snervamento a compressione (Nicodemi, 1986); il campio-



Fig.4 Pressatore compresso sulla fune  
Presser compressed on the rope

"Machines and plants for exploitation and processing of natural stones - Safety - Requirements for diamond wire cutting machines").

The lack or, worse, the absence of water spraying on the wire during the cut can cause a weakening of the coating material due to the temperature increase (up to 60°), due to the friction between the cutting device and the rock (Joint Committee Marble, 2000). In the traditional wire, the springs allow a homogeneous cooling water flow inside the block, unlike in the rubberized or plasticized wire, where they are "drowned" in the coating material.

### 3. LABORATORY TESTS

The tests described below were carried out, in compliance with the European standard UNI EN 13236:2016, at the "MarmoTest s.a.s." laboratory in Carrara, whereas the material used was supplied by the diamond wire manufacturer "Mega Diamant S.r.l."

The instrumentation consists of: a BP type model servo-controlled hydraulic press, connected and managed by a control system based on a "CompactRIO" platform; a load cell of the Allemano TCE series in stainless steel, with a maximum rated load of 2.5 t and nominal sensitivity, in terms of voltage, of 2 mV/V (the linearity of the instrument is 0.03%, which corresponds to at about 0.75 kg); an acquisition system, for reading the measurements of the load cell. The transfer of data to the computer for the visualization of the test results takes place in a LabView environment, through a graphic approach (www.ni.com).

### 3.1 Tests on pressing devices

The tests were carried out on both new and used pressers, in steel and "annealed" steel, with internal and external diameters of 5.2 mm and 9 mm respectively.

The aim was to identify the best solution to avoid the problem of slipping, with consequent projection of beads, springs and spacers at very high speeds and distances.

Furthermore, it was necessary to verify whether, due to the cut, these elements are subject to wear, with a decrease in slipping resistance under a static tensile force.

The materials used for the tests consist of:

- galvanized steel cables (with a carbon content between 0.4 and 0.72%) supplied by the company "Mega Diamant Srl" of two types, both with 61 wires (strands of the 6x7 + 19 type), with minimum guaranteed breaking strength between 17.65 kN and 18.55 kN (UNI EN 12385-1:2009: "Steel cables - Safety - Part 1: General requirements") and rope diameter respectively 4.85 mm and 4.9 mm; the length of the cable used for each test is about 50 cm;

- an HT45 hydraulic press, fitted with a maximum pressure valve (nominal operating pressure = 600 bar), suitable for the installation of electrical conductors (up to 150 mm<sup>2</sup>) (cembre.com);

- clamps for cables, used to close the cable with a slot;
- steel cylinder, used to lock the presser. The internal diameter is 5 mm, to allow the passage of the steel cable, and the external diameter varies from 20 mm to 30 mm.

Before the test, the presser is radially compressed on the cable (Fig.4) until it exceeds its compressive yield strength

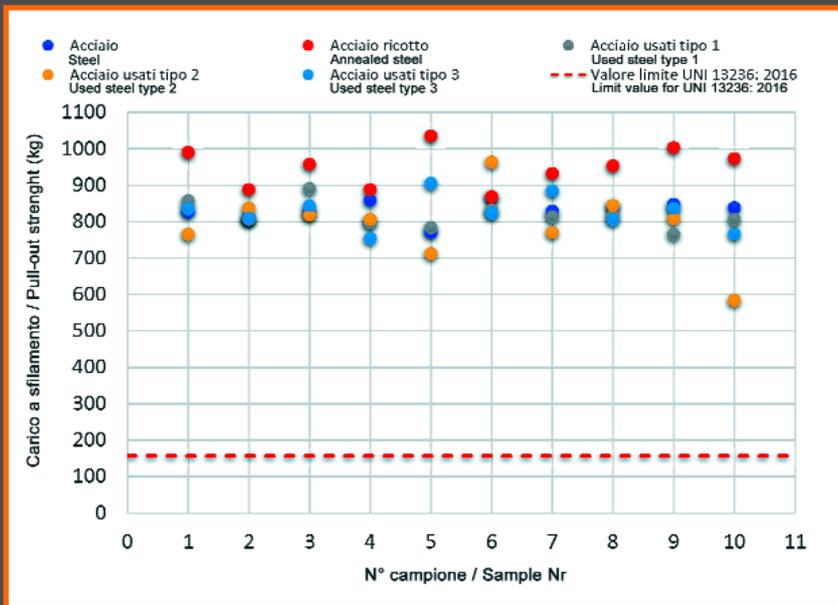


ne, così ottenuto, viene agganciato da un lato all'occhiello collegato alla cella di carico attraverso un'asola chiusa da morsetti (agganciati in conformità con la UNI EN 13411-5:2009 "Estremità per funi di acciaio - Morsetti per funi"), dall'altro viene bloccato dal cilindro di acciaio. I test di sfilamento sui pressatori sono stati eseguiti in conformità con la norma armonizzata UNI EN13236:2016. La rampa lineare di carico uniassiale è stata impostata in modo da raggiungere il 100% del carico massimo in 180 s;

i dati sono stati acquisiti ad intervalli di 10 ms. La pressa interrompe la prova quando il fermo si muove dalla posizione in cui è stato pressato e produce una variazione di carico di 50 kg. La prova risulta superata se il valore di picco registrato dopo il movimento del pressatore è almeno 1/12 del carico di rottura minimo garantito del cavetto di supporto: quindi, considerando il cavetto con carico di rottura maggiore (1890 kg), il valore limite soglia imposto dalla norma

**Tab.1** Resistenza a sfilamento massima, minima, media e deviazione standard delle diverse tipologie di pressatori. I pressatori usati sono stati testati su fili diamantati reperiti in cava e con diversi gradi di usura / *Resistance to pushout maximum, minimum, average and standard deviation of the different types of pressers. Used pressers were tested on diamond wires found in quarries and with different degrees of wear*

	Acciaio Steel	Acciaio "ricotto" Annealed steel	Usati "tipo 1" Used "type 1"	Usati "tipo 2" Used "type 2"	Usati "tipo 3" Used "type 3"
Carico Load	kg	kg	kg	kg	kg
Massimo Maximum	867	1035	890	963	905
Minimo Minimum	770	868	765	584	754
Media Average	831	949	816	791	826
Dev. standard Std deviation	27	55	36	98	47



**Fig.5** Resistenza a sfilamento dei pressatori in acciaio nuovi  
*Slipping resistance of new steel pressers*

(Nicodemi, 1986). The sample thus obtained is hooked on one side to the eyelet connected to the load cell through a slot closed by clamps (hooked in accordance with UNI EN 13411-5:2009 "Ends for steel cables-clamps for cables"), on the other hand it is blocked by the steel cylinder. Slipping tests on the pressers were carried out in compliance

with the harmonized standard UNI EN13236:2016. The uniaxial linear loading ramp was set to reach 100% of the maximum load in 180 s.

The data were acquired at 10 ms intervals. The press stops the test when the retainer moves from the position in which it was pressed and produces a load change of 50 kg. The test is passed if the peak value recorded after the movement of the presser is at least 1/12 of the minimum breaking load of the support cable: therefore, considering the cable with a greater breaking load (1890 kg), the limit threshold value imposed from the UNI EN 13236:2016 standard is about 158 kg.

For each type of presser (new and used, the latter divided into three categories based on the type of origin and the undergone wear) tests were performed on 10 samples. The results obtained are shown in Tab.1, while Fig.5 shows, as an example, the progress of the loads recorded on the 10

new steel samples.

A first important consideration emerging from the results is that all pressers, both new and used, have complied with the requirements of the European standard UNI EN 13236:2016 about the resistance to pushout under the application of a tensile static load: this implies that they do



UNI EN 13236: 2016 è circa 158 kg.

Per ogni tipologia di pressatori (nuovi e usati, questi ultimi suddivisi in tre categorie in funzione della tipologia d'origine e dell'usura subita) sono state eseguite prove su 10 campioni.

I risultati ottenuti sono riportati in Tab.1, mentre in Fig.5 si riporta, a titolo esemplificativo, l'andamento dei carichi registrati sui 10 campioni di acciaio nuovi.

Una prima importante considerazione che emerge dai risultati è che tutti i pressatori, sia nuovi sia usati, hanno rispettato i requisiti della norma europea UNI EN 13236: 2016 per quanto riguarda la resistenza allo sfilamento sotto l'applicazione di un carico statico di trazione: se ne deduce che essi non subiscono un significativo deterioramento durante il taglio.

Se da un lato i pressatori di acciaio "ricotto" sembrano avere una variabilità maggiore rispetto a quelli di acciaio normale, d'altra parte rappresentano, secondo quanto emerso dai test, la soluzione migliore, in quanto hanno una resistenza a sfilamento di 100 kg superiore rispetto a quelli in acciaio normale (Tab.1).

In conclusione, occorre comunque considerare che, nonostante i risultati abbiano evidenziato dei valori superiori al limite previsto dalla norma, il pressatore debba essere inserito con la dovuta attenzione, in quanto rappresenta un elemento fondamentale ai fini di evitare la proiezione di perline, molle e distanziali in casi di rottura del filo dia-

mantato durante il taglio.

### 3.2 Prove sui morsetti di giunzione

Le prove di sfilamento su varie tipologie di morsetti di giunzione, in acciaio e in rame, aventi diametro e lunghezza diversa, sono state eseguite in conformità con la norma europea UNI EN 13236:2016.

A differenza dei pressatori, i morsetti di giunzione vengono pressati sul cavo direttamente in cava e ciò costituisce un'operazione molto delicata, al fine di evitare l'apertura del circuito del filo per sfilamento del cavo dal morsetto (evento che in cava, da interviste condotte in campo, si verifica con una certa regolarità e che può essere causa di infortuni). I campioni sono stati preparati a partire da due spezzoni di cavo d'acciaio di lunghezza pari a circa 30 cm. Ogni morsetto di giunzione è stato pressato tra le estremità dei due spezzoni, analogamente a quanto fatto per i pressatori.

I campioni così ottenuti sono sottoposti alle prove di sfilamento mediante pressa idraulica. Il collegamento alla pressa è stato realizzato mediante due asole chiuse da morsetti per funi in conformità con la UNI EN 13411-5: 2009 "Estremità per funi di acciaio- Morsetti per funi".

La norma UNI EN 13236:2016 imposta come valore limite di resistenza allo sfilamento il 30% del carico di rottura del cavo di supporto, che nel caso del cavetto utilizzato nei test è 1890 kg e, quindi, i morsetti di giunzione devono

not undergo a significant decay during cutting. If on the one hand the "annealed" steel pressers seem to have a greater variability than those of normal steel, on the other hand they represent, according to the findings of the tests, the best solution, as they show a resistance to pushout of 100 kg greater compared to those in normal steel (Tab.1).

In conclusion, it must however be considered that, although the results have shown values above the limit set by the standard, the presser must be inserted with the due care, as it represents a fundamental element in order to avoid the projection of beads, springs and spacers in case of breakage of the diamond wire during the cut.

### 3.2 Tests on junction clamps

The slipping tests on various types of junction clamps, both in steel and copper, having different diameters and lengths, were performed in compliance with the European standard UNI EN 13236:2016.

Unlike the pressers, the junction clamps are pressed on the cable directly in the quarry and this is a very sensitive operation, carried out with the aim of avoiding the opening of the wire loop by slipping the cable from the clamp (it can occur, from on-site interviews, with a certain regularity and can cause injuries).

The samples were obtained from two pieces of steel cable with a length of about 30 cm; each junction clamp was pressed between the ends of the two pieces, similarly to what was done for the pressers.

The samples thus obtained are subjected to slipping tests

using a hydraulic press. The connection to the press was made by means of two slots closed by cable clamps in compliance with UNI EN 13411-5:2009 "Ends for steel cables-clamps for cables".

The UNI EN 13236:2016 standard sets a pushout strength limit value of 30% of the support cable breaking load which, for the cable used in the tests, is 1890 kg and therefore the junction clamps must have a slipping strength of at least 567 kg. On this point, some further details will be given below. The results of the tests were always compared with the limit value imposed by the UNI EN 13236: 2016 standard. Fig.6 shows the results obtained from the slipping tests on various junction clamps.

The results of these tests differ from those reported by the interviews on site, which showed a slipping strength of the junctions in copper less than those in steel.

The problem will be addressed in more detail later on.

Tests were also carried out on used clamps, partly obtained from diamond wires employed in quarries and partly from pieces of plasticized and rubberized wire from the "Mega Diamant S.r.l." company.

As for the tests on steel, all the samples showed greater strength than that required by the standard.

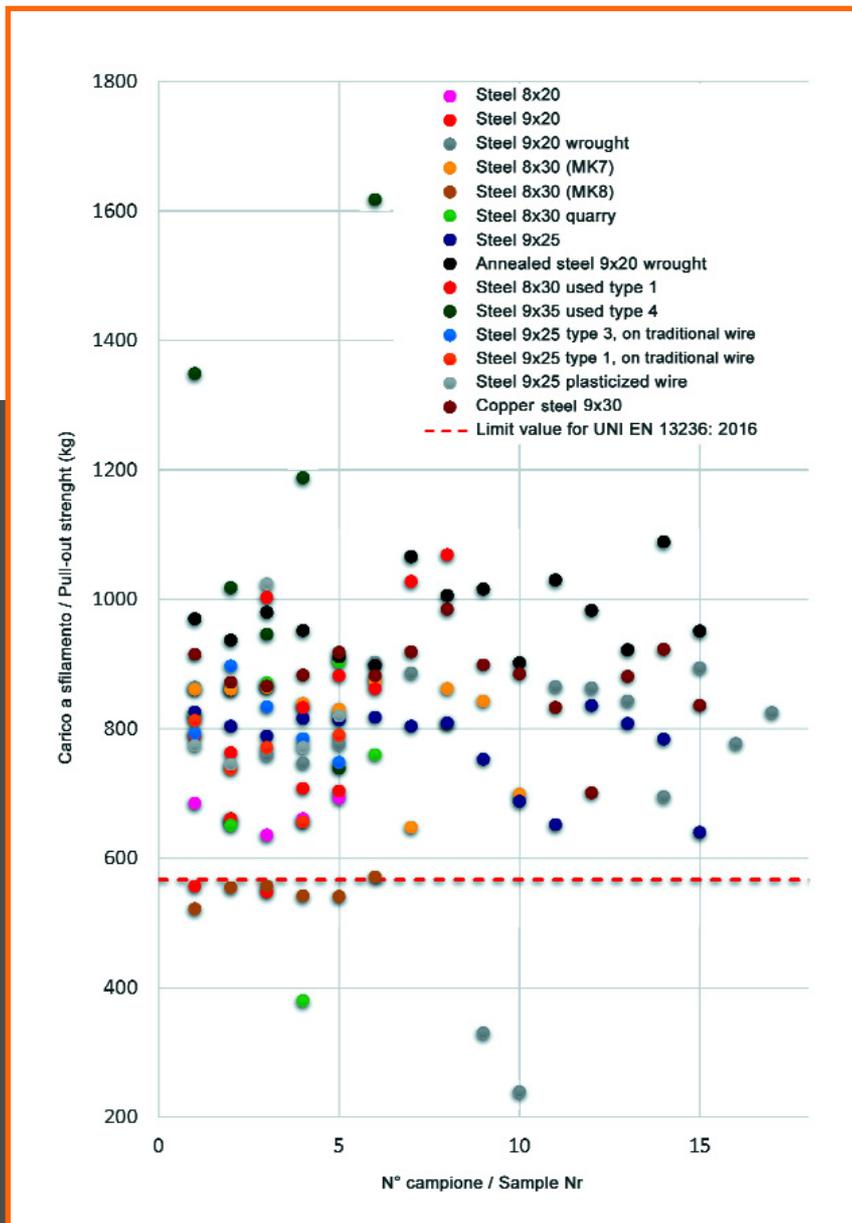
Furthermore, no information was available on the total surface cut, which would have more accurately certified the degree of wear of the diamond wire. The results obtained from the tests on the junction clamps show that, in over 90% of the cases examined, the slipping strength, recorded under a static tensile force, was higher than the limit imposed by



avere una resistenza allo sfilamento di almeno 567 kg. Su questo punto, si entrerà in dettaglio nel seguito. I risultati delle prove sono stati sempre confrontati con il valore limite imposto dalla norma UNI EN 13236:2016; in Fig.6 si riportano i risultati ottenuti dalle prove di sfilamento sui vari morsetti di giunzione. Si segnala che i risultati di tali prove sono in contrasto con quelli riscontrati da interviste dirette sul campo, che hanno evidenziato una resistenza a sfilamento delle giunzioni in rame minore di quelle in acciaio. Successivamente si affronterà il problema in maggior dettaglio. Sono state inoltre eseguite prove su morsetti di giunzione usati, in parte ricavati da fili diamantati impiegati in cava

e in parte da spezzoni di filo plastificato e gommato provenienti dall'azienda "Mega Diamant S.r.l.". Per quanto riguarda le prove su acciaio, tutti i campioni hanno mostrato resistenza maggiore di quella prevista dalla norma. Non erano peraltro disponibili informazioni circa l'entità della superficie totale tagliata, che avrebbe garantito di certificare con maggiore precisione il grado di usura del filo diamantato. I risultati ottenuti dalle prove sui morsetti di giunzione mostrano che, in oltre il 90% dei casi esaminati, la resistenza a sfilamento, registrata sotto l'azione di una forza di trazione statica, è stata superiore al limite imposto della norma UNI EN 13236:2016. Ciò implica che, nonostante i morsetti di giunzione siano

considerati il punto debole e di maggiore criticità del circuito a filo diamantato, essi mostrano una resistenza a sfilamento di circa 300/400 kg superiore al limite dettato dalle norme. D'altra parte, il numero di incidenti e di "near misses" che si verificano in cava a causa dello sfilamento del morsetto, porterebbe a dire che non si tratta di un fenomeno inusuale. Il morsetto di giunzione risulterebbe meno soggetto a sfilamento sotto una forza di trazione e, quindi, la causa



**Fig.6** Resistenza a sfilamento delle varie tipologie di morsetti di giunzione testati. Si osserva che oltre il 90% dei campioni ha rispettato il valore limite imposto dalla norma europea UNI EN 13236:2016. I valori al di sotto di tale limite si sono riscontrati solo nel caso di outliers, di giunzioni in acciaio 9x20 (2 campioni su 5) e nel caso di pressatura con MK 8 dei morsetti di giunzione in acciaio 8x30. *Slipping strength of the various types of junction clamps tested. It is noted that over 90% of the samples respected the limit value imposed by the European standard UNI EN 13236:2016. The values under this limit were obtained only in case of outliers, of 9x20 steel junctions (2 samples out of 5) and in case of 8x30 steel junctions pressed with MK 8*

the UNI EN 13236:2016 standard. This implies that, despite the junction clamps being considered the weakest and most critical point of the diamond wire circuit, they show a slipping strength of about 300/400 kg higher than the limit imposed by the standards. On the other hand, the number of accidents and near misses occurring in the quarry due to the slipping of the clamps would lead to say that this is not an unusual phenomenon: the junction clamp would be less subject to slipping under a tensile strength and, therefore, the main cause of failure would seem to be fatigue failure due to bending cycles of the support cable (Dunda & Kujundzic, 2001; Tantussi, 2008; Tantussi et Al., 2003; Calderale, 1989). Similarly to the pressers, surprising results were obtained from the annealed steel junctions, as can be seen in Tab. 2. Also in this case, no information is available on the chemical composition of the steel and on the thermal process adopted but, probably, the higher low temperature processing supplied to the steel by the thermal annealing process increases the slipping strength of the junction clamp.



principale di rottura parrebbe essere il cedimento a fatica per cicli di flessione del cavo di supporto (Dunda & Kujundzic, 2001; Tantussi, 2008; Tantussi et Al., 2003; Calderale, 1989).

Analogamente ai pressatori, sono stati ottenuti risultati sorprendenti dalle giunzioni in acciaio ricotto, come si osserva in Tab.2.

Anche in questo caso, non si hanno informazioni sulla composizione chimica dell'acciaio e sul processo termico adottato ma, probabilmente, la maggior lavorabilità a fred-

do fornita all'acciaio dal processo termico di ricottura aumenta la resistenza a sfilamento del morsetto di giunzione.

Occorre osservare che le giunzioni, pur essendo un elemento del filo diamantato, sono vendute separatamente. Da interviste condotte in cava è emerso che all'atto della vendita non è rilasciata alcuna documentazione e, quindi, non è specificato l'impiego di una specifica marchetta per la compressione dei morsetti.

Dalle prove a sfilamento condotte su giunzioni in acciaio 8x30 è risultato che l'uso di marchette MK7 per giunte

**Tab.2** Resistenza a sfilamento di morsetti di giunzione con diverso diametro e diversa lunghezza: media, deviazione standard, massimo e minimo  
*Slipping strength of junction clamps with different diameters and different lengths: average, standard deviation, maximum and minimum*

	Acciaio 8x20 <i>Steel 8x20</i>	Acciaio 9x20 <i>Steel 9x20</i>	Acciaio 9x20 con battuta <i>Steel 9x20 wrought</i>	Acciaio 9x25 <i>Steel 9x25</i>	Acciaio 9x25 con battuta <i>Steel 9x25 wrought</i>	Acciaio 8x30 <i>Steel 8x30</i>	Acciaio "ricotto" 9x20 con battuta <i>Annealed steel 9x20 wrought</i>	Acciaio al rame 9x30 <i>Copper steel 9x30</i>
Carico <i>Load</i>	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Massimo <i>Maximum</i>	693	708	903	836	1005	874	1089	985
Minimo <i>Minimum</i>	636	548	695	640	918	648	898	701
Media <i>Average</i>	667	636	824	776	944	818	974	880
Dev. standard <i>Std deviation</i>	23	78	62	64	32	78	58	62

**Tab.3** Resistenza a sfilamento di morsetti di giunzione in acciaio 8x30 pressati con MK 7 e MK 8  
*Pull-out strength of 8x30 steel junction clamps pressed with MK 7 and MK 8*

	Acciaio 8x30 (MK 7) <i>Steel 8x30 (MK 7)</i>	Acciaio 8x30 (MK 8) <i>Steel 8x30 (MK 8)</i>	Acciaio 8x30 usate <i>Steel 8x30 used</i>	Acciaio al rame 8x30 cava <i>Copper steel 8x30 quarry</i>
Carico <i>Load</i>	kg	kg	kg	kg
Massimo <i>Maximum</i>	874	571	1069	903
Minimo <i>Minimum</i>	648	522	763	380
Media <i>Average</i>	818	548	904	731
Dev. standard <i>Std deviation</i>	78	17	115	194

It should be noted that the junctions, despite being an element of the diamond wire, are sold separately.

From on-site interviews it emerged that, at the sale, no documentation is released and therefore the use of a specific clamp is not specified. From the slipping tests conducted on 8x30 steel joints it was found that the use of MK7 markers for joints with 8 mm external diameter is mandatory in order to comply with the European standard UNI EN 13236:2016.

In addition to having a variability of almost 300 kg (Tab.3), when the joints were pressed with MK 8, 5 samples out of 6 did not exceed the limit value imposed by the standard. To quantify the deterioration and wear to which the ele-

ments of the diamond wire are subjected in quarry, a series of tests were conducted, whose values are summarized in Tab.3.

The 8x30 steel junction clamps worn after cutting did not show a decrease in slipping strength and all of them satisfied, with values over 750 kg, the limit of the standard. Comparing the values in Tab.3, it appears that the junctions used exhibit higher strength values.

Therefore, it would seem that during the cut they undergo a work hardening that allows them to better anchor to the support cable. Other encouraging results were obtained by making the junctions with a manual press used in the quarry and therefore more subject to wear and "dirt": with the



con diametro esterno 8 mm è obbligatorio ai fini di rispettare la norma europea UNI EN 13236:2016.

Oltre ad avere una variabilità di risultato di quasi 300 kg (Tab.3), nel caso di giunzioni pressate con MK 8, cinque campioni su sei non hanno superato il valore limite imposto dalla norma.

Per tentare di quantificare il deterioramento e l'usura cui sono soggetti in cava gli elementi del filo diamantato, è stata condotta una serie di prove i cui valori sono riassunti in Tab.3. I morsetti di giunzione in acciaio 8x30 usati in seguito al taglio della roccia non hanno mostrato una diminuzione della resistenza a sfilamento e tutti hanno soddisfatto, con valori superiori ai 750 kg, il limite della norma. Confrontando i valori di Tab.3, si nota che le giunzioni usate esibiscono valori di resistenza superiori.

Quindi, sembrerebbe che durante il taglio esse subiscano un incrudimento che permette loro di ancorarsi meglio al

cavo di supporto.

Risultanti altrettanto incoraggianti si sono avuti eseguendo le giunzioni con pressa manuale utilizzata in cava e, quindi, soggetta maggiormente ad usura e "sporcizia": ad eccezione di un valore (considerato outlier) tutti i valori hanno soddisfatto i limiti suggeriti dalla norma.

La campagna sperimentale ha anche riguardato prove a sfilamento di morsetti nuovi su cavi usati al fine di verificare un'eventuale diminuzione della resistenza a sfilamento a causa dell'usura del cavo.

La motivazione è dovuta al fatto che nelle pratiche di cantiere, quando è necessario rifare la giunzione per regolare la lunghezza del filo diamantato o perché si inizia un nuovo taglio ed il filo non è ancora arrivato a fine vita, il morsetto di giunzione è impiegato su un cavo usato (soprattutto nel filo tradizionale). Dunque, sono state effettuate prove su morsetti di giunzione in acciaio 9x25 connessi a

**Tab.4** Resistenza a sfilamento dei morsetti di giunzione in seguito ad usura del filo diamantato o di deterioramento del materiale utilizzato in cava  
*Pull-out strength of the junction clamps due to wear of the diamond wire or deterioration of the material used in the quarry*

	Acciaio 9x25 su filo tradizionale usato M2 <i>Steel 9x25 used traditional wire M2</i>	Acciaio 9x25 su filo tradizionale usato S <i>Steel 9x25 used traditional wire S</i>	Acciaio 9x25 su filo plastificato usato <i>Steel 9x25 used plasticized wire</i>
Carico <i>Load</i>	kg	kg	kg
Massimo <i>Maximum</i>	897	813	1024
Minimo <i>Minimum</i>	748	656	745
Media <i>Average</i>	811	754	827
Dev. standard <i>Std deviation</i>	57	61	113

exception of one value (considered outlier) all the values satisfied the limits suggested by the standard.

The experimental campaign also involved slipping tests of new clamps on used cables, in order to verify a possible decrease in pull-out strength due to cable wear.

The reason is because in construction site practices, when it is necessary to redo the junction to adjust the length of the diamond wire or because a new cut is started and the wire has not yet reached the end of its life, the junction clamp is employed on a used cable (especially in traditional wire).

Therefore, tests were carried out on 9x25 steel junction clamps connected to traditional and plastic-coated wire.

All the samples have complied with the requirements prescribed by the standard and, in particular, the joints mounted on plasticized wire have given slightly better results than those mounted on traditional wire: this is not surprising, as the coated wire is subject to less wear compared to the traditional one, where the cable is in direct contact with the outside. The wear of the diamond wire support cable does not seem to deteriorate the pull-out strength of the junction clamps: the results obtained on 9x25 steel joints employed

on used diamond wires (traditional and plasticized) are shown in Tab.4.

From the comparison with Tab.2, it is noted that the pull-out strength values obtained from the joints mounted on the used cable are greater than those obtained from tests on new cable. It would be necessary to verify this statement through further tests, but it would seem that the wear of the cable leads to an increase in friction that counteracts slipping. Summarizing, three factors contribute to the pull-out strength of the clamp: the external diameter, the length, and the material with which the clamp was made.

In fact, the clamp is plasticized around the support cable with a pressure equal to the maximum pressure exerted by the manual press, from which the pressure developed to yield the material must be deducted:

$$P_{EFF} = P_{MAX} - \sigma_{SN} A_R$$

Increasing the external diameter, also increases the resistant section and therefore the pull-out strength of the junction clamp. It also increases using materials with a lower yield strength (Marble Committee, 2000; Callister, 2007).

In fact, better results have been achieved with junction



filo tradizionale e a filo plastificato.

Tutti i campioni hanno rispettato i requisiti prescritti dalla norma e, in particolare, le giunzioni montate su filo plastificato hanno dato luogo a risultati lievemente migliori di quelle montate su filo tradizionale.

Ciò non è sorprendente, in quanto il filo rivestito subisce un'usura minore rispetto a quello tradizionale, dove il cavo è a contatto diretto con l'esterno. L'usura del cavo di supporto del filo diamantato non sembra deteriorare la resistenza a sfilamento dei morsetti di giunzione: i risultati ottenuti su giunzioni in acciaio 9x25 impiegate su fili diamantati usati (tradizionale e plastificato) sono riportati in Tab.4.

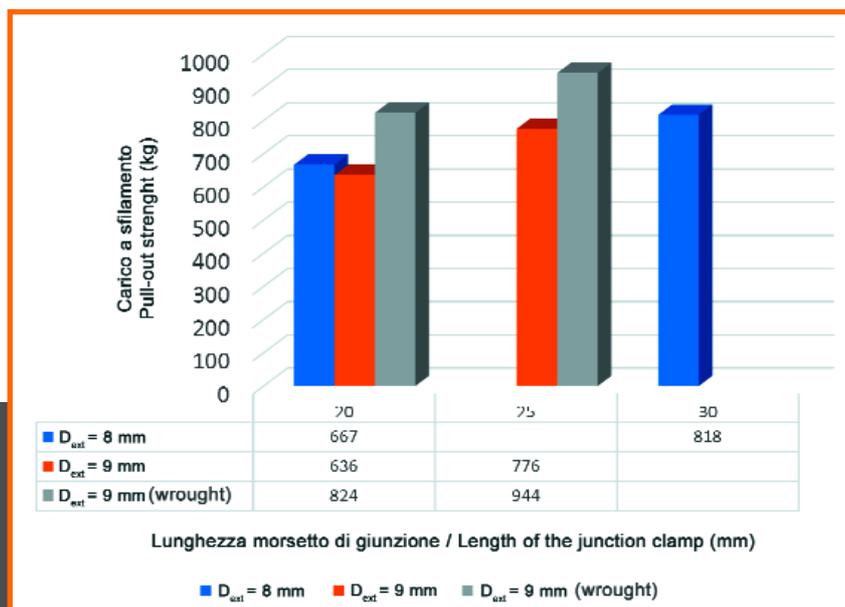
Dal confronto con Tab.2, si nota che i valori di resistenza

a sfilamento ottenuti dalle giunzioni montate su cavo usato sono maggiori di quelli ottenuti dalle prove su cavo nuovo. Sarebbe necessario verificare tale affermazione mediante ulteriori prove, ma parrebbe che l'usura del cavo comporti un incremento dell'attrito che si oppone allo sfilamento.

In definitiva, contribuiscono alla resistenza a sfilamento del morsetto di giunzione tre fattori: il diametro esterno, la lunghezza e il materiale con cui il morsetto di giunzione è stato realizzato. Infatti, il morsetto di giunzione viene plasticizzato intorno al cavo di supporto con una pressione pari alla pressione massima esercitata dalla pressa manuale, cui va detratta la pressione sviluppata per portare a snervamento il materiale:

$$P_{EFF} = P_{MAX} - \sigma_{SNAR}$$

Aumentando il diametro esterno, aumenta anche la sezione resistente e, quindi, la resistenza a sfilamento del morsetto di giunzione. Essa aumenta anche utilizzando materiali con carico di snervamento più bassi (Comitato paritetico del Marmo, 2000; Callister, 2007); risultati migliori si sono raggiunti, infatti, con morsetti di giunzione venduti come rame e acciaio ricotto.



**Fig.7** Diagramma di confronto delle resistenze a sfilamento dei morsetti di giunzione in acciaio. Si osserva un aumento di 15-30 kg/mm della resistenza a sfilamento in funzione della lunghezza della giunzione ed un aumento con la diminuzione del diametro esterno della giunzione  
*Comparison diagram of the pull-out strengths of the steel junction clamps. An increase of 15-30 kg/mm is noticeable depending on the length of the joint, together with an increase with the decrease of the external diameter of the joint*



**Fig.8** Compressione di un morsetto di giunzione sul cavo eseguendo una doppia pressata in uno stesso punto del morsetto ruotandolo di 90 gradi (operazione eseguita in 4 punti della giunzione) per l'esecuzione di prove di rottura a trazione  
*Compression of a junction clamp on the cable by performing a double pressing in the same point of the clamp, and rotating it by 90 degrees, to perform tensile breaking tests*

clamps sold as copper and annealed steel. As regards, instead, the length of the junction clamp, it affects the section of rope being gripped and is linked to the pull-out strength by a direct proportionality. These considerations are reflected in the graph of Fig.7, which shows the values obtained only for steel junction clamps, for different lengths and different diameters. As for the presence of the locks and the beat inside the junction clamps, they facilitate the connection of the two cable sections, allowing to insert the cable for a fixed portion, in order to have always the same stretch of gripped rope on both sides of the joint clamp.

In addition to presenting greater pull-out strengths, the lock and the beat are almost indispensable for 20 mm clamps, since an error in the joining operation in these cases could induce a slippage at low tensile loads (see Fig.7).

The experimental campaign in the quarry has made it possible to evaluate, in addition to the different types of clamps used, and chosen on the basis of the experience of the quarry workers, the techniques adopted for assembling and closing the diamond wire.

The research showed that the main causes



Per quanto riguarda, invece, la lunghezza del morsetto di giunzione, essa influisce sul tratto di fune in presa ed è legata alla resistenza a sfilamento da una proporzionalità diretta.

Tali considerazioni trovano riscontro nel grafico di Fig.7, in cui si riportano i valori ottenuti per i soli morsetti di giunzione in acciaio, per diverse lunghezze e diversi diametri.

Quanto alla presenza dei fermi e della battuta all'interno dei morsetti di giunzione, essi facilitano l'operazione di raccordo dei due spezzoni di cavo, in quanto consentono di inserire il cavo per una porzione fissa, al fine di avere un tratto di fune in presa sempre uguale da ambo i lati del morsetto di giunzione.

Oltre a presentare resistenze a sfilamento superiori, il fermo e la battuta sono pressoché indispensabili per morsetti da 20 mm, in quanto un errore nell'operazione di giunzione in questi casi potrebbe indurre uno sfilamento a bassi carichi di trazione (vedasi la Fig.7).

La campagna sperimentale condotta in cava ha permesso di valutare, oltre alle diverse tipologie di morsetti utilizzati e scelti in base all'esperienza maturata dai cavaatori, le tecniche adottate per l'assemblaggio e la chiusura del filo diamantato.

Dalla ricerca è emerso che le principali cause di rottura del circuito a filo diamantato sono la rottura del cavo in prossimità del morsetto di giunzione, lo sfilamento del morsetto ma anche, spesso, la sua stessa rottura.

A tale proposito, sono state condotte prove su morsetti in acciaio 8x30 e in rame 9x30, collegati ai due spezzoni di cavo mediante compressione con pressa manuale, come indicato in Fig.8. Tale tecnica di serraggio comporta valori di tenuta superiori: il valore di serraggio raggiunto (in media) è di circa 200 kg maggiore e ciò consente di ottenere un incremento di circa il 25%.

In Fig.9 si riportano i valori di resistenza ottenuti, confrontati con la resistenza a sfilamento limite imposta dalla norma UNI EN 13236:2016.

Come si osserva, i risultati relativi al campione 2 (giunzioni in rame e in acciaio) sono molto prossimi fra loro e, in generale, la resistenza allo sfilamento è elevata.

I campioni 1, 2 e 4 non si sono sfilati, ma hanno ceduto per rottura a trazione e il punto di rottura si è sempre verificato in corrispondenza di una variazione della sezione resistente dove, come si chiarirà in seguito, si è registrata una concentrazione degli sforzi, come mostrato in Fig.10. La tecnica descritta risulta, quindi, idonea a migliorare la sicurezza in cava, in quanto garantisce una maggiore resistenza allo sfilamento.

Principalmente, la frattura fragile, o comunque senza deformazioni plastiche vistose, è influenzata dalla composizione chimica del materiale ed, in particolare, dal suo tenore di carbonio.

Un aumento di questo negli acciai dolci comporta da un lato un incremento della resistenza a trazione, dall'altro una

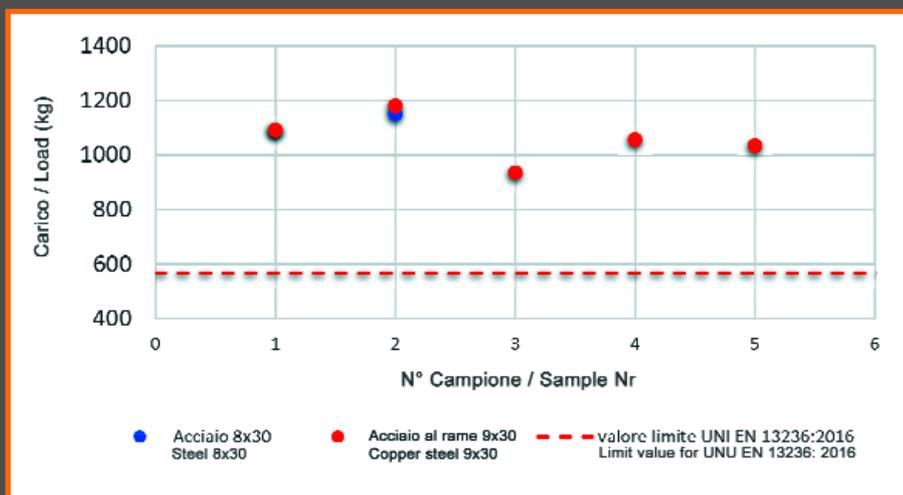


Fig.9 Resistenza a sfilamento dei morsetti di giunzione in rame 9x30 e acciaio 8x30 confrontati con il valore limite imposto dalla norma UNI EN 13236:2016  
Resistenza a sfilamento dei morsetti di giunzione in rame 9x30 e acciaio 8x30 confrontati con il valore limite imposto dalla norma UNI EN 13236:2016

Fig.9 shows the results obtained in terms of strength values, compared with the limit imposed by the UNI EN 13236: 2016 standard.

As evident, the results related to sample 2 (copper and steel joints) are very close to each other and, in general, their strength is high.

Samples 1, 2 and 4 have not slipped out, but have broken due to traction, and the breaking point has always occurred in correspondence of a variation of the resistant section where, as it will be clarified later, a stress concentration was recorded, as shown in Fig.10.

The technique described is therefore suitable for improving safety in quarries, as it guarantees greater pull-out strength.

of breakage of the diamond wire circuit are the breakage of the cable near the junction clamp, the slippage of the clamp but also, often, its own rupture.

In this regard, tests were conducted on 8x30 steel and 9x30 copper clamps, connected to the two sections of cable through compression with manual press, as shown in Fig.8. This tightening technique involves higher sealing values: the tightening value reached (on average) is almost 200 kg greater and this allows to obtain an increase of about 25%.

Mainly, the brittle fracture, or in any case without great plastic strains, is influenced by the chemical composition of the material and especially by its carbon content: an increase in carbon in mild steels involves, on the one hand, an increase in tensile strength and, on the other, a decrease in ductility and resilience and, therefore, an increase in the transition temperature.

Since no technical documents are available on the type of joint and therefore not being able to classify the material



**Fig.10** Rottura della giunzione in corrispondenza di una variazione di sezione resistente / Breakage of the junction, in correspondence of a variation of resistant section

diminuzione di duttilità e resilienza e, quindi, un aumento della temperatura di transizione.

Non essendo disponibili documenti tecnici sul tipo di giunzione e, quindi, non potendo classificare con certezza il materiale, si è focalizzata l'attenzione su un altro aspetto che favorisce la frattura senza evidenti deformazioni plastiche, rappresentato dall'“incrudimento”.

Questo fenomeno è importante, in quanto può intervenire durante la fase di lavorazione o di esercizio e si manifesta con una deformazione plastica a freddo che provoca un aumento della densità delle dislocazioni a causa della compressione della giunzione sul cavo di supporto (Nicodemi, 1986; Callister, 2007).

with certainty, attention was focused on another aspect that favors fracture without obvious plastic deformations, represented by the “work hardening”.

This phenomenon is important, as it can intervene during processing or in operation, and induces a cold plastic deformation that causes an increase in the density of the displacements, due to the compression of the junction on the support cable (Nicodemi, 1986; Callister, 2007).

Finally, tests were carried out to verify in the laboratory a possible reduction in the pull-out strength of the junction clamps at temperatures other than room temperatures, in particular at 60°C, 80°C, 100°C and 120°C, to simulate the absence of cooling water during the cut (dry cutting). In no case was noticed a pull-out below the limit value suggested by the standard, but also in these cases there was a slight variation of the peak load at pull-out; the concept will be deepened hereafter.

As for the influence of temperature, for both types of junctions there was a decrease in pull-out strength with increasing temperature (about 2.5 ÷ 3 kg/°C for copper 9x30 and about 1.5 ÷ 2 kg/°C for 9x25 steel), but in no case values lower than the limit imposed by the UNI EN 13236:2016 standard were noticed.

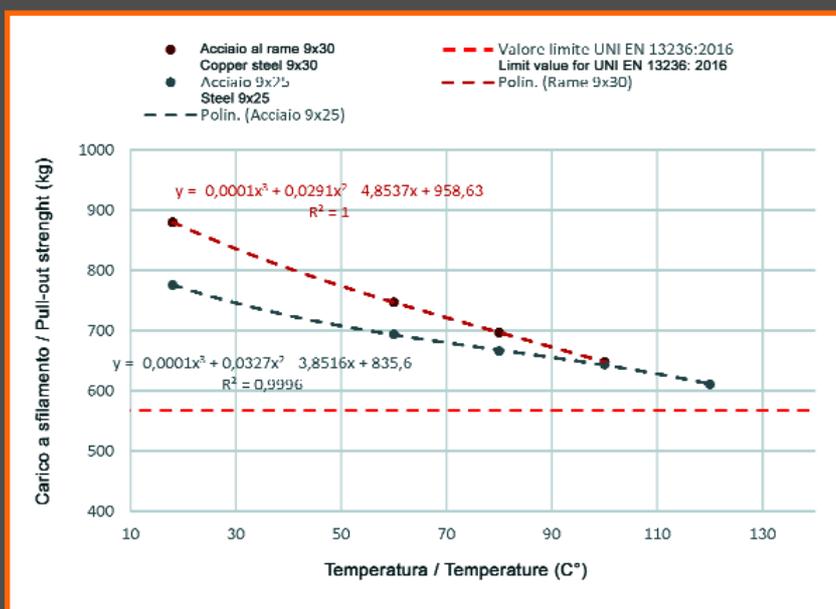
Sono, infine, state svolte prove per verificare in laboratorio un'eventuale riduzione della resistenza a sfilamento dei morsetti di giunzione a temperature diverse da quella ambientale, in particolare a 60°C, 80°C, 100°C e 120°C, per simulare l'assenza di acqua di raffreddamento nel circuito di taglio (taglio a secco).

In nessun caso si è verificato lo sfilamento sotto il valore limite suggerito dalla norma, ma anche in questo caso si è registrata una leggera variazione del carico di picco a sfilamento; il concetto sarà approfondito in seguito.

Circa l'influenza della temperatura, per entrambe le tipologie di giunzioni si è registrata una diminuzione della resistenza a sfilamento all'aumentare della temperatura (circa 2,5÷3 kg/°C per il rame 9x30 e circa 1,5÷2 kg/°C per l'acciaio 9x25), ma in nessun caso si sono riscontrati valori inferiori al limite imposto dalla norma UNI EN 13236:2016. Si deduce comunque che le giunzioni in rame sono più soggette a sfilamento, in caso di temperature elevate, rispetto a quelle in acciaio.

L'aumento di temperatura cui sono soggetti gli elementi del filo durante il taglio non è stato quantificato con esattezza ma, da ricerche in sito, parrebbe che la massima temperatura raggiungibile sia di circa 80°.

Pertanto, lo scorretto uso dell'acqua di raffreddamento o la sua assenza determinano una diminuzione della resistenza a sfilamento più o meno elevata a seconda della tipologia di giunzioni. Nell'intervallo di temperatura in cui



**Fig.11** Resistenza sfilamento in funzione della temperatura per morsetti di giunzione in rame 9x30 e in acciaio 9x25 / Slipping strength as a function of temperature for 9x30 copper and 9x25 steel junction clamps

It can be deduced, however, that copper joints are more prone to slipping, in case of high temperatures, than steel ones. The increase in temperature that the wire elements undergo during cutting was not exactly quantified but, from an on-site research, it would seem that the maximum temperature that can be reached is around 80°: therefore, the



si sono eseguite le prove in laboratorio, tale diminuzione è stata verificata per i morsetti di giunzione in rame 9x30 e in acciaio 9x25 (Fig.11).

In conclusione, si osserva che l'uso delle cesoie impiegate in cava per tagliare il cavo non consente di ottenere una superficie perfettamente regolare: ciò potrebbe causare la variabilità dei risultati ottenuti dalle prove a sfilamento anche per morsetti di giunzione della stessa tipologia.

L'uso di una fresa a disco abrasivo ad alta velocità per il taglio della fune metallica, come consigliato nell'Appendice A della norma UNI EN 12385-3 ("Funi d'acciaio - Informazioni per l'uso e la manutenzione") potrebbe contribuire a migliorare le prestazioni, in termini di resistenza a sfilamento, dei morsetti di giunzione.

#### 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La direttiva europea 2006/42/CE è recepita ed attuata in Italia mediante il decreto legislativo 17 del 2010 (Direttiva Macchine).

Esso stabilisce le specifiche che deve rispettare una macchina per essere immessa sul mercato.

Il fabbricante deve inoltre rendere disponibile la documentazione tecnica e allegare la documentazione di appoggio (istruzioni d'uso, manutenzione, smaltimento e così via). Un'importante considerazione deriva dall'osservazione dell'Allegato I, Cap. I ("Requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della Salute") in cui si legge: "la macchina deve

essere fornita completa di tutte le attrezzature e gli accessori speciali essenziali per poterla regolare, eseguirne la manutenzione e utilizzarla in condizioni di sicurezza".

A tale proposito si specifica che il filo diamantato non è venduto unitamente alla macchina, nonostante rappresenti, secondo la definizione riportata al paragrafo precedente, un'attrezzatura di lavoro: esso è commercializzato da costruttori diversi rispetto a quelli che commercializzano la macchina.

Anche i morsetti di giunzione, nonostante rappresentino parte del filo, sono venduti separatamente.

A tale proposito, una collaborazione tra i costruttori di fili (comprese le giunzioni) e quelli delle macchine sarebbe essenziale per ottenere prestazioni adeguate in termini di produttività ma, soprattutto, in termini di sicurezza.

All'interno del D.lgs. 17/10 vengono definiti, per alcuni campi, dei coefficienti di utilizzazione dell'insieme fune e terminale, per garantire un livello di sicurezza adeguato, pari a 5. Nonostante i notevoli progressi tecnologici, il rischio di rottura del filo diamantato è un evento molto frequente che, purtroppo, causa ancora oggi infortuni, alcuni dei quali mortali.

La norma UNI EN 13236 (2016) descrive i requisiti di sicurezza per prodotti contenenti diamante naturale o sintetico. Stabilisce, inoltre, le misure preventive e protettive per la riduzione dei pericoli derivanti da tali prodotti attraverso prove per le verifiche di conformità.

incorrect use of cooling water or its absence determines a decrease in slipping strength, more or less high depending on the type of joints.

In the temperature range where the tests were carried out in the laboratory, this decrease was verified for the 9x30 copper and 9x25 steel junction clamps (Fig.11).

In conclusion, it is noticed that the use of shears to cut the cable in quarries does not allow a perfectly regular surface: this could cause the variability of the results obtained from slipping tests, even for the same type of junction clamps. The use of a high speed abrasive disc for cutting the wire, as recommended in Appendix A of the UNI EN 12385-3 standard ("Steel cables-Information for use and maintenance") could help to improve the performance of junction clamps.

#### 4. REFERENCE STANDARDS

The EU directive 2006/42/CE is implemented in Italy by the decree 17/10 (Machinery Directive).

It establishes the specifications that a machine must respect to be placed on the market. The manufacturer must also make the technical documentation available, and attach the supporting documentation (instructions for use, maintenance, disposal, etc.).

An important consideration derives from Annex I, Chapter I ("Essential safety and health protection requirements") which states: "the machine must be supplied complete with all the essential equipment and special accessories needed to set it up, perform its maintenance and use it in safe conditions". In this regard, it is specified that the diamond wire is not

sold together with the machine, although it represents, according to the definition given above, a work equipment: it is marketed by manufacturers other than those who market the machine. Even the junction clamps, despite being part of the wire, are sold separately.

In this regard, a collaboration between the manufacturers of wires (including joints) and those of machines would be essential to obtain adequate performance in terms of productivity but, above all, in terms of safety.

The Legislative Decree 17/10 defines, for some fields, the utilization coefficients of the assembly, to guarantee an adequate safety level, equal to 5.

Despite the considerable technological advances, the risk of breaking the diamond wire is a very frequent event which, unfortunately, still causes injuries, some of which are fatal. The UNI EN 13236:2016 standard describes the safety requirements for products containing natural or synthetic diamond; it also establishes preventive and protective measures to reduce the dangers deriving from these products through tests for compliance checks.

The diamond wire must satisfy the following requirements under normal working conditions:

- ◆ the support cable must have a minimum strength of 800 N/mm<sup>2</sup> in relation to the diameter of the wire, in order to withstand fatigue stresses. A multi-core wire is preferable (for example, 6x7 wires on a 19 core);
- ◆ in new traditional wires, the internal diameter of the beads must be 0.4 mm greater than that of the wire, whereas, in the wires used, it must be 0.6 mm greater than that of



Il filo diamantato deve soddisfare, in condizioni normali di lavoro, i seguenti requisiti:

- ◆ il cavo di supporto deve avere una resistenza minima di 800 N/mm<sup>2</sup> in relazione al diametro del filo, in modo da resistere a sollecitazioni a fatica durante l'impiego. È preferibile un cavo multipolare (ad esempio, 6x7 fili su anima da 19);
- ◆ nei fili tradizionali nuovi, il diametro interno delle perline deve essere di 0,4 mm maggiore di quello del filo, mentre nei fili usati deve essere di 0,6 mm maggiore di quello del filo;
- ◆ tra due pressatori devono essere montate al massimo 5 perline diamantate (diamant-boart.com);
- ◆ nel caso di filo rivestito, tutte le perline devono essere montate sul cavo di supporto tramite plastica o gomma vulcanizzata;
- ◆ i morsetti di giunzione devono resistere ad una tensione minima pari al 30% del carico di rottura del cavo di supporto;
- ◆ i pressatori devono resistere ad una tensione minima pari 1/12 del carico di rottura del cavo di supporto;
- ◆ il filo non deve superare la velocità periferica di 40 m/s;
- ◆ l'ispezione visiva consente di controllarne possibili difetti, nonostante non sia particolarmente efficace nei fili gommati e plastificati.

## 5. CONCLUSIONI

Il presente studio ha consentito di valutare alcune fra le principali cause di apertura del circuito a filo diamantato

durante il taglio in cava, da quelle già note in letteratura, come la rottura per sfilamento del morsetto di giunzione e/o la rottura del cavo d'acciaio in prossimità dello stesso, ad altre meno conosciute, come la rottura del morsetto di giunzione. Per quanto riguarda la prima tipologia di rottura, le prove condotte in laboratorio hanno evidenziato che la resistenza a sfilamento dei morsetti di giunzione dipende da tre fattori principali: la tipologia di materiale, la lunghezza e lo spessore del morsetto di giunzione.

Dalle prove di sfilamento è emerso, contrariamente a quanto osservato in cava, che le giunzioni vendute come rame hanno una resistenza a sfilamento maggiore rispetto a quelle in acciaio: il carico di snervamento di una lega al rame è minore di quello di un acciaio e ciò garantisce una migliore plasticizzazione del morsetto sul cavo di supporto. I valori più elevati di resistenza allo sfilamento sono stati ottenuti da una nuova tipologia di morsetto, non utilizzato in nessuna delle cave indagate, in acciaio "ricotto": il processo termico di ricottura fornisce al materiale una migliore lavorabilità a freddo.

Una lunghezza maggiore del morsetto di giunzione implica un tratto di fune in presa maggiore, con aumento della resistenza a sfilamento. Con lunghezze maggiori di 40 mm si riuscirebbe ad avere una resistenza a sfilamento comparabile con il carico di rottura del cavo di supporto ma, trattandosi del tratto di maggior rigidità del filo diamantato e dovendo questo percorrere circuiti curvilinei,

the wire;

- ◆ a maximum of 5 diamond beads must be fitted between two pressers (diamant-boart.com);
- ◆ in the case of coated wire, all the beads must be mounted on the support cable using plastic or vulcanized rubber;
- ◆ the junction clamps must withstand a minimum voltage equal to 30% of the breaking load of the support cable;
- ◆ the pressers must withstand a minimum tension equal to 1/12 of the breaking load of the support cable;
- ◆ the wire must not exceed the peripheral speed of 40 m/s;
- ◆ visual inspection allows checking for possible defects, although it is not particularly effective in rubberized and plasticized wires.

## 5. CONCLUSIONS

The present study has allowed to evaluate some of the main causes of the opening of the diamond wire circuit during the cut in quarries, from some already known in the literature, such as the breakage due to slipping of the junction clamp and/or the breakage of the cable steel near the junction, to others less known, such as the breakage of the junction clamp.

As for the first type of failure, the tests performed in the laboratory have shown that the slipping strength of the junction clamps depends on three main factors: the type of material, the length and the thickness of the clamp.

The slipping tests have shown, contrary to what was observed in the quarry, that the joints sold as copper have a slipping strength greater than those in steel: the yield strength of a

copper alloy is less than that of a steel, and this guarantees a better plasticization of the clamp on the support cable.

The highest slipping strength values were obtained from a new type of clamp, not used in any of the quarries investigated, in "annealed" steel: the thermal annealing process provides the material with a better cold workability.

A greater length of the junction clamp implies a greater stretch of gripped rope, with increased slipping strength.

With lengths greater than 40 mm, it would be possible to reach a pull-out strength comparable with the breaking load of the support cable but, since it is the section with the greatest rigidity of the diamond wire and having to travel this curved loops, it must also withstand cycles of bending fatigue: in this regard, the behavior of the sample 6 of the 9x35 steel clamps is highlighted, where there was a failure not due to slipping, but due to the progressive breakage of the cable strands.

Considering the thickness of the junction clamp, on the other hand, the proportionality is inverse: the smaller its outer diameter (assuming a constant internal diameter of 5 mm), the smaller the resistant section and, consequently, the force necessary to yield the material.

Although the junction clamps are recognized as very critical elements during cutting, when they are sold, no supporting documentation is released which shows how they must be assembled on the diamond wire.

The tests have shown that by not performing the compression correctly, or using inadequate instrumentation, a 50% reduction in the slipping strength of the clamp can be obtained.





esso deve resistere anche a cicli di fatica flessionale.

A tale proposito si evidenzia il comportamento del campione 6 dei morsetti in acciaio 9x35, dove si è verificato un cedimento non per sfilamento, ma per rottura progressiva dei trefoli del cavo.

Prendendo in considerazione lo spessore del morsetto di giunzione, invece, la proporzionalità è inversa: minore è il suo diametro esterno (assumendo un diametro interno costante di 5 mm), minore risulta la sezione resistente e, di conseguenza, la forza necessaria a portare a snervamento il materiale.

Nonostante i morsetti di giunzione siano riconosciuti come elementi di maggior criticità durante il taglio, all'atto della vendita non viene rilasciata nessuna documentazione d'appoggio che riporta come questi debbano essere assemblati sul filo diamantato.

Le prove hanno dimostrato che non effettuando correttamente l'operazione di compressione o utilizzando una strumentazione non adeguata, si può avere una riduzione del 50% della resistenza a sfilamento del morsetto.

Ciò dimostra come, nonostante la tecnica del filo diamantato si sia affermata da ormai più di 40 anni, si faccia sempre affidamento alla "best practice" dei cavaatori più che a regole e norme ben precise.

Per la seconda tipologia di rottura, si considera come carico di rottura a trazione del cavo di supporto quello certificato

dai costruttori (circa 1800 kg), il che conferma le ipotesi riscontrate maggiormente in letteratura, per cui la rottura del cavo si verifica maggiormente per fatica in seguito a cicli di sforzi flessionali.

Di conseguenza, un futuro studio su questo fenomeno potrebbe sicuramente favorire un miglioramento degli aspetti di sicurezza in cava.

La rottura del morsetto di giunzione per trazione è quella meno frequente, considerando i valori ottenuti dalle prove di trazione statica e secondo quanto riferito dai cavaatori e, soprattutto, si verifica ad un carico superiore rispetto a quello di sfilamento del cavo d'acciaio dal morsetto stesso. Pressando 8 volte il morsetto di giunzione, il materiale si incrudisce fino a raggiungere la rottura per carichi superiori a 1000 kg, mentre i carichi di sfilamento registrati sono intorno a 700-800 kg.

In conclusione, una più approfondita conoscenza dei materiali utilizzati e un registro che riporti le specifiche di un determinato taglio (ad. esempio, lunghezza del filo, superficie tagliata, resa del filo e così via) potrebbero consentire un'analisi mirata delle cause di rottura, inducendo i costruttori a definire criteri di sostituzione del filo diamantato basati su valori numerici più che su ispezioni visive dettate dall'esperienza dei cavaatori, per salvaguardare la salute dei lavoratori ed evitare le frequenti rotture del filo diamantato.

This shows that, although the diamond wire technique has been established for more than 40 years, reliance is always made on the "best practice" of the quarry workers, rather than on specific rules and regulations.

As for the second type of failure, the tensile strength of the support cable is considered to be the one certified by the manufacturers (about 1800 kg), which confirms the hypotheses more found in the literature, whereby the cable breakage occurs mainly due to fatigue, following bending stress cycles.

Consequently, a future study on this phenomenon could certainly favor an improvement in safety in the quarry.

The rupture of the junction clamp due to traction is the least frequent, considering the values obtained from the static tensile tests and as reported by the quarrymen and, above all, it occurs at a higher load than that of slipping of the steel cable from the clamp itself.

Pressing the joint clamp 8 times, the material hardens until it reaches the breakage for loads over 1000 kg, while the recorded slipping loads are around 700-800 kg.

In conclusion, a more in-depth knowledge of the materials used and a register showing the specifications of a given cut (for example, wire length, cut surface, wire yield and so on) could allow a targeted analysis of the causes of breakage, inducing manufacturers to define replacement criteria for the diamond wire based on numerical values rather than on visual inspections dictated by the experience of quarry workers, to safeguard workers' health and avoid the frequent breakages of the diamond wire.

## 6. REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

- Calderale P. M., 1989. Analisi delle sollecitazioni, fatica e rigidità delle funi metalliche, tratto da Testimonianze - 75° Anniv. Franco Levi, Levrotto & Bella Ed., Torino.
- Callister, W.D. (2007) Materials science and engineering: an introduction. 7th Edition, John Wiley & Sons, New York. W. D. - "Materials Science and Engineering: an introduction", 7th edition, 2007.
- Coli, M. et Al, 2002. Studi conoscitivi sui bacini marmiferi industriali di Carrara: un contributo per la gestione pianificata delle attività - Suppl. GEAM - Geoingegneria Ambientale e Mineraria, quaderno 24. Publisher: Associazione Georisorse e Ambiente.
- Comitato Paritetico Marmo, 2000. Studio sul filo diamantato a cavo protetto e materiali di corredo al taglio, Pietrasanta (LU), Italia.
- Dunda S., Kujundzic T., 2001. Tensile strength of steel ropes of diamond wire saws, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Croazia.
- Fresia P., 2019. Valutazione delle prestazioni di tagliatrici a filo diamantato mediante analisi sperimentali in cave di marmo. Tesi di laurea magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Politecnico di Torino.
- Lovera E. 2001. Razionalizzazione e sviluppo di attività estrattive per pietre ornamentali. Tesi di dottorato in Geoingegneria Ambientale, Politecnico di Torino.
- Nicodemi W., 1986. Metallurgia, Masson Italia Ed., Milano.
- Tantussi, G., Lanzetta, M. & Romoli, V., 2003. Diamond wire cutting of marble: state of the art, modeling and experiments with a new testing machine, A.I.Te.M VI, Proc. 6th Int. Conf. Italian Assoc. Mech. Tech., Ed. L. Carrino, Gaeta (LT), Italy, Sep. 8-10, 2003: 113-126.
- Tantussi, G., 2008. Studio del comportamento del filo diamantato a seguito di rottura, Atti del Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, 007 (2008), Università di Pisa.



Società / Company.....

**ACOT S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / Address.....

Via C. Colombo, 8/b

20066 Melzo (MI) - Italy

Tel. +39 348 3775967

Tel. +39 348 7977600

www.acot.it- info@acot.it

Contatti / Contacts

Ing. Ernesto Dossena

Sig. Massimo Monno

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

***Operativity Market Branch***

Consulenze / *Consulting engineering*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

***Main Product Lines***

◆ Seghe circolari, lame diamantate per telai da marmo, rulli e utensili per calibrare e lucidare, filo diamantato per cava, macchine stazionarie, edilizia, multifilo

*Circular saws, diamond blades for marble gang saws, rolls and tools for calibration and polishing, diamond wire for quarries, squaring machines, construction, multiwires machines*

## APPLICAZIONI SIGNIFICATIVE

***Significant Applications***

35 anni di attività nel settore degli utensili diamantati.

15 impianti per la produzione di utensili diamantati realizzati e attualmente in produzione in Europa, Asia, Sud America

*35 years of activity in the diamond tools sector.*

*15 production plants realized and curently active in the production of diamond tools in Europe, Asia, South America*

## SERVIZI / Services

Progetto e realizzazione di impianti per la produzione di utensili diamantati a legante metallico (dischi, rulli, lame).

Impianti per la produzione di filo diamantato plastificato e gommato  
*Planning and execution of plants for the production of metal bond diamond tools. Plants for the production of plasticized and rubberized diamond wires*

Società / Company.....

**ATAL S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / Address.....

Via Libero Grassi, 3/5/7

20056 Trezzo S/A (MI) - Italy

Tel. +39 02 90964116

Fax +39 02 90964096

www.atalgrafiti.com

info@atalgrafiti.com

Presidente / President

Resp. Comm. / Sales Manager

Sig. Angelo Amato

Sig. Mattia Ronchi

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

*Operativity Market Branch*

- Stampi (grafite, acciaio, ecc.) / *Molds (graphite, steel, etc.)*
- Attrezzature, accessori, componenti / *Equipment, Accessories, Components*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

*Main Product Lines*

- ◆ Stampi in grafite per la sinterizzazione di segmenti diamantati per lame, dischi, corone, mole, frese e fickert  
*Graphite molds for sintering diamond segments for blades and discs*
- ◆ Piatti e stampi in grafite per la sinterizzazione di perline diamantate  
*Graphite trays and molds for sintering diamond beads*
- ◆ Produzione di particolari in grafite  
*Production of graphite components*

## APPLICAZIONI SIGNIFICATIVE

*Significant Applications*

- Utensili diamantati per applicazioni nei settori:  
*Diamond tools for applications in the sectors:*
  - Pietra / *Stone*
  - Meccanica / *Mechanics*
  - Edilizia / *Building*
  - Vetro / *Glass*
  - Ceramica / *Ceramic*
  - Altri / *Others*

---



# Cordoli in granito. Basso costo o sostenibilità ambientale?

di S. Leinonen  
Geological Survey of Finland, sede di Kuopio, Finlandia

## ABSTRACT

I prodotti in pietra naturale sono generalmente associati a pregi quali la valenza estetica e la qualità. I cordoli, al contrario, sono quasi esclusivamente elementi di poco valore. In Finlandia, i cordoli di granito sono comunemente usati nell'edilizia residenziale e come bordatura delle strade ad alto scorrimento presenti nelle aree periferiche.

Se quella che, in passato, poteva essere definita la prima generazione di cordoli presentava numerose differenze per dimensione e colore, oggi i cordoli, detti anche cordoni, hanno un aspetto uniforme e una larghezza stabilita che può variare tra 170-220 mm.

Una descrizione dettagliata delle dimensioni e dei requisiti di resistenza e qualità sono contenuti nella norma EN 1343 - Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova. Dato il prezzo contenuto, la loro fabbricazione richiede un'elevata efficienza produttiva. I cordoli tradizionali erano realizzati a mano mediante dei cunei spaccaroccia, mentre la produzione odierna avviene principalmente a macchina con utensili diamantati.

Questo studio confronta le prestazioni di due metodi produttivi nella realizzazione di un cordolo di dimensione standard

con smusso.

Il consumo energetico e le emissioni di CO<sub>2</sub> dei materiali edili sono sempre più di grande interesse per l'UE.

L'analisi della CO<sub>2</sub>, derivante dai processi di lavorazione, escavazione e trasporto, mostra una grande differenza tra prodotti locali e importati.

Questa ricerca è parte del progetto di sviluppo "Resource efficient production of dimension stone", condotto dal Geological Survey of Finland dal 2015 al 2018.

Il progetto è stato finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR).

## 1. I CORDOLI

Secondo la norma EN 1343 "Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova", il cordolo è un elemento con lunghezza superiore a 300 mm, comunemente utilizzato come bordatura di una strada o di un marciapiede. La norma descrive le dimensioni e le tolleranze dei diversi tipi di cordoli, nonché i requisiti di resistenza e i metodi di prova applicabili.

I cordoli possono essere rettilinei o curvi, concavi o convessi, a seconda della faccia dello smusso.

# Granite curbstone. Low cost or environmental sustainable?

by S. Leinonen  
Geological Survey of Finland, Kuopio office, Finland

## ABSTRACT

Natural stone products are associated to values like aesthetics and quality, curbstone almost exclusively to low prices.

In Finland granite curbs are common in city constructions also as edging of high traffic roads in suburban areas.

Early generation has variation in dimensions and colors, currently curbs, also a term kerb in use, have uniform appearance and 170-220 mm in width.

Detailed descriptions of dimensions and requirements for strength and quality are in EN standard 1343 - Kerbs of natural stone for external paving - Requirements and test methods. Cause of low pricing remarkable efficiency is required for fabricating.

Traditional curbstones were hand-made by wedging, today's production mostly by diamond sawing.

This report compares performance of two methods making a basic beveled curbstone. Energy consumption and CO<sub>2</sub>-emission of construction materials are in specific interest in the EU. Released CO<sub>2</sub> in fabricating practices as well in quarrying and transportation show large variation between local and imported products.

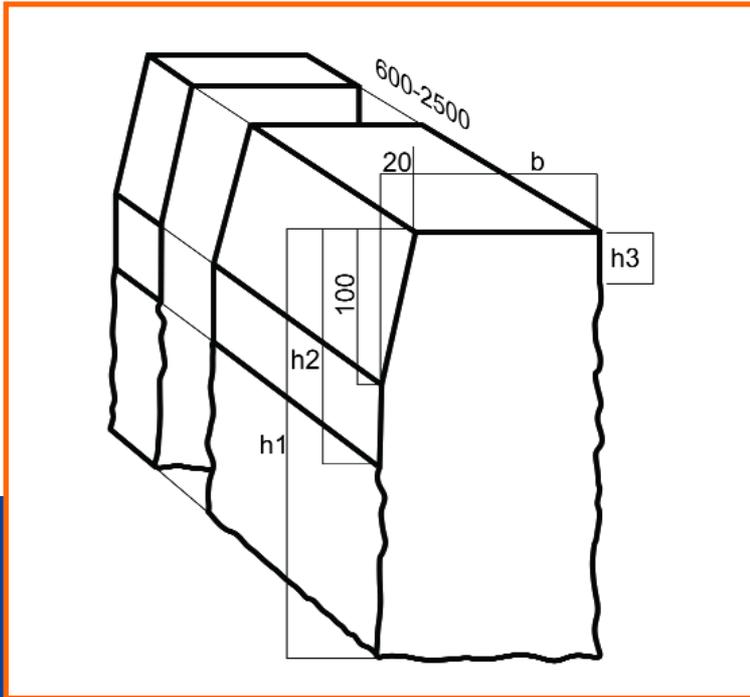
The research was part of the development project - Resource efficient production of dimension stone, carried out by Geological Survey of Finland in the years 2015-2018.

Project got financing from the European Regional Development Fund (ERDF).

La norma 1343 è stata approvata dal CEN, il Comitato Europeo di Normalizzazione, il 6 ottobre 2012.

Ogni Paese applica, poi, dei regolamenti specifici per quanto riguarda la resistenza, così come le città possono fornire delle raccomandazioni sulla forma e sulle dimensioni preferite. Le normative locali riguardano anche materiali e colori, nonché le finiture delle superfici visibili, superiore e frontale (Tab.1 e Fig.1).

In tema di specifiche normative, la Finlandia adotta uno standard nazionale, SFS 7017, in cui è stata modificata la prova di resistenza ai cicli gelo/disgelo.



**Fig.1** Cordolo smussato in granito usato in Finlandia. Le parti dell'elemento che sono a contatto con il suolo o nascoste non vengono rifinite e lasciate grezze. Secondo le linee guida generali, è consigliato il posizionamento con un calcestruzzo mescolato a secco, con resistenza tra 10 e 30 MPa / A beveled granite curb used in Finland. Those parts of a product which are against the ground, also ends are remained as sawn or other raw surface. According general guidelines, placing is recommend to be done into a dry mix concrete, strength 10 to 30 MPa

## 1. CURBSTONE

According EN Standard 1343 "Kerbs of natural stone for external paving - Requirements and test methods", the curb is a piece over 300 mm used in road sides as bordering element.

The Standard describes dimensions and tolerances of curb types also requirements for strength and applicable test methods. Curbstones are straight or curved, i.e. concave or convex depending on the facing of the bevel. Standard 1343 is approved by CEN, the European Committee for Standardization on 6 October 2012. Each countries has also specific regulations for strength, as well as cities have recommendations on preferred shapes and dimensions.

Local regulations concerns also materials and colors, also surface treatments of visible top and front surfaces (Tab.1 and Fig.1). About specific regulations, Finland has a domestic Standard SFS 7017 with modified freeze-thaw cycle test. Modification concerns 1% salt solution instead of basic water applied in EN 1343.

In particolare, oltre all'acqua, di base applicata nella norma EN 1343, è aggiunto un 1% di sale.

## 2. SOLLECITAZIONI ESTERNE

Le sollecitazioni per questi materiali di uso esterno provengono normalmente dal traffico e dal meteo.

Nelle aree costiere si deve aggiungere l'effetto del sale mentre, nei Paesi nordici, il gelo invernale.

Il congelamento colpisce innanzitutto i materiali da rivestimento deformandone la base. Nei Paesi nordici, lo stress maggiore per pavimentazioni e cordoli è però spesso generato dalle operazioni di rimozione della neve (Fig.2).

Secondo la norma EN 1343, il produttore deve dichiarare una resistenza a flessione sottoponendo il materiale a prova in conformità alla EN 12372.

Nel caso si preveda la presenza di gelo, l'effetto dello stesso sulla resistenza a flessione nel lungo periodo deve essere determinato sottoponendo il materiale a prova in conformità alla EN 12371.

Le prove iniziali includono anche la determinazione della massa volumica reale, della porosità totale (EN 1936) e dell'assorbimento d'acqua (EN 13755).

Il valore della resistenza a flessione deve essere uguale o superiore a 8 MPa, mentre il valore minimo atteso (carico di rottura), uguale o superiore a 5 MPa. I carichi di rottura sono definiti in base alla tipologia e all'intensità del traffico (EN 1343).

## 2. EXTERNAL STRESSES

External stresses of all landscaping materials are traffic and weather, coastal areas also salt and in north areas wintertime frost. Freezing affects firstly cover materials also by deforming the base.

In Northern countries the highest stress against paving and curbs comes from removing snow (Fig.2). According EN Standard 1343, initial test of strength is done by determination of flexural strength (EN 12372), if freezing is expected, the long term durability should be tested by determination of frost resistance (EN 12371).

Initial tests include also determination of density and total open porosity (EN 1936) and determination of water absorption (EN 13755). Requirement for flexural strength is equal or higher than 8 MPa, lower expected value equal or higher than 5 MPa. Breaking loads of strength are defined according type and amount of traffic (EN 1343).

Concerning national regulations in Finland, the cyclic frost resistance test is recommend to be tested in 1% salt water (SFS 7017).

After passing of 56 cycle freeze-thaw test, the difference of the strength should be equal or lower than 20% compared to the fresh material. Water absorption should not be higher than 0.3 wt-% is also mentioned in national regulations. Technical properties of each stone type are found in CE marking.

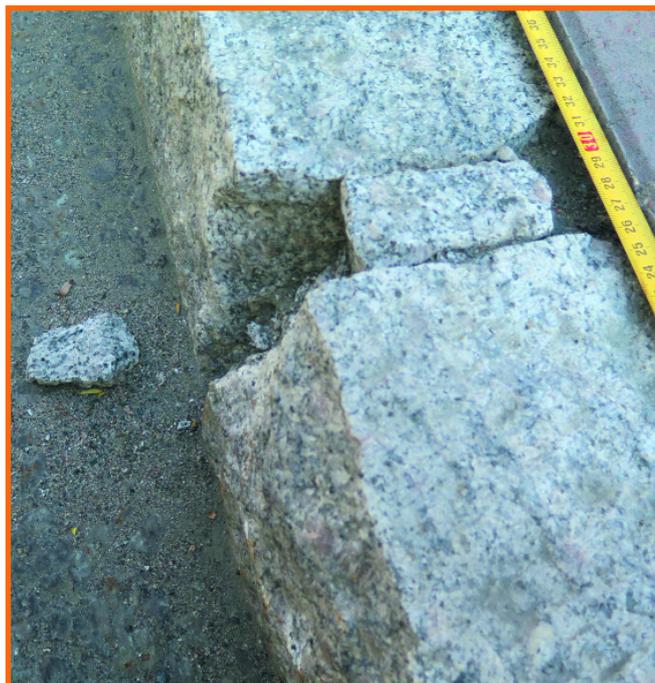
Mostly used curbs in Finland are gray and red granites, in special constructions also black stone like diabase or gabbro.



Per quanto riguarda le normative nazionali, in Finlandia si consiglia di eseguire la prova di resistenza al gelo con acqua e un 1% di sale (SFS 7017). Dopo aver superato i 56 cicli di gelo/disgelo della prova, il valore della resistenza dovrebbe essere uguale o al massimo inferiore del 20% rispetto al materiale in condizioni normali. L'assorbimento di acqua non dovrebbe essere superiore allo 0,3% in peso, mentre le proprietà tecniche di ciascun tipo di pietra si trovano nella marcatura CE. I materiali lapidei più usati in Finlandia per i cordoli sono dei graniti grigi e rossi, mentre per particolari costruzioni vengono scelte anche delle rocce ignee, come il diabase o il gabbro.

Tenendo conto delle rigide condizioni invernali, di solito, la resistenza dovrebbe essere 2-3 volte superiore a quella richiesta dalla norma, quindi di 15-20 MPa rispetto agli 8 MPa, mentre l'assorbimento d'acqua deve essere significativamente inferiore al minimo, pari circa allo 0,1-0,15% (0,3%).

Le proprietà tecniche e la durezza Mohs di due graniti grigi finlandesi a grana media sono indicate nella Tab.2. La composizione minerale del Ristijärvi Gray, secondo la EN 12407, individua plagioclasio per il 36,6% in peso, quarzo 36,4, biotite 13,3, feldspato di potassio 12,1, altri 1,7, mentre quella del Kuru Gray plagioclasio 30,8% in peso, quarzo 30,7, biotite 4,1, feldspato di potassio 31,5, muscovite 1,5 e altri 1,5.



**Fig.2** Rottura dei cordoli dovuta alla rimozione della neve. Il tipo di pietra usato è un granito grigio a grana media-grossa / Failures in curbstones after removing snow. Stone type is a medium to coarse grained gray granite

**Tab.1** Dimensioni del cordolo smussato utilizzato in Finlandia. B è la larghezza effettiva del cordolo, h2 e h3 sono le altezze delle superfici anteriore e posteriore visibili, h1 l'altezza totale. Le misure sono espresse in millimetri / Dimensions of beveled vertical curbstone used in Finland. B is an actual width of curbstone, h2 and h3 are heights of visible front and back surfaces, h1 a total height. Measures are in millimeters

Code	B	h1	h2	h3	length
V100	100	200	120	30-100	600-1500
V150	150	270	150	30-100	900-2500
V170	170	270	150	30-100	900-2500
V200	200	270	150	30-100	900-2500

Knowing the demanding conditions in wintertime, strength should be usually 2-3 times higher than required in standard 15-20 MPa (8 MPa), while water absorption significantly less than the minimum about 0.1-0.15% (0.3%).

Technical properties and Mohs hardness of medium grained gray granites in Finland are in Tab.2. Mineral composition of Ristijärvi Gray according EN 12407 is plagioclase 36.6 wt-%, quartz 36.4, biotite 13.3, potassium feldspar 12.1, others 1.7 and that of Kuru Gray plagioclase 30.8 wt-%, quartz 30.7, biotite 4.1, potassium feldspar 31.5, muscovite 1.5 and others 1.5.

### 3. MANUFACTURING TEST

Objectives of manufacturing test was to achieve efficiency

data of used techniques and how work phases should be improved to get better competitiveness in pricing.

The product was 170 mm width curb with front bevel. Test production was done partly by wedges and in the second test all work steps by diamond sawing. Surface treatment in this review is flamed. Other recommended appearances are bush hammered, rough picked or grooved.

Traditional curb has a split face or surface was picked. Nowadays the split curbs, cut by a guillotine are accepted if roughness fulfills the standard, i.e. less than about 10 mm on top and front surfaces.

All fabrication stages were clocked, also moving the material from device to the next, which was in all 11%, 207 minutes of total time 1892. Stone type in both tests was Ristijärvi



### 3. PROVE DI PRODUZIONE

L'obiettivo delle prove è stato quello di ottenere dei dati sull'efficienza delle tecniche utilizzate e sul modo di migliorare le fasi di lavorazione, per ottenere una maggiore competitività nei prezzi. Il prodotto scelto è stato un cordolo di 170 mm di spessore, con smusso frontale.

Nella prima prova la produzione è stata eseguita parzialmente a mano usando dei cunei spaccarocchia mentre, nella seconda, tutte le fasi di lavorazione sono state svolte con utensili diamantati. La finitura superficiale scelta in questo caso è stata la fiammatura.

Altre finiture consigliate sono la bocciardatura, la lavorazione graffiata, o alla punta, e la scanalatura.

I cordoli tradizionali hanno una superficie a spacco, oppure tranciata. Questi cordoli, tagliati con una specie di ghigliottina, vengono accettati solo se la rugosità soddisfa le norme, cioè se è inferiore ai 10 mm sulla testa superiore e sulla costa a vista.

Tutte le fasi di produzione sono state cronometrate, incluso lo spostamento del materiale da un macchinario all'altro, che ha rappresentato in tutto l'11%, cioè 207 minuti, del tempo totale di 1892 minuti.

In entrambe le prove, il tipo di pietra usata è stato un granito grigio commerciale a grana media estratto in Finlandia, il Ristijärvi Gray (Tab.2 e Fig.3).

#### 3.1 Lavorazione con utensili diamantati e cunei

La prova di fabbricazione con l'utilizzo di utensili diamantati e cunei spaccarocchia è stata suddivisa in cinque fasi di lavoro. La dimensione del blocco di partenza grezzo era di 3,40x1,25x0,85 m, pari a 3,61 m<sup>3</sup>.

Il primo passo (1) è stato quello di tagliare il blocco grezzo per ottenere quattro lastre dello spessore di 170 mm (3400x1250 mm) con un telaio monolama da 3,5 metri, per poi successivamente (2) ottenere, con una fresa a ponte, otto lastre di dimensioni 3400x580x170 mm.

**Tab.2** Proprietà tecniche dei graniti grigi finlandesi secondo le norme EN  
*Technical properties of Finnish gray granites according EN standards*

EN Standard	Ristijärvi Gray	Kuru Gray
EN 13755 Water absorption	0.13 wt-%	0.13 wt-%
EN 1936 Apparent density	2690 kg/m <sup>3</sup>	2630 kg/m <sup>3</sup>
EN 1936 Open porosity	0.4%	0.5%
EN 12372 Flexural strength, fresh material	16.7 MPa	22.1 MPa
EN 12372 Flexural strength, frost resistance, 1% NaCl	16.7 MPa	20.3 MPa
EN 1926 Compressive strength, fresh material	171 MPa	218 MPa
EN 1926 Compressive strength, frost resistance, 1% NaCl	172 MPa	192 MPa
EN 14157 Abrasion resistance	16 mm	15 mm
Mohs hardness	5.85	6.03



**Fig.3** Granito Ristijärvi Gray, estratto in Finlandia.  
La struttura è a grana media e uniforme, non foliata  
*Ristijärvi Gray granite, produced in Finland. Structure definition is medium and even-grained, non-foliated.*  
<https://www.suomalainenkivi.fi/en/>

Gray, a commercial medium grained gray granite quarried in Finland (Tab.2 and Fig.3).

#### 3.1 Processing by diamond saw and wedges

Manufacturing test by diamond saw and wedges comprised five work phases. Dimension of raw block was 3.40x1.25x0.85 m, 3.61 m<sup>3</sup>. First step (1) was sawing the raw block into four slabs in 170 mm thickness (3400x1250 mm) by a 3.5 meters single bladed saw and that after (2) cut into eight slabs sizing 3400x580x170 mm by a bridge saw.

Final dimension were worked out splitting slabs into 270 mm height of curb by steel wedges (3), Fig.4.

The front side bevel was cut by a hand chisel (4).

The final phase of the fabrication test was a surface treatment by flaming (5). Amount of products was 15 pcs, up to 53 meters. One curb was broken along tiny joints.

Raw-block was relatively optimal in dimension, 2.7 m<sup>3</sup> ended 3.4 meters length products. The amount of waste was 1.1 m<sup>3</sup> (30%). If products are calculated in 1.4 meters length, waste increases up to 1.5 m<sup>3</sup> (43%). Test was done by Sukevan Kivi Oy.

#### 3.2 Cut by diamond saw

The second production test from a raw-block to curbs was done entirely by sawing. The dimension of raw-block was 1.57x1.33x1.22 m, 2.55 m<sup>3</sup>. The fabrication comprised five phases. Firstly (1) the block was cut by 3 m Makron ma single bladed saw into four slabs, 1570x1330 mm.

The thickness 170 mm was also the width of the product. The second (2) and the third (3) step cut the slabs into final dimension (Fig.5).

The device was single bladed bridge saw GMM EGIL 36 CN2. The 10 cm wide bevel on the front side of the curb was also cut by bridge saw (4). The length of the test products was 1400 mm. The height 220 mm differed from standard (270 mm) because there appeared a need for two additional sets for the surface treatment test (5).

Front, top and back surfaces of the product were finished in sets of 4 pieces - flamed, bush hammered, rough picked and ball blasted. Amount of products was 24, totaling 33.6 meters. Raw-block did not have optimal dimensions, only 50% (1.3 m<sup>3</sup>) ended into the products. Test was done by Kaavin Kivi Oy, shot blasting by Loimaan Kivi Oy.



Le dimensioni finali sono state ottenute dividendo le lastre in cordoli da 270 mm di altezza, mediante cunei d'acciaio (3), Fig.4. La smussatura del lato anteriore è stata realizzata a mano con uno scalpello (4). La fase finale della prova ha previsto un trattamento superficiale mediante fiammatura (5). La quantità prodotta è stata di 15 pezzi, per un totale di 53 metri. Un cordolo si è rotto lungo le giunture. Il blocco grezzo era di dimensioni relativamente ottimali, 2,7 m<sup>3</sup> sono serviti ad ottenere 3,4 metri di lunghezza. La quantità di scarti è stata di 1,1 m<sup>3</sup> (30%). Se i prodotti vengono calcolati per una lunghezza di 1,4 metri, gli scarti aumentano fino a 1,5 m<sup>3</sup> (43%). La prova è stata eseguita dalla Sukevan Kivi Oy.

### 3.2 Taglio con utensili diamantati

La seconda prova di produzione dei cordoli partendo da un blocco grezzo è stata effettuata interamente con utensili diamantati. La dimensione del blocco era di 1,57x1,33

x1,22 m, 2,55 m<sup>3</sup>. Il processo è stato suddiviso in cinque fasi. In primo luogo (1) il blocco è stato tagliato, con un telaio monolama Makron, da 3 metri in quattro lastre da 1570x1330 mm e uno spessore di 170 mm che era anche la larghezza del prodotto. Nella seconda (2) e terza fase (3) le lastre sono state tagliate per raggiungere la dimensione finale del prodotto (Fig.5), con una fresa a ponte GMM EGIL 36 CN2. Anche la smussatura di 10 cm nella parte frontale del cordolo è stata ottenuta con la fresa a ponte (4). La lunghezza dei prodotti di prova è stata di 1400 mm. L'altezza di 220 mm è risultata diversa da quella standard (270 mm), poiché si è ritenuto necessario ricavare un maggiore numero di cordoli per effettuare dei test di trattamento della superficie (5).

I prodotti sono stati divisi in set di 4 pezzi con diverse finiture superficiali sulle facce visibili: fiammatura, bocciardatura, lavorazione graffiata o alla punta e granigliatura. La quantità finale è stata di 24 cordoli, per un totale di

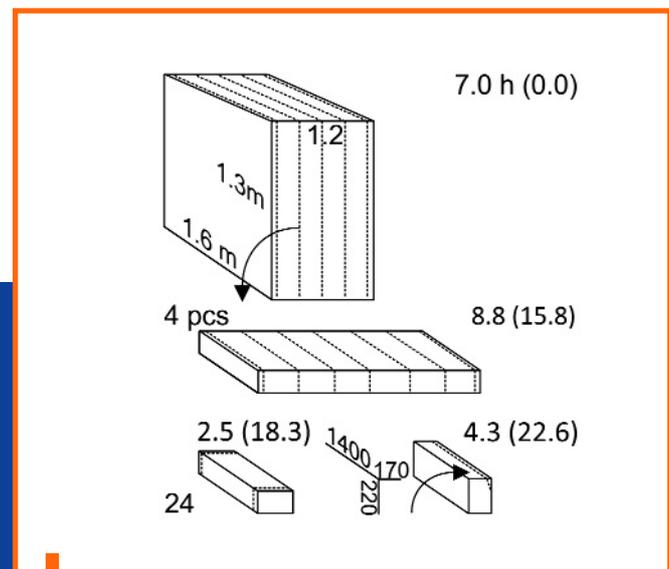
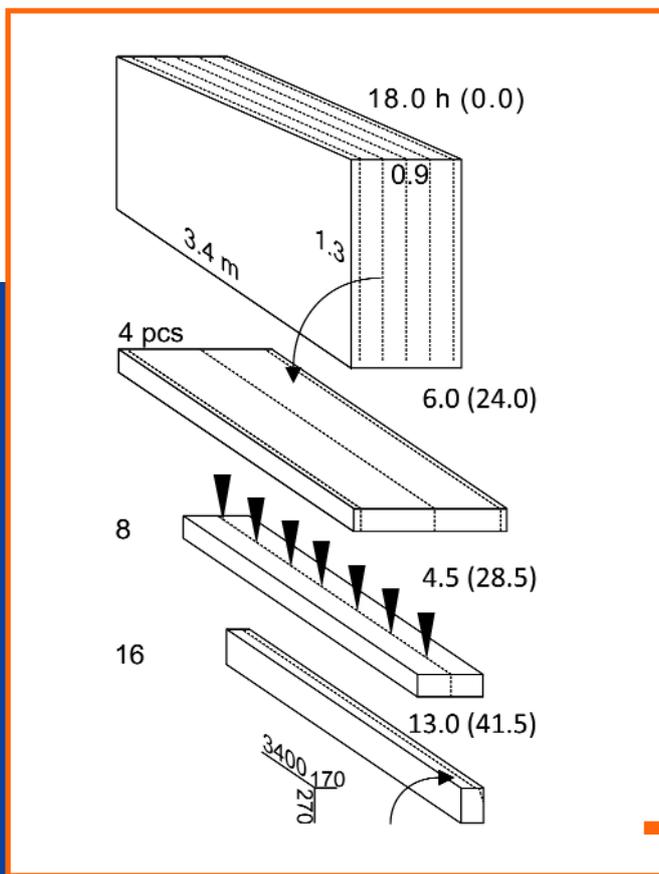


Fig.5 Schema di produzione di un cordolo di granito con taglio interamente effettuato con utensili diamantati. La durata delle singole fasi è espressa in ore mentre tra parentesi è indicato il tempo progressivo  
A sketch making a granite curb by diamond sawing. Stages of the manufacturing are also in hours, cumulative duration in brackets

Fig.4 Schema di produzione di un cordolo di granito con taglio in parte effettuato con utensili diamantati e in parte con cunei spaccaroccia. La durata delle singole fasi è espressa in ore mentre tra parentesi è indicato il tempo progressivo / A sketch making a granite curb by diamond saw and wedges. Phases of manufacturing are also in hours, cumulative duration in brackets

### 3.3 Results

In this research the product was a 170 mm wide bevel-faced curb. Surfaces described in standard EN 1343 were finished by flaming. Test of entirely sawn product resulted total time 1892 minutes and 56 minutes per a product meter, total 33.6 meters, while test where products were partly wedged and bevel made by hand-tools slight less, 50 minutes (in all 2670 min, products 53 meters).

Those curbs, which were entirely made by sawing were also cut to 1400 mm length and if that work phase in not included, 49 minutes per product meter is about the same

than that of partly traditional techniques practiced test (50 min). Most of the production time (42-54%) comes from the primary cut and that followed sawing into final profile in width and height. Among diamond saw worked set, flaming took relatively much of time, 24% of total time (raw-block and transportation included), instead the partly wedging worked set took relatively much time to make the bevel by hammer and chisel (720 minutes, 25% of total time).

Beveling by hand-tool (14.7 minutes/meter) was two-fold slower than making by bridge saw (6.7 minutes/meter), Tab.3. Very slow surface treatment on entirely sawn curb



33,6 metri. Il blocco grezzo non aveva dimensioni ottimali, infatti solo il 50% (1,3 m<sup>3</sup>) è stato trasformato in prodotto. La prova è stata eseguita dalla Kaavin Kivi Oy, la granigliatura dalla Loimaan Kivi Oy.

### 3.3 Risultati

Il prodotto al centro di questa ricerca è stato un cordolo di 170 mm di spessore, con smusso frontale.

Le superfici indicate nella norma EN 1343 sono state trattate con la fiammatura. La prova con il taglio completo mediante utensili diamantati ha registrato un tempo totale di 1892 minuti, pari a circa 56 minuti per metro di prodotto, per un totale di 33,6 metri, mentre la prova in cui i prodotti sono stati parzialmente lavorati con cunei e gli smussi realizzati con utensili a mano ha richiesto leggermente meno tempo, circa 50 minuti (in tutto 2670 minuti, per produrre 53 metri).

I cordoli, interamente realizzati con gli utensili, sono stati ulteriormente tagliati per raggiungere i 1400 mm di lunghezza

per cui, escludendo questa fase, si ottengono 49 minuti per metro di prodotto, circa gli stessi della prova con le lavorazioni tradizionali (50 min).

La maggior parte del tempo di produzione (42-54%) è stato assorbito dal taglio primario insieme a quello secondario per portare il prodotto alle volute dimensioni finali. Tra i set lavorati interamente con utensili diamantati, il trattamento superficiale di fiammatura è la fase che ha richiesto più tempo, circa il 24% del totale (più del taglio e del trasporto), mentre per i set parzialmente lavorati a mano è stato necessario un tempo relativamente lungo per realizzare la smussatura con martello e scalpello (720 minuti, 25% del tempo totale). La smussatura con utensile manuale (14,7 minuti/metro) è stata due volte più lenta rispetto a quella ottenuta con la fresa a ponte (6,7 minuti/metro), Tab.3. La lentezza del trattamento superficiale sul set di cordoli interamente lavorati a macchina è dovuta al fatto che la fiammatura è stata eseguita con un'unità mobile a singolo cannelo.

**Tab.3** Durata delle diverse fasi nella produzione dei cordoli. Le fasi della lavorazione del cordolo parzialmente tagliato con i cunei sono (1) taglio per ottenere 4 lastre (3400x1250x170 mm), (2) taglio per arrivare a 8 lastre (3400x580x170 mm), (3) spaccatura con i cunei per ottenere 16 cordoli (3400x270x170 mm), (4) con smusso realizzato a mano. Le fasi della lavorazione del prodotto con utensili diamantati sono (1) taglio per ottenere 4 lastre (1570x1330x170 mm), (2) taglio di 24 cordoli (1570x270x170 mm), (3) taglio di 24 cordoli nella lunghezza finale (1400x270x170 mm), (4) smusso, (5) fiammatura delle superficie frontale e superiore e di una striscia di 3 cm in alto sulla faccia posteriore. La voce raw material include il lavoro di tre persone in cava. Il trasporto include 30 minuti di carico. Un giorno lavorativo è di 7,34 ore  
*Clocking the work steps of curb production. Work steps of partly wedged curbstone are (1) saw cut to 4 slabs (3400x1250x170 mm), (2) saw cut to 8 slabs (3400x580x170 mm), (3) wedging to 16 curbs (3400x270x170 mm) and (4) by hand-tool made bevel. Work steps of saw cut product are (1) saw cut of 4 slabs (1570x1330x170 mm), (2) saw cut of 24 curbs (1570x270x170 mm), (3) cutting 24 curb into final length (1400x270x170 mm) and (4) cutting the front slope. Last stage (5) was flaming the surface on front and top surfaces, also 3 cm strip on the upper part of back side. The raw material includes work time of three quarry workers. Transportation includes 30 minutes of loadings. One work day is 7.34 hour*

Work steps	Partly wedged minutes	Partly wedged %	Saw cut %	Saw cut minutes
Primary cut (1)	1080	34.1	18.5	420
Second cut (2)	360	11.4	23.2	527
Wedging or cut the ends (3)	270	8.5	6.7	152
Cut the bevel on the front (4)	780	24.6	11.2	255
Flaming the front, top and back (5)	180	5.7	23.6	538
Raw material	375	11.8	11.6	264
Transportation	120	3.8	5.3	120
Total time	3165	-	-	2276
Total meters	53.0	-	-	33.6
Min/meter	60	-	-	68
Total time in work days	7.19	-	-	5.17
Meters/one work day	7.37	-	-	6.50

set was due to that the flaming was done by a single piped hand-held equipment.

### 3.4 Efficiency of production techniques

Comparing the work time making of a curb in this research to a traditional stonework, product meters in a workday are about the same. Daily average by one stonemason was about 7 meters quarried and shaped straight and split-faced curbs. In this research the work capacity was 7.4 meters with partly wedged curbs and 6.5 among the sawn

cut set. Even here reported test includes also making of a bevel, it is evident that used methods were not cost-effective to workout competitive products. Higher capacity, i.e. meters per time unit is able to get by multi-blade or multi-wired devices and additional shifts by automation.

Also diamond tools with specified segments are able to give more speed to production as well bush hammer and flaming lines for surface treatment.

Stone type in both tests was a hard, 5.85 Mohs granite, Ristijärvi Gray. Cutting speed of the primary saw was 1.18



### 3.4 Efficienza delle diverse tecniche di produzione

In questo studio, confrontando il tempo necessario per produrre un cordolo, parzialmente o totalmente a macchina rispetto al metodo tradizionale completamente a mano, si nota come i metri di prodotto ottenuti in una giornata lavorativa siano più o meno gli stessi.

La media giornaliera di uno scalpellino era di circa 7 metri includendo escavazione, dimensionamento e taglio.

Dalla ricerca emerge che la capacità di lavoro è stata di 7,4 metri per i cordoli parzialmente lavorati a mano e 6,5 metri per i set tagliati interamente con gli utensili.

Sebbene le prove includano la realizzazione di uno smusso, è però evidente che i metodi utilizzati non siano convenienti per produrre in modo competitivo.

Una maggiore capacità, ossia più metri per unità di tempo, si ritiene sia ottenibile con macchine multi-lama o multi-filo e una movimentazione tramite automazione.

L'impiego di utensili diamantati con specifici segmenti può poi garantire una maggiore velocità di produzione, così come l'introduzione di linee automatizzate per la bocciardatura e la fiammatura

La pietra scelta per entrambe le prove è stata un granito duro, 5,85 Mohs, il Ristijärvi Gray. La velocità di taglio della sega primaria è stata di 1,18 m<sup>2</sup>/ora per il blocco di 3,4 m (Fig.4) e di 1,25 m<sup>2</sup>/ora per il blocco di 1,6 m (Fig.5). Le prestazioni della fresa a ponte sono state di 1,16 m<sup>2</sup>/ora per la prima prova e di 0,71 m<sup>2</sup>/ora per la seconda, leg-

germente più alte se si considerano il taglio dei bordi (0,9) e lo smusso (1,0). In entrambe le prove, la fiammatura è stata eseguita con un'unità mobile.

Il tempo necessario per movimentare i materiali da una postazione all'altra, prepararli alla lavorazione e controllarne la qualità è stato pari all'11% del tempo totale.

Mentre, tradizionalmente, i cordoli venivano realizzati sul piazzale di cava, oggi la materia prima viene trasportata negli impianti di lavorazione, che possono essere lontani decine di chilometri o più. In entrambe le prove di produzione, l'estrazione e il trasporto hanno rappresentato circa il 15% del tempo totale (Tab.3).

Nei risultati finali sono considerati il tempo di lavoro di tre persone, il tempo effettivo per estrarre e dimensionare un metro cubo di granito grigio, che mediamente ha richiesto 35 minuti a testa, e 120 minuti per il trasporto, carico/scarico incluso.

Se il costo di un'ora lavorativa è definito come 100 e quello della materia prima come 20, il prezzo del cordolo in questa prova risulta essere 120 (tempo totale 1 ora/metro).

Se il prezzo competitivo è un terzo, 40 per metro di cui il costo della materia prima è 20, la capacità di produzione dovrebbe essere almeno cinque volte superiore (5 metri in un'ora). Riducendo il tempo di produzione del blocco, ovvero aumentando il volume di produzione di 5 volte fino a 38 metri in una giornata lavorativa, il taglio primario dovrebbe essere operativo 24 ore (2 blocchi/27 m<sup>2</sup>/9 pezzi, lastre

m<sup>2</sup>/hour for a 3.4 m block (Fig.4) and 1.25 for a 1.6 block (Fig.5). Performance of the bridge saw was 1.16 m<sup>2</sup>/hour and in the second test 0.71 m<sup>2</sup>/hour, slight higher cutting the ends (0.9) and bevel (1.0).

Flaming was by a hand-held device in both tests.

Time for moving materials and works-in-process from workstation to another and inspection of quality was about 11% of total time.

Traditionally, curbs were made in the quarry site, today raw material is mostly transported to the processing factory, distance usually tens of kilometers or more.

In both manufacturing tests, the quarrying and transportation accounts for about 15% of total time (Tab.3).

In final results quarrying includes work time of three workers, actual time to extract and shape one cubic meter of gray granite took 35 minutes, transportation and loading included, 120 min in total.

If the cost of a working hour is described as 100 and the raw-material as 20, the price of sawn cut curb in this this test is 120 (total time 1 hour/meter).

If the competitive price is one-third, 40 per meter of which the cost of raw-material is 20, the capacity of production should be at least five fold higher (5 meters in an hour).

Decreasing the block to product throughput time, i.e. increasing production volume 5 fold up to 38 meters in a work day, the primary cut should be operate 24 hours (2 blocks/27 m<sup>2</sup>/9 pcs 1.5 m<sup>2</sup> slab in thickness 0.17 m).

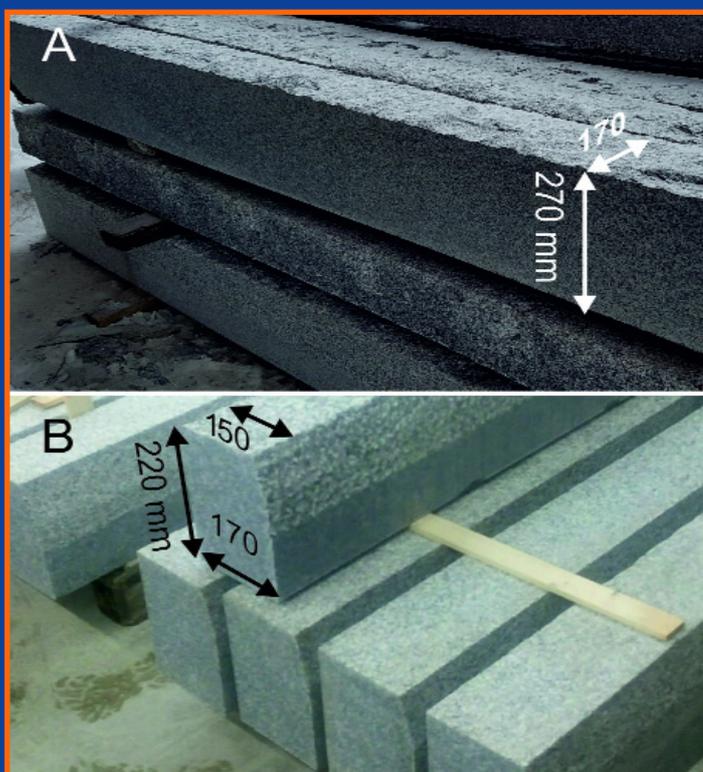


Fig.6 Cordoli dopo le prove. A) Cordoli tagliati con utensili diamantati e cunei, la maggior parte sono rovesciati B) Cordoli interamente tagliati con utensili diamantati, quelli indicati mostrano la parte superiore bocciardata e lo smusso Curbs after the test work. A) Diamond sawn and wedged curbs, most top ones are bottom up B) Entirely diamond sawn curbs, those with markings show a bush hammered top and bevel



da 1,5 m<sup>2</sup> di spessore 0,17 m).

Una fresa a ponte a quattro lame in un turno dovrebbe tagliare le lastre all'altezza finale di 0,27 m (13 m<sup>2</sup>/27 pezzi, cordolo di 1,5 m). Le fasi finali di dimensionamento per arrivare alla lunghezza di 1,4 m (2,5 m<sup>2</sup>/27 cordoli) e di bisellatura (4,5 m<sup>2</sup>/27 cordoli) richiedono una fresa a ponte.

Questo modello temporale tiene conto anche delle inefficienze di processo dovute a blocchi grezzi non ottimali (40%), pezzi rotti (15%), nonché del tempo di movimentazione dei materiali (10%).

#### 4. PRODUZIONE ECOSOSTENIBILE

Al giorno d'oggi, i materiali ecosostenibili e le attività a basse emissioni stanno diventando sempre più importanti nell'ingegneria civile. In Finlandia, sono già stati realizzati alcuni progetti edilizi in cui si è cercato di misurare accuratamente le emissioni di CO<sub>2</sub> dei materiali utilizzati, inclusi i rivestimenti in pietra naturale.

Il progetto "Resource efficient production of dimension stone" ha cercato di individuare un criterio obiettivo e imparziale per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> dei prodotti in granito. La metodologia si è basata sul tempo di funzionamento e sul consumo di energia dei macchinari utilizzati nell'estrazione e nella lavorazione, oltre alle emissioni relative al trasporto, che sono state calcolate sia per i prodotti in pietra locali che per quelli importati.

#### 4.1 Calcolo del livello di emissione di CO<sub>2</sub>

La Cina è il principale esportatore di prodotti lapidei in Finlandia. Applicando i risultati a questo studio, le emissioni di CO<sub>2</sub> di un cordolo importato sono di circa 3,7 volte superiori al valore di un prodotto locale, 55 kg di CO<sub>2</sub> per metro di cordolo importato, contro 15 del nazionale.

La metodologia di calcolo prevede che l'estrazione e la lavorazione avvengano in modo identico e tiene conto degli scarti, sia in cava (70%) che nel taglio (20%).

L'emissione di CO<sub>2</sub>, relativa solo alla produzione, è di circa 10 kg per metro prodotto (70% del totale) per il cordolo locale e di 30 kg (55% del totale) per quello importato.

L'emissione relativamente elevata di CO<sub>2</sub> del prodotto importato deriva da una maggiore incidenza dell'elettricità, in Finlandia 0,158 kg di CO<sub>2</sub> per kWh contro lo 0,766 della Cina (Fig.7 e 8). Più vengono usate acqua o fonti di energia rinnovabile nella produzione di elettricità, meno CO<sub>2</sub> viene rilasciata per kWh. Le emissioni medie relative al materiale grezzo e al trasporto sono di 4,5 kg CO<sub>2</sub>/metro per il prodotto locale, 25 per quello di importazione.

La CO<sub>2</sub> rilasciata nell'estrazione dei prodotti locali e di quelli importati è di 1,84 kg per metro, valori ottenuti considerando un tradizionale metodo estrattivo, con perforazione-brillamento, incluso lo smaltimento degli scarti.

La metodologia di calcolo applicata prevede che tutta la CO<sub>2</sub> prodotta in cava provenga dai motori diesel.

Secondo il principio di equità nelle procedure di appalto

One 4 bladed bridge saw in one shift cut slabs to final 0.27 m height (13 m<sup>2</sup>/27 pcs 1.5 m curb). Final dimensioning stages to the 1.4 m length (2.5 m<sup>2</sup>/27 curbs) and beveling (4.5 m<sup>2</sup>/27 curbs) need one bridge saw. Modelled engine hours take account process waste, like non optimal raw-block (40%) and broken pieces (15%) as well time moving materials from step to another (10%).

#### 4. ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE PRODUCTION

Environmentally sustain materials as well low-emission practices of civil engineering are coming more important in these days. In Finland has been already some construction projects which has tried to find how to measure accurately CO<sub>2</sub> emission of structural layers of city streets, also for natural stone covers.

The project "Resource efficiency development of natural stone production" tried also to find an unbiased and equitable principle calculating CO<sub>2</sub> emissions of granite products.

The procedure was based on the operating time and the energy consumption of the machinery used in extraction and processing. Transportation emissions were also calculated for both domestic and imported stone products.

#### 4.1 Figuring the level of CO<sub>2</sub> emission

China is the main exporter of stone products in Finland.

Applying the results to this research CO<sub>2</sub> emissions of imported curbstone is about 3.7 fold higher than a domestic one, from China 55 kg CO<sub>2</sub>/curb meter and that of domestic 15. The calculating principle expects that quarrying and

processing is done in an equal way and take account the waste rock in quarrying (70%) and processing (20%).

The emission of processing per meter for domestic curbstone is 10 kg CO<sub>2</sub> (70% of total), that of exported product 30 kg (55%). The relatively high CO<sub>2</sub> emission of the imported product comes from higher CO<sub>2</sub> emissions of electricity, in Finland 0.158 kg CO<sub>2</sub> kWh and in China 0.766 (Fig.7 and 8). The more water or other renewable energy sources are used in electricity production, the less CO<sub>2</sub> is released per kWh. Average emissions of domestic raw-material and transportation to construction site is 4.5 kg CO<sub>2</sub>/meter and for imported 25. CO<sub>2</sub> released in quarrying among domestic and imported product is 1.84 kg per meter, values according traditional drilling-blasting method, all at quarry site product and waste transportation included.

The applied calculating model expects that all CO<sub>2</sub> at quarry site comes from diesel engines.

According equity objective in legislation of public procurement in EU, CO<sub>2</sub> emissions as well the energy add of transportation is usually not able to take among the selection criteria of the tenders concerning goods and services.

Among public procurement of stones, followed interpretation is based on the fact that the mode of transport and the distance do not affect the quality of stone products.

Calculation of CO<sub>2</sub> emission for here reported manufacturing tests show the same value about 10 kg CO<sub>2</sub> per one meter. About 60% of CO<sub>2</sub> emissions come from flaming the rough appearance on saw cut surfaces (Tab.4).

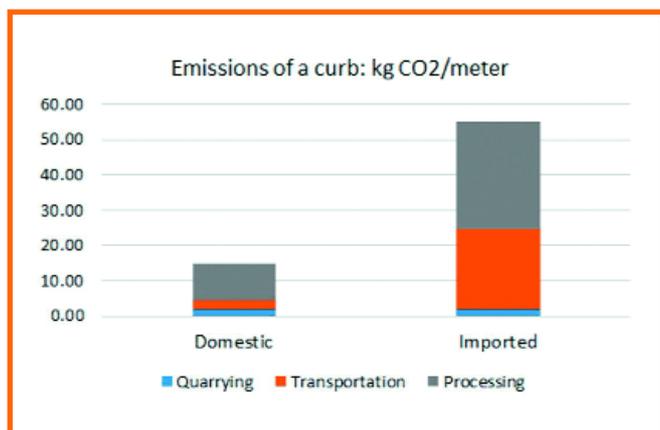
Partly wedged product has two zero CO<sub>2</sub> work stages,



pubblico vigente in UE, le emissioni di CO<sub>2</sub> e il consumo energetico dovuto al trasporto di solito non sono inclusi nei criteri di selezione delle offerte riguardanti beni e servizi. In particolare, negli appalti pubblici con materiali lapidei, l'interpretazione più seguita si basa sul fatto che le modalità di trasporto e la distanza non incidono sulla qualità dei prodotti.

Il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> nelle prove di produzione qui descritte mostra lo stesso valore, pari a circa 10 kg di CO<sub>2</sub> per metro. Per il prodotto lavorato interamente con gli utensili diamantati circa il 60% delle emissioni di CO<sub>2</sub> deriva dalla fiammatura della superficie (Tab.4).

Il prodotto lavorato parzialmente a mano ha due fasi con zero emissioni di CO<sub>2</sub>, il taglio con i cunei e la smussatura.



**Fig.7** Grafico delle emissioni di CO<sub>2</sub> di un cordolo locale 10,5 e di uno importato 55,0 (kg CO<sub>2</sub>/metro) / A graph of CO<sub>2</sub> emissions of a domestic 10.5 and an imported curb 55.0 (kg CO<sub>2</sub>/meter)



**Fig.8** Cordoli di granito tra carreggiata e marciapiede. Helsinki, capitale della Finlandia, privilegia un cordolo smussato di 22 cm. Nell'area del centro i cordoli sono di colore rosso mentre nelle altre zone sono grigi  
Granite curbs between roadway and sidewalk. Helsinki, capital of Finland, favors 22 cm beveled curb. Along the routes of public traffic color is red other areas outside the city center gray

**Tab.4** Emissione di CO<sub>2</sub> di un cordolo tagliato parzialmente con cunei e interamente con utensili diamantati (kg CO<sub>2</sub>/metro)  
CO<sub>2</sub> emission of a curb, fabricated by sawing and in the other test also by wedges (kg CO<sub>2</sub>/meter)

Work steps	Partly wedged kg CO <sub>2</sub>	Partly wedged %	Saw cut %	Saw cut kg CO <sub>2</sub>
Primary cut	195.5	35.16	21.9	76.0
Second cut dimension	33.2	5.97	14.0	48.6
Cut the ends to dimension	0.0	0.00	4.0	14.0
Cut the slant on the front	0.0	0.00	0.2	0.7
Flaming the front, top and back	327.4	58.87	59.8	207.5
Total kg CO <sub>2</sub>	556.1	100.00	100.00	346.8
Total meters	53	-	-	33.6
kg CO <sub>2</sub> /meter	10.5	-	-	10.3

wedging into final thickness and hand-made beveling.

## 5. CONCLUSIONS

### 5.1 Run time capacity

Granite curbstone is mostly used in city center and road-sides, concrete ones where less traffic.

Curbstone market is highly compete, thus a special emphasis has to put on an efficiency and capacity rates of production. According production tests of beveled 170 mm wide standard granite curb in "Resource efficiency devel-

opment of natural stone production" project, manufacturing should be speed up considerably to decrease costs.

From block to product by one shift running single bladed saw units took about 1 hour to fabricate one meter curb when quarrying of raw material is also taken in account.

It was about the same compared to the traditional stone-masonry, in which extraction and cut to dimension was made entirely by hand tools. Production time per curb meter as well the cost should be decreased 5 fold less, to be about on the same line with imported products.





## 5. CONCLUSIONI

### 5.1 Capacità produttiva

I cordoli in granito sono principalmente impiegati nei centri urbani e come bordatura di strade, o marciapiedi.

Il mercato è altamente competitivo, quindi, deve essere posta particolare attenzione alla capacità e alla velocità di produzione.

Secondo quanto emerge dalle prove svolte nel progetto "Resource efficient production of dimension stone", il processo produttivo necessario per ottenere un cordolo in granito, spesso 170 mm con smusso frontale, dovrebbe essere notevolmente accelerato per ridurre i costi.

Dal blocco al prodotto finito, con entrambe le lavorazioni, è stata necessaria quasi 1 ora per produrre un cordolo di un metro, tenendo conto anche della fase di estrazione.

È un tempo molto simile a quello che si poteva ottenere con il metodo di lavorazione tradizionale, in cui l'estrazione e il taglio venivano effettuati interamente con utensili manuali.

Per essere competitivi con i prodotti importati è necessario ridurre di 5 volte il tempo di produzione per metro di cordolo. Per farlo occorre aumentare i turni di produzione e utilizzare macchine automatiche multi-taglio e specifici utensili diamantati a taglio rapido.

In entrambe le prove di produzione, la prima fase della lavorazione è stata la segazione del blocco grezzo in lastre con un telaio monolama da 3 metri. Le lastre ottenute sono state ulteriormente sezionate con una fresa a ponte e finite con fiammatura.

Il taglio con i cunei si è rivelato un processo molto efficiente, 5 minuti/metro, ma la successiva operazione di smussatura con utensile manuale è stata relativamente

lenta, 14,7 minuti/metro rispetto al tempo ottenibile a macchina 7.6 minuti/metro.

### 5.2 Sostenibilità ambientale

Anche se il prezzo è ancora il criterio di selezione più utilizzato e ancora dominante negli appalti, i temi legati al cambiamento climatico stanno assumendo sempre più un ruolo centrale nelle scelte di impiego di denaro pubblico per i materiali edilizi e i servizi correlati.

La pietra naturale è un materiale ecosostenibile, di lunga durata, riciclabile. Le emissioni di CO<sub>2</sub> di un cordolo in granito derivano principalmente dalle operazioni di taglio e se è disponibile elettricità "verde", è probabile che si riscontrino differenze, anche importanti, tra diversi prodotti.

La tendenza verso l'utilizzo di prodotti ecosostenibili nelle costruzioni private e pubbliche svilupperà nuove tecnologie produttive e nuovi metodi di gestione degli scarti dei materiali lapidei.

Secondo questa ricerca, un cordolo realizzato con un metodo parzialmente manuale rilascia meno CO<sub>2</sub>, circa 10 kg di CO<sub>2</sub>/metro, mentre quello prodotto interamente a macchina circa 15 se locale, 55 se importato.

Se l'efficienza produttiva fosse aumentata di 5 volte con macchine da taglio multi-lama e speciali utensili diamantati, oltre ad utilizzare la bocciardatura come finitura, invece della fiammatura, le emissioni di un cordolo locale potrebbero diminuire fino a 5 kg di CO<sub>2</sub>/metro.

Ripensare e rivedere le principali tecnologie con un'ottica diversa, tenendo conto di quanto si possa fare a salvaguardia dell'ambiente, può migliorare il vantaggio competitivo delle aziende e i loro risultati finanziari.

The production efficiency is able to increase by additional shifts utilizing programmed sawing, by multi-cutting devices and take in use specified fast cutting diamond tools.

In both manufacturing tests the first work phase was open the raw-block by 3 meters single bladed saw.

Sawn cut slabs were finished by bridge sawing and flaming. Wedging in the other test was an efficient phase, 5 min/meter, while beveling by hand-tool was relatively slow 14.7 min/meter compared to the time of a saw cut 7.6.

### 5.2 Environmental sustainability

Even the price has been the most used and still ruling selection criterion in public procurements, themes of climate change are coming increasingly into an important role in purchasing public money to constructions materials and work as well to related services. Natural stone is a long life, recyclable environmentally sustainable material.

CO<sub>2</sub> emissions of granite curbstone comes mostly from sawing and if "green" electricity is available, there is probable to find relatively great differences between products.

The valuation of environmentally sustainable products in private and public constructions will develop new technologies for production and how the leftover stone is able to utilize better. According this research, a curb made by traditional stonemasonry releases most less CO<sub>2</sub>, about 10 kg CO<sub>2</sub>/meter while that of domestic saw cut 15 and imported 55. If the production efficiency is 5 fold higher by

multi-blade saw units and special diamond tooling, as well using bush hammering instead of CO<sub>2</sub>-rich flaming, emissions of a domestic curb is able to decrease down to 5 kg CO<sub>2</sub>/meter. New thinking of leading technologies of future bases on insights how actions of climate protection are able to improve the company's competitive edge and financial performance.

## 6. REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

- EN Standard 1343: Kerbs of natural stone for external paving - Requirements and test methods.
- EN Standard 1926: Determination of uniaxial compressive strength.
- EN Standard 1936: Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity.
- EN Standard 12371: Determination of frost resistance.
- EN Standard 12372: Determination of flexural strength under concentrated load.
- EN Standard 12407: Petrographic examination.
- EN Standard 13755: Determination of water absorption at atmospheric pressure.
- EN Standard 14157: Determination of abrasion resistance.
- Standard SFS 7017: Betonista tai luonnonkivistä tehdyille ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot (available only by Finnish).





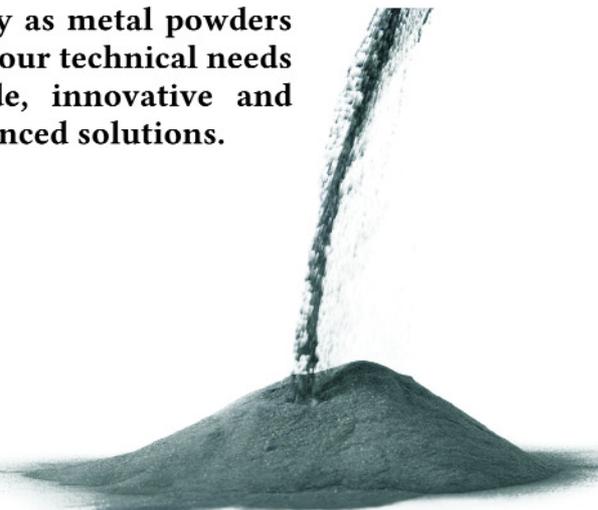
**LINBRAZE**<sup>®</sup>  
brazing powders industry



**CULNICO**<sup>®</sup>  
pre-alloyed bond powders

...the only cobalt alternative  
for cutting tool industry

...let our mastery as metal powders  
producer meet your technical needs  
with tailor-made, innovative and  
technically advanced solutions.



Advances in Powder Metallurgy



**MEPOSO**<sup>®</sup>  
metal powders solutions

MEPOSO by Linbrazze S.r.l.  
C.da Torre Chimera- SP180  
93019 Sommatino - Italy  
Tel. +39 0922 871 694



info@linbrazze.com - www.linbrazze.com

Developing the Powder Metallurgy Future

european powder  
metallurgy association



# International Congress & Exhibition

**13 - 16 October 2019**

Maastricht Exhibition & Congress Centre (MECC),  
Maastricht, The Netherlands

**Technical Programme Available Now**

Advanced Rate Registration ends 4 September 2019



**EURO  
PM2019**  
CONGRESS & EXHIBITION  
[www.europm2019.com](http://www.europm2019.com)

EURO  
PM2019  
CONGRESS & EXHIBITION

**Euro PM2019 Mobile App Available now at [www.europm2019.com/app](http://www.europm2019.com/app)**



Società / *Company*.....

**CUCCOLINI S.r.l. - VIRTO GROUP**

Stabilimento e Laboratori  
*Plant and Workshops*

Indirizzo / *Address*.....

Via Raffaello Sanzio, 2  
42124 Reggio Emilia (RE) - Italy  
Tel. +39 0522 922000  
www.virtogroup.com  
info@virtogroup.com

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA *Operativity Market Branch*

- Attrezzature, Accessori, Componenti  
*Equipment, Accessories, Components*
  - ◆ Separazione, vagliatura e setacciatura industriale  
*Industrial separation, screening and sieving applications*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI *Main Product Lines*

- ◆ Vibrovagli tradizionali  
*Traditional vibrating sieves*
- ◆ Vagli a nutazione  
*Tumblers*
- ◆ Vagli a multi-frequenza  
*Multi-frequency sieves*

## APPLICAZIONI SIGNIFICATIVE *Significant Applications*

- Vagliatura di polveri metalliche e minerali  
*Metal powders and minerals sieving*
- Classificazione di polveri metalliche e minerali per granulometria  
*Metal powders and minerals classification by particle size*

## SERVIZI / *Services*

Valutazione dell'applicazione del cliente attraverso test di laboratorio nella sede di Reggio Emilia / *Evaluation of customer application with laboratory tests in Reggio Emilia headquarters*

Società / Company.....

**EID LTD**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / Address.....

EID House, 12 St. Cross Street

EC1N 8UB London - England

Tel. +39 393 1940159

www.eid-ltd.com

ariel.b@eid-ltd.com

Commerciale Italia

*Sales Italy*

Sig. Ariel Bonfiglioli

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

### *Operativity Market Branch*

- ◆ Diamante naturale (pietre) / *Natural diamond (rough)*
- ◆ Diamante naturale (polvere) / *Natural diamond (powder)*
- ◆ Diamante sintetico / *Synthetic diamond*
- ◆ Diamante sintetico rivestito / *Coated synthetic diamond*
- ◆ Nitruro di Boro cubico (cBN) / *Cubic Boron Nitride (cBN)*
- ◆ Nitruro di Boro cubico Policristallino (PcBN) / *Polycrystalline cubic Boron Nitride (PcBN)*
- ◆ Diamante Policristallino (PCD) / *Polycrystalline Diamond (PCD)*
- ◆ Diamante CVD / *CVD Diamond*
- ◆ Diamante Monodie / *Monodie Diamond*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

### *Main Product Lines*

Diamanti industriali, sia pietre che polveri, per la costruzione di utensili diamantati / *Industrial diamonds, both rough and powders, for the manufacture of diamond tools:*

- Diamante naturale industriale / *Natural industrial diamond.*
- Polvere di diamante naturale, nelle grane grosse e fini / *Natural diamond powder, both in grit and wheel size.*
- Polvere di diamante sintetico, ricoperto e non, per uso con legante resinoidi / *Synthetic diamond powder, both coated and uncoated, for use in resin bond tools.*
- Polvere di diamante sintetico per uso con legante metallico / *Synthetic diamond powder for use in metal bond tools.*
- Prodotti in Nitruro di Boro cubico ricoperto e non / *cBN products, both coated and uncoated.*
- Micropolveri di diamante naturale, sintetico e cBN / *Natural diamond, synthetic diamond and cBN micropowders.*

Società / *Company*.....

**ELETTRON Progetto Energia  
di Rossi Mario & C. S.a.s.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / *Address*.....

Via Contestabili, 3  
29122 Piacenza (PC) - Italy  
Tel. +39 0523 617752  
www.hp.elettron.net  
info@hp.elettron.net

Resp. Comm. / *Sales Manager*

Resp. Tecnico / *Technical Manager*

Sig. Mario Rossi

Sig. Stefano Rossi

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA *Operativity Market Branch*

- Macchine e impianti per la produzione di utensili diamantati  
*Machines and plants for diamond tools production*
  - ◆ Presse sinterizzatrici a caldo / *Hot sintering presses*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI *Main Product Lines*

Produzione di presse sinterizzatrici ad induzione, innovativo sistema che consente un'alta qualità del prodotto diamantato e un sensibile risparmio energetico.

*Induction sintering press, new heating system with high quality diamond products and relevant saving in energy cost.*

## APPLICAZIONI SIGNIFICATIVE *Significant Applications*

- Utensili diamantati a legante metallico per applicazioni nei settori:  
*Metal bonds diamond tools for applications in the sectors:*
  - Pietra / *Stone*
  - Vetro / *Glass*
  - Meccanica / *Mechanics*

## SERVIZI / *Services*

Pre e post vendita con personale tecnico specializzato  
*Before and after sales with technical people*



Società / *Company*.....

**FRATELLI MILANO S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / *Address*.....

Frazione Vai, 1/b

10084 Forno Canavese (TO) - Italy

Tel. +39 0124 77266

Fax +39 0124 709837

[www.fratellimilano.com](http://www.fratellimilano.com)

[info@fratellimilano.com](mailto:info@fratellimilano.com)

Resp. Comm. / *Sales Manager*

Sig. Ivano Milano

Resp. Tecnico / *Technical Manager*

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

### *Operativity Market Branch*

- Macchine e impianti per la produzione di utensili diamantati  
*Machines and plants for diamond tools production*
- Stampi (grafite, acciaio, ecc.) / *Molds (graphite, steel, etc.)*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

### *Main Product Lines*

- ◆ Presse oleodinamiche volumetriche automatiche  
*Automatic hydraulic volumetric presses*
- ◆ Granulatori per polveri metalliche  
*Machines for granulating metal powders*
- ◆ Miscelatori per polveri metalliche  
*Mixers for metal powders*
- ◆ Macchine automatiche per il montaggio del filo diamantato  
*Automatic machines for assembling the diamond wire*
- ◆ Rattivatrici filo diamantato  
*Dressing machines for diamond wire*
- ◆ Macchine conta perline diamantate  
*Counter machines for diamond beads*
- ◆ Plastificatrici  
*Plasticizing machines*

## SERVIZI / *Services*

Progettazione di macchine standard e speciali certificate

*Design of standard and special certified machines*



Save the date

**17–20.6.2020 | Nürnberg, Germany**

International Trade Fair for Natural Stone and Stone Technology

[stone-tec.com](http://stone-tec.com)

NÜRNBERG  MESSE



Società / Company.....

**G.B. F.lli BERTONCELLO S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / Address.....

Via Col Roigo, 22

36060 Romano d'Ezzelino (VI) - Italy

Tel. +39 0424 31852

Fax +39 0424 510478

www.gb-bertoncello.com

gb.bertoncello@gb-bertoncello.com

Resp. Comm. / Sales Manager

Sig. Danilo Bertoncello

Resp. Tecnico / Technical Manager

Sig. Paolo Bertoncello

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

### *Operativity Market Branch*

- Macchine e impianti per la produzione di utensili diamantati  
*Machines and plants for diamond tools production*
  - ◆ Forni industriali / *Industrial furnaces*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

### *Main Product Lines*

- ◆ Forni per sinterizzazione a nastro trasportatore con più zone indipendenti di riscaldamento e zone di raffreddamento in linea per la sinterizzazione in continuo e in atmosfera disossidante di perline e settori diamantati  
*Conveyor belt sintering furnaces with multiple independent heating and cooling zones in line for the continuous free sintering under deoxidizing atmosphere of diamond beads and sectors*
- ◆ Forni a nastro per multittrattamenti termici  
*Conveyor belt furnaces for braze-soldering and multiple heat treatments*
- ◆ Forni sottovuoto per indurimento  
*Vacuum furnaces for hardening and deoxidisation*
- ◆ Forni di fusione a induzione di tipo statico  
*Static induction melting furnaces*
- ◆ Forni a campana per ricottura in atmosfera disossidante a ciclo automatico  
*Bell furnaces for annealing in deoxidizing atmosphere with fully automatic cycle*

## SERVIZI / Services

Progettazione e realizzazione di forni per trattamenti speciali

*Design and construction of furnaces for special treatments*

Società / Name .....	<b>MEGA DIAMANT S.r.l.</b>
Stabilimento e Laboratori <i>Plant and Work-shops</i>	Via Celia, 32 54100 Massa (MS) - Italy
Indirizzo / Address.....	Tel. +39 0585 832483 www.megadiamant.com info@megadiamant.com
Resp. Comm. / <i>Sales Manager</i>	Marco Bartoli
Resp. Tecnico/ <i>Technical Manager</i>	Diamante Iacopetti - Galvanico Francesco Guidi - Gommaturo Gianfranco Menconi - Montaggio fili

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

*Operativity Market Branch*

- Utensili diamantati per applicazioni nei settori:  
*Diamond tools for application in the sectors:*
  - ◆ Pietra / *Stone*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

*Main Product Lines*

- ◆ Filo diamantato per cave di marmo e granito  
*Marble and granite quarry diamond wire*
- ◆ Filo diamantato per squadratura marmo e granito  
*Marble and granite block squaring diamond wire*
- ◆ Filo diamantato per sagomatura marmo e granito  
*Marble and granite profiling diamond wire*
- ◆ Filo diamantato per cemento armato e acciaio  
*Diamond wire for concrete and steel cutting*
- ◆ Perle diamantate sinterizzate e elettrodeposte per taglio marmo, granito, cemento e acciaio  
*Diamond sintered and electroplated beads for marble, granite, concrete and steel cutting*
- ◆ Accessori per cava: cuscini divaricatori, inserti in policristallino, presse, cesoie per cavo in acciaio  
*Quarry equipment: hydrobags, PCD inserts, hydraulic presses, shears for wire ropes*

Società / Company.....

**MWS S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori  
*Plant and Workshops*  
Indirizzo / Address.....

Via Don E. Peruzzi, 26/G  
36027 Rosà (VI) - Italy  
Tel. +39 0424 588088  
www.mwsforni.it  
info@mwsforni.it

Resp. Comm. / *Sales Manager*

Sig. Roberto Marchiori

Sig. Nicola Marchiori

Resp. Tecnico / *Technical Manager*

Sig. Giambattista Busatta

Ing. Angelo Crestani

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA *Operativity Market Branch*

- Macchine e impianti per la produzione di utensili diamantati  
*Machines and plants for diamond tools production*
  - ◆ Forni industriali / *Industrial furnaces*

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI *Main Product Lines*

- ◆ Forni a passaggio (nastro, catenaria, rulli, avanzamento a travi mobili)  
*Continuous furnaces (conveyor belt, chain, rollers, mobile beam)*
- ◆ Forni statici  
*Static furnaces*
- ◆ Forni a carro  
*Carriage furnaces*
- ◆ Forni a campana  
*Bell furnaces*
- ◆ Ricambi per forni industriali (resistenze, muffole, materiali refrattari, bruciatori, tubi radianti, ecc.)  
*Spare parts for industrial furnaces (resistances, muffles, refractory materials, burners, radiant tubes, etc.)*

## SERVIZI / *Services*

Manutenzione, revamping, avviamento e consulenza per forni industriali  
*Maintenance, revamping, start up and technical consulting for industrial furnaces*

Società / Company.....

**POLIGEM S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Workshops*

Indirizzo / Address.....

Via Ernesto Rizzi, 13/P

20077 Melegnano (MI) - Italy

Tel. +39 02 98238060

Fax +39 02 98237592

www.poligem.it

info@poligem.it

Resp. Comm. / *Sales Manager*

Resp. Tecnico / *Technical Manager*

Sig. Gabriele Rubini

Sig. Paolo Lubatti

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

### *Operativity Market Branch*

- ◆ Diamante sintetico / *Synthetic diamond*<sup>(1)</sup>
- ◆ Diamante sintetico rivestito / *Coated synthetic diamond*<sup>(2)</sup>
- ◆ Nitruro di Boro cubico (cBN) / *Cubic Boron Nitride (cBN)*<sup>(3)</sup>
- ◆ Nitruro di Boro cubico (cBN) rivestito / *Coated cubic Boron Nitride (cBN)*<sup>(4)</sup>
- ◆ Diamante industriale in pietre / *Industrial diamond stones*<sup>(5)</sup>
- ◆ Diamante naturale in polvere / *Natural diamond powder*<sup>(6)</sup>
- ◆ Micropolveri di diamante sintetico, di cBN e di diamante naturale / *Micron powders of synthetic diamond, cBN and natural diamond*<sup>(7)</sup>
- ◆ Diamante Policristallino (PCD) / *Polycrystalline Diamond (PCD)*<sup>(8)</sup>
- ◆ Nitruro cubico di Boro Policristallino (PcBN) / *Polycrystalline cubic Boron Nitride (PcBN)*<sup>(9)</sup>
- ◆ Diamante CVD / *CVD Diamond*<sup>(10)</sup>

## SETTORI APPLICATIVI

### *Application Sectors*

<sup>(1)</sup> Estrazione e lavorazione della pietra, lavorazione della ceramica e agglomerati, lavorazione del vetro, lavorazione di metalli non ferrosi, lavorazione di materiali compositi / *Quarrying and processing of natural stone, ceramic and engineered stone processing, glass processing, non-ferrous metals processing, composite materials processing.*

<sup>(2)</sup> Impiego in lavorazioni gravose che richiedono lunga durata, impiego in leganti resinoidi / *Required in demanding and long-lasting processing, used in resin bond.*

<sup>(3)</sup> Lavorazione di metalli ferrosi / *Ferrous metals processing.*

P

- (4) Impiego in lavorazioni gravose che richiedono lunga durata, impiego in leganti resinoidi / *Required in demanding and long-lasting processing, used in resin bond.*
- (5) Perforazione e carotaggio di roccia, sagomatura e ravvivatura di mole abrasive, tastatori per misure in processo, tornitura e fresatura di metalli non ferrosi / *Rock drilling and coring, abrasive wheels shaping and dressing, in process probes, turning and milling of non-ferrous metals.*
- (6) Lavorazione di pietra, lavorazione di materiali compositi, molette per dentale / *Stone processing, composite materials processing, dental burs.*
- (7) Lappatura e lucidatura di tutti i materiali, riporti anti-usura / *Lapping and polishing of all materials, wear protective coatings.*
- (8) Tornitura e fresatura di metalli non ferrosi e materiali compositi, lavorazione del Legno, trafilatura di fili metallici, perforazione di roccia, sagomatura e ravvitaura di mole abrasive / *Turning and milling of non-ferrous metals and composite materials, wood processing, metal wire drawing, abrasive wheels shaping and dressing.*
- (9) Tornitura e fresatura di metalli ferrosi / *Ferrous metals turning and milling.*
- (10) Sagomatura e ravvivatura di mole abrasive, applicazioni ottiche, tornitura e fresatura di metalli non ferrosi, riporti antiusura / *Abrasive wheels shaping and dressing, optical applications, turning and milling of non-ferrous metals.*

## NUOVI PRODOTTI

### *New Products*

- ◆ PCD e CVD per riporti antiusura / *PCD and CVD for wear protective coatings.*

## SERVIZI

### *Services*

- Analisi e qualifica di diamanti sintetici e naturali tramite il nostro POLILAB, dotato di strumenti per l'analisi fisica e ottica.



# Materiali ceramici a base di nitruro elettricamente conduttivi

di Piotr Putyra, Piotr Klimczyk, Jolanta Laszkiewicz-Lukasik, Lucyna Jaworska  
Lukasiewicz-Institute of Advanced Manufacturing Technology, Cracovia, Polonia

## ABSTRACT

Materiali compositi di natura ceramica a base di nitruro di silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) sono stati preparati con l'aggiunta di una fase del 30% in peso di  $\text{TiB}_2$ . Data la buona conduttività elettrica di alcuni elementi quali carburi, nitruri e boruri, ad esempio TiC, TiN e  $\text{TiB}_2$ , si è preferito introdurre una componente ceramica piuttosto che una fase metallica. I materiali ceramici a base di nitruro, rinforzati con le fasi conduttive, sono stati prodotti mediante sinterizzazione SPS (Spark Plasma Sintering) con un'apparecchiatura FCT-HP D5.

I materiali ottenuti sono stati testati per caratterizzare le loro proprietà fisiche e meccaniche. Sono state determinate densità, porosità, modulo di Young e durezza Vickers (HV1). La conduttività elettrica dei materiali è stata misurata per valutare la loro idoneità alla lavorazione elettroerosiva.

## 1. INTRODUZIONE

I materiali ceramici sono caratterizzati da strutture con

legami ionici o covalenti. Si può presumere che non vi siano portatori di carica nella maggior parte dei materiali ceramici con legami ionici ed elementi puri.

La conduttività elettrica dei ceramici, infatti, come nella maggior parte dei materiali, è di due tipi: ionica ed elettronica. Quest'ultima si verifica grazie al movimento di elettroni liberi nel volume del materiale, ma nei ceramici i legami ionici tra gli atomi non ne consentono la presenza. Tuttavia, in alcuni casi, possono essere incluse nel materiale delle 'impurità' con un tipo di legame diverso (ad esempio covalente dativo), i cui atomi possono essere donatori o accettori di elettroni.

In altri casi ancora, possono essere aggiunti dei metalli di transizione o delle terre rare; queste 'impurità' possono fungere da centri per i polaroni, specie di elettroni in grado di creare piccole regioni di polarizzazione mentre si spostano da un atomo all'altro [1].

Le proprietà elettriche dei materiali ceramici policristallini e multifase possono essere variate modificando la composi-

# Electrically conductive nitride ceramics

by Piotr Putyra, Piotr Klimczyk, Jolanta Laszkiewicz-Lukasik, Lucyna Jaworska  
Lukasiewicz-Institute of Advanced Manufacturing Technology, Krakow, Poland

## ABSTRACT

Composite materials based on  $\text{Si}_3\text{N}_4$  nitride ceramics were prepared with the 30 wt.% of  $\text{TiB}_2$  phase participation. Due to the good electrical conductivity of some carbide, nitride and boride phases, e.g. TiC, TiN and  $\text{TiB}_2$  additions, metallic phases were not used in favour of ceramic conducting phases. Nitride ceramics with the participation of conductive phases was produced by Spark Plasma Sintering in an FCT-HP D5 device. The produced materials were tested for their physical and mechanical properties.

The density, porosity, Young's modulus and HV1 hardness were determined.

The electrical conductivity of the materials was measured to establish their suitability for electroerosive machining.

## 1. INTRODUCTION

Ceramic materials belong to structures with ionic or covalent bonds. It can therefore be assumed that for most ceramic materials with ionic bonds and additionally high purity, there are no charge carriers.

Electric conductivity in ceramics, as in most materials, is of two types: electronic and ionic. Electronic conduction is the passage of free electrons through a material.

In ceramics, the ionic bonds holding the atoms together do not allow for free electrons. However, in some cases impurities of differing valence (that is, possessing different numbers of bonding electrons) may be included in the material, and these impurities may act as donors or acceptors of electrons. In other cases, transition metals or rare-earth elements of

zione e la struttura del bordo dei grani e delle superfici [2, 3]. È, quindi, possibile creare un percorso conduttivo in una matrice  $\text{Si}_3\text{N}_4$  per mezzo delle particelle di una fase secondaria. Poiché, però, una dispersione massiccia di quest'ultima fase potrebbe alterare le proprietà strutturali essenziali del materiale ceramico, la sua quantità deve essere preferibilmente bassa.

Per ridurre il volume della fase secondaria l'approccio che si ritiene essere il più efficace è quello che prevede una diminuzione della dimensione delle particelle [4].

Tuttavia, non è semplice ridurre le particelle della fase conduttiva e, allo stesso tempo, ottenere una sufficiente conduttività elettrica nei materiali ceramici, a causa della crescita e del processo di aggregazione dei grani che si verificano durante la sinterizzazione ad alta temperatura.

I materiali ceramici con matrice a base di  $\text{Si}_3\text{N}_4$  hanno molte ottime proprietà meccaniche, quali elevata durezza e resistenza per un'ampia gamma di temperature, resistenza agli ambienti ossidanti e corrosivi (anche ad alte temperature) e resistenza agli shock termici.

Questi materiali sono utilizzati in molte applicazioni comuni. Nel caso dei ceramici a base  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , è necessario aggiungere alla composizione di nitruro di silicio dei rinforzi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) per la sinterizzazione.

Durante il rapido raffreddamento dei compatti  $\text{Si}_3\text{N}_4$  si forma, infatti, una microstruttura con una fase vetrosa interglanulare. Aggiungendo  $\text{Y}_2\text{O}_3$  come rinforzo, una parte di

questa fase può essere devetrificata mediante un trattamento termico e un lento raffreddamento, per essere trasformata in granato di ittrio e alluminio (YAG).

L'aggiunta, invece, a  $\text{Si}_3\text{N}_4$  di carburi e nitrucci dei metalli di transizione (TiC, TiN) determina un aumento della durezza del composito. Come ulteriore vantaggio, la dispersione di una seconda fase aumenta la capacità di resistenza alla frattura [5].

I componenti ceramici con forme complesse possono essere formati mediante un processo di elettroerosione, purché il materiale da lavorare sia sufficientemente conduttivo. L'introduzione nella matrice di elementi (TiN, TiC, Ti (C, N) o  $\text{TiB}_2$ ) migliora la conduttività dei ceramici multifase e consente l'utilizzo dell'elettroerosione (EDM) per la produzione di elementi con forme molto complesse [6, 7].

Per permettere il processo EDM deve essere introdotta una fase conduttiva (carburo, nitruro o boruro) di circa il 30% in peso [8]. I materiali con resistenza fino a 100  $\Omega\text{cm}$  possono essere lavorati con EDM.

Date le ottime proprietà dei ceramici avanzati (ossido o nitruro) e della vasta gamma di possibilità offerte dal processo di elettroerosione, si è ritenuto importante avviare una ricerca volta ad aumentare la conducibilità elettrica di questi materiali.

## 2. MATERIALI E METODI

Le polveri caratterizzate nella Tab.1 sono state utilizzate per

varying valency may be included; these impurities may act as centres for polarons - species of electrons that create small regions of local polarization as they move from atom to atom [1].

The electrical properties of polycrystalline and multiphase ceramic materials can be changed by modifying the composition and structure of grain boundaries and material surfaces [2, 3]. A conductive path could be formed by the conductive secondary phase particles in  $\text{Si}_3\text{N}_4$  matrices.

Because a massive dispersion of the secondary phase may alter the essential properties of structural ceramics, the amount of the secondary phase is desirably small.

To reduce the volume of the dispersed phase, reducing the particle size is thought to be an effective approach [4].

However, it is not easy to reduce the amount of the conductive phase particles required to provide sufficient electrical conductivity to ceramic materials because of grain growth and aggregation that takes place during high-temperature sintering.

Ceramic materials based on  $\text{Si}_3\text{N}_4$  have many beneficial mechanical properties, such as high hardness and strength in a wide range of temperatures, resistance to oxidizing and corrosive environments (also at high temperatures), and resistance to thermal shocks. These materials are widely used in various areas of life.

For  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ceramics, sintering aids such as  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  must be added to the silicon nitride composition.

During the rapid cooling of the  $\text{Si}_3\text{N}_4$  compacts, a microstructure of  $\text{Si}_3\text{N}_4$  grains with interglanular glass phase is forming.

For  $\text{Y}_2\text{O}_3$  as the sintering aid, a portion of this glass can be devitrified by heat treating and slow cooling to crystalline yttrium - aluminum garnet (YAG).

The addition of dispersed phases of transition metal carbides and nitrides (TiC, TiN) to  $\text{Si}_3\text{N}_4$  results in an increase in the hardness of the composite. As an additional benefit, adding a dispersed second phase increases the potential for higher fracture toughness [5].

Ceramic parts with more complicated shapes can be formed in an electric spark erosion process, as long as the material to be machined is of sufficient electrical conductivity.

The introduction of conductive materials into the matrix (TiN, TiC, Ti(C,N) or  $\text{TiB}_2$ ) improves the conductivity of multiphase ceramics and enables the use of electro discharge machining (EDM) for the production of elements with very complex shapes [6, 7].

For EDM treatment, a ceramic conductive phase (carbide, nitride or boride) of approx. 30 wt.% should be introduced [8]. Materials with resistance of up to 100  $\Omega\text{cm}$  can be machined using EDM.

Due to the desirable properties of technical ceramics (oxide or nitride) and the wide range of possibilities offered by electro-erosion treatment, research aimed at increasing the electrical conductivity of technical ceramics is fully justified.

## 2. MATERIALS AND METHODS

Powders characterized in Tab.1 were used to prepare silicon nitride matrix composites reinforced with  $\text{TiB}_2$  phase.

From the powders presented in Tab.1, a mixture was prepared



preparare dei compositi a matrice di nitrato di silicio rinforzati con  $TiB_2$ .

Partendo dalle polveri indicate nella Tab.1, è stata preparata una miscela con la seguente composizione espressa in peso%: 56,7  $Si_3N_4$  + 6,5 (MgO +  $ZrO_2$  +  $Al_2O_3$ ) + 36,8  $TiB_2$  (la parte in volume della fase  $TiB_2$  è del 30%).

La miscela è stata omogeneizzata con un mulino a sfere planetario Pulverisette 6 della Fritsch.

Sono state utilizzate una giara (250 ml) e delle sfere in nitrato di silicio (diametro 5 mm).

La velocità di rotazione è stata impostata a 200 giri/minuto per un tempo di omogeneizzazione di 2 ore.

L'acetone è stato usato come solvente.

La temperatura ottimale per la sinterizzazione SPS dei compositi, con matrice a base di  $Si_3N_4$  rinforzata con ossidi e

$TiB_2$  ( $Si_3N_4$ -30 $TiB_2$ ), è stata determinata in base a una curva di compattazione dei materiali ceramici al nitrato, precedentemente sviluppata e testata (93%  $Si_3N_4$  con l'aggiunta di ossidi), come mostrato nella Fig.1.

La pressione utilizzata nel processo è stata di 35 MPa, la velocità di riscaldamento di 100°C/min e il tempo di mantenimento a 1550°C di 10 minuti.

La densità apparente  $\rho_p$  è stata misurata con il metodo idrostatico.

La durezza è stata determinata con il metodo Vickers con un carico di 980,7 mN, utilizzando un durometro digitale Future Tech. Copr. FM 7.

Per queste prove la superficie è stata preparata usando una rettificatrice ACCUTOM Struers.

Le misurazioni del modulo di Young sono

**Tab.1** Caratteristiche delle polveri utilizzate per produrre i compositi  $Si_3N_4$ - $TiB_2$   
Characteristics of powders used to make  $Si_3N_4$ - $TiB_2$  composites

Material	Average grain size	Producer	Type
$Si_3N_4$	0.6 $\mu m$	HC Starck, Germany	M11
$Al_2O_3$ - $\alpha$	0.1 $\mu m$	TAIMEI, Japan	TM-DAR
$ZrO_2$ -Y	40 nm	Tosoh, Japan	TZ-3Y-E
MgO	2 - 5 $\mu m$	Reachim, Russia	-
$TiB_2$	1.5 - 2.5 $\mu m$	HC Starck, Germany	Grade F

with the following composition expressed in wt.%: 56.7  $Si_3N_4$  + 6.5 (MgO +  $ZrO_2$  +  $Al_2O_3$ ) + 36.8  $TiB_2$  (volume share of  $TiB_2$  phase is 30%).

The mixture was homogenised in a Fritsch Pulverisette 6 planetary mill. A grinding bowl (250 ml) and grinders (5 mm

diameter) made of silicon nitride were used.

The rotational speed was 200 rpm and the homogenization time was 2 hours. Acetone was used as the wetting medium.

The optimal sintering temperature of SPS composites based on  $Si_3N_4$  matrix modified with the participation of oxide phases and  $TiB_2$  ( $Si_3N_4$ -30 $TiB_2$ ) was determined on the basis of the compaction curve of nitride ceramics developed and previously tested (93%  $Si_3N_4$  with the addition of sintering oxides), as shown in Fig.1.

The pressure used in the process was 35 MPa, the heating rate was 100°C/min, and the soaking time at 1550°C was 10 min.

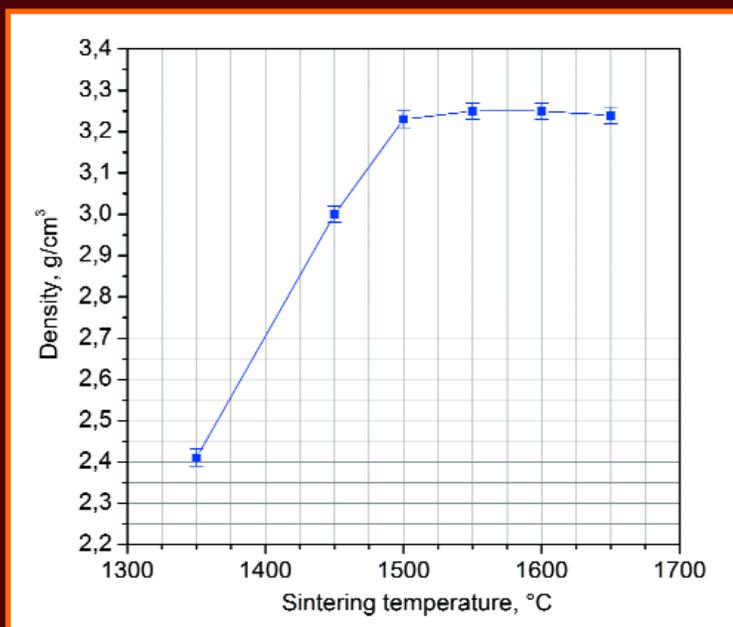
Apparent density  $\rho_p$  was measured by hydrostatic method. Hardness was determined by the Vickers method at a load of 980.7 mN, using a Future Tech. Copr. FM 7 digital hardness tester.

The surface was prepared for these tests using a Struers ACCUTOM cutter-grinder.

Young's modulus measurements were carried out using an ultrasonic method of measuring the transverse and longitudinal wave velocity (the device used was a Panametrics Epoch III flaw detector).

Resistance was measured using a laboratory Type MWT-46, No. 73-117 Wheatstone bridge.

The indentation fracture toughness ( $K_{Ic}$ ) was calculated based on the measurement of the cracks that appeared in the material as the result of inden-



**Fig.1** Densità in funzione dalla temperatura di sinterizzazione per il ceramico a base nitrato di silicio  $Si_3N_4$  / Density dependence on the sintering temperature for  $Si_3N_4$  nitride ceramics



state eseguite, utilizzando un metodo ad ultrasuoni, per misurare la velocità dell'onda trasversale e longitudinale (il dispositivo scelto è stato un rivelatore di difetti Panametrics Epoch III).

La resistenza è stata misurata utilizzando un ponte di Wheatstone da laboratorio di tipo MWT-46, n. 73-117.

La tenacità alla frattura ( $K_{Ic}$ ) è stata calcolata in base alla valutazione delle cricche comparse nel materiale a seguito dell'indentazione dovuta alla misurazione della durezza.

Per i calcoli è stata utilizzata la formula Niihara.

### 3. RISULTATI E CONCLUSIONI

In Fig.2 è presentata la microstruttura dei materiali sinte-

rizzati, mentre in Tab.2 le proprietà fisiche e meccaniche del materiale ceramico  $Si_3N_4-TiB_2$ .

Questo materiale presenta una bassa resistenza specifica, pari a  $1,2 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot m$ , che ne consente una lavorazione mediante EDM. La Fig.3 mostra un campione sinterizzato tagliato con un filo ad una velocità di 6,5 mm/min.

Le prove EDM sono state effettuate utilizzando una macchina a filo Mitsubishi MV1200S.

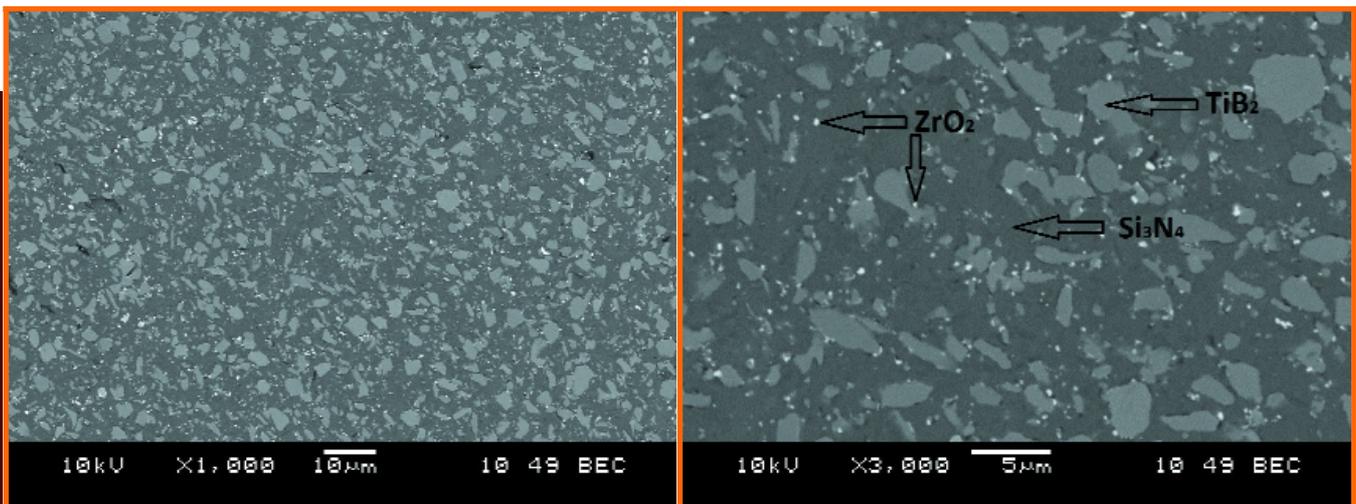
In Fig.4 è presentato il componente ceramico al termine della modellatura EDM.

Per concludere:

1) Il materiale ceramico  $Si_3N_4-30\%TiB_2$  in peso ottenuto con il metodo SPS a  $1550^\circ C$  è caratterizzato da alti valori

**Tab.2** Riepilogo delle proprietà del materiale a base  $Si_3N_4$  rinforzato con l'aggiunta delle fasi di ossido e  $TiB_2$   
*Summary of material properties of  $Si_3N_4$  modified with the participation of oxide and  $TiB_2$  phases*

Material	Sintering temperature °C	Density g/cm <sup>3</sup>	Young's modulus GPa	Hardness HV1	Fracture toughness $K_{Ic}$ , MPa • m <sup>1/2</sup>
$Si_3N_4 - 30TiB_2$	1550	$3.52 \pm 0.01$	$329 \pm 8$	$1918 \pm 56$	$6.4 \pm 0.5$



**Fig.2** Micrografie (SEM) del materiale a base  $Si_3N_4$  sinterizzato rinforzato con l'aggiunta delle fasi di ossido e  $TiB_2$   
*Micrographs (SEM) of  $Si_3N_4$  sintered material modified by the participation of oxide phases and  $TiB_2$*

tation caused by hardness measurement.  
 The Niihara formula was used for calculations.

### 3. RESULTS AND CONCLUSIONS

The microstructure of the sintered materials is presented in Fig.2 while Tab.2 presents selected physical and mechanical properties of  $Si_3N_4-TiB_2$  ceramics.

The  $Si_3N_4-30TiB_2$  material has a low specific resistance of  $1.2 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot m$ , which allows for it to be machined by means of EDM.

Fig.3 shows a sintered sample that has been cut with a wire at 6.5 mm/min. Tests for EDM were carried out using Mitsubishi MV1200S wire cutter.

In Fig. 4 the ceramic part after the EDM shaping is presented.

1) The  $Si_3N_4-30$  wt.%  $TiB_2$  ceramics obtained by the SPS method at  $1550^\circ C$  is characterized by high values of Young's modulus, hardness and fracture toughness: 329 GPa, 1900 HV1, and 6.4 MPa • m<sup>1/2</sup>, respectively.

2) The  $Si_3N_4-30TiB_2$  material has a low specific resistance of  $1.2 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot m$ , which makes it possible to process it with electro-erosion methods.

3) The combination of favourable mechanical properties and electrical conductivity of the  $Si_3N_4-30$  wt.%  $TiB_2$  material predisposes it to potential applications in cutting inserts and various types of machine and equipment components.

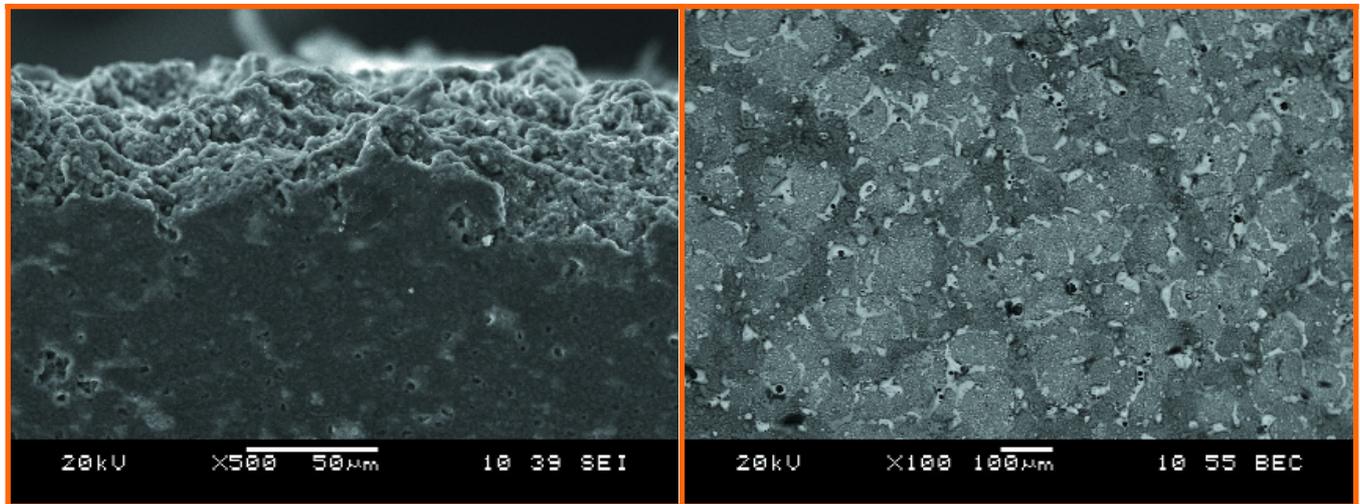
### 4. REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

[1] <https://www.britannica.com/technology/conductive-ceram->



del modulo di Young, di durezza e di resistenza alla frattura: 329 GPa, 1900 HV1 e  $6,4 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ , rispettivamente.  
2) Il materiale ceramico  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-30TiB}_2$  presenta una bassa resistenza specifica, pari a  $1,2 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}$ , che ne consente una lavorazione con elettroerosione.

3) La combinazione di favorevoli proprietà meccaniche e conducibilità elettrica del materiale  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-30TiB}_2$  in peso ne permette una potenziale applicazione in inserti da taglio e in vari tipi di componenti per macchine e attrezzature.



**Fig.3** Micrografie (SEM) di  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-30TiB}_2$  sinterizzato dopo il taglio con elettroerosione: superficie del materiale (sinistra); sezione di strato rifuso (destra)  
*Micrographs (SEM) of sintered  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-30TiB}_2$  after electro-erosion cutting: material surfaces (left); remelted layer cross-section (right)*

ics, Mason T.O., *Conductive Ceramics*, Brittanica, 1998.

[2] Sawaguchi A., Toda K., Niihara K. - Mechanical and electrical properties of silicon nitride-silicon carbide nanocomposite material. *J. Am. Ceram. Soc.* no 74, 1991, pp. 1142-1144.

[3] Kawaoka H., Sekino T., Kusunos T.e, Niihara K. - Silicon nitride ceramics with sodium ion conductive grain boundary phase, *J. Mater. Res.*, vol. 18, no. 12, 2003, pp. 2752-2755.

[4] Sanchez J.A., Cabanes I., Lopez de Lacalle L.N., Lamikiz A. - Development of optimum electrodischarge machining technology for advanced ceramics. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 18, no. 12, 2001, pp. 897-905.

[5] King A.G. - *Introduction to Ceramic Cutting Tools*, Ceramic cutting tools. Materials, Development, and Performance, edited by E.Dow Whitney, Noyes Publications, 1994.

[6] Liu K., Peirs J., Ferraris E., Lauwers B., Reynaerts D. - Micro Electrical Discharge Machining of  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -based Ceramic Composites, *Multi-Material Micro Manufacture*, S. Dimov and W. Menz (Eds.), Cardiff University, UK. Published by Whittles, 2008.

[7] Herrmann M., Balzer B., Schubert C., Hermel W. - Densification, microstructure and properties of  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ti(C,N)}$  composites. *Journal of the European Ceramic Society*. vol.12, 1993, pp. 287-296.

[8] Nowakowski A., Krzywda T., Putyra P. - EDM processing of sintered ceramic materials using the SPS method, *Mechanik*, vol. 91, no. 3, 2018, pp. 240-243.



**Fig.4** Ceramico conduttivo a matrice  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dopo la sinterizzazione SPS e la modellatura con elettroerosione EDM (perforazione, taglio)  
*Conductive ceramics with  $\text{Si}_3\text{N}_4$  matrix after the SPS sintering and the shaping EDM electroerosion methods (drilling, cutting)*





# Middle East Stone returns alongside The Big 5 in 2019

The Middle East's premier event for natural stone, marble, granite, design and technology will return from 25 to 28 November 2019 at the Dubai World Trade Centre

**T**he fifth edition of Middle East Stone, the premier event for natural stone, marble, granite, design and technology in North Africa and the Middle East, will return to the Dubai World Trade Centre from 25 to 28 November. This year for the first time ever, Middle East Stone will run alongside The Big 5, the region's largest construction event.

The co-located events will gather in Dubai 360-degree solutions for the entire construction industry.

They will combine the benefits of dedicated exhibitions with a comprehensive platform able to attract over 68,000 visitors from more than 130 countries for four days of face-to-face business meetings.

Middle East Stone will provide full range of products and solutions from the stone, marble and granite world for interior designers, interior and landscape architects, façade consultants, fit out contractors, real estate developers, installers and distributors among others.

Yan Wang, Event Director at dmg events, said: "Middle East Stone returns in the backdrop of over USD 3.7 trillion planned and un-awarded projects in the MENA region, which is therefore an unmissable market for the global natural stone industry. The GCC region in particular boasts almost USD 1.5 trillion worth of planned projects in the construction sector only. Upcoming developments like the USD 10 billion Red Sea Tourism Project in Saudi Arabia, or the multi-billion Dubai Harbour and EMAAR Beachfront mixed-use developments in the UAE are just some exam-

ples of the massive opportunities the region currently offers to local and international stone players."

This year, several world leading brands will be exhibiting at Middle East Stone for the first time ever. Some of the biggest names in the industry like the Italian Red Granite, or the Greek Akrolithos will join the event alongside a number of returning exhibitors from around the globe.

These include the Norwegian Lundhs, the UAE based Classic Marble and Quartzform, the Portuguese Telmo, and the Turkish Adalya, Oguz Mermer, Onur Mermer, and Naturelmar, among many others. Italy will have a massive presence at the event, with over 25 top brands. CPD-certified Stone Design Seminars will run alongside the exhibition unveil the latest industry trends and best practices throughout the four days of the show.

The Natural Stone Institute (NSI) will be taking part in the education agenda with stone masters Charles Muehlbauer, NSI Technical Director, Mohamed Kader, Business Development at Egymar International, and Daniel Wood, Stone Material Consultant. These will be delivering masterclasses on a variety of industry topics, spanning from best practices and techniques in stone exterior wall cladding, to understanding ASTM Standards & stone testing for projects, and International Standards for importing and exporting natural stone.

Middle East Stone is organised by dmg events.

To know more about the event (25 - 28 November, Dubai World Trade Centre) visit [www.middleeaststone.com](http://www.middleeaststone.com).

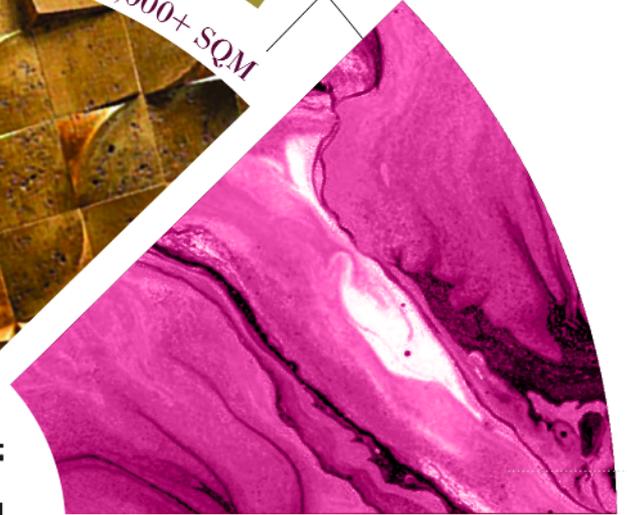


25 - 28 November 2019  
Dubai World Trade Centre

68,000+ PARTICIPANTS

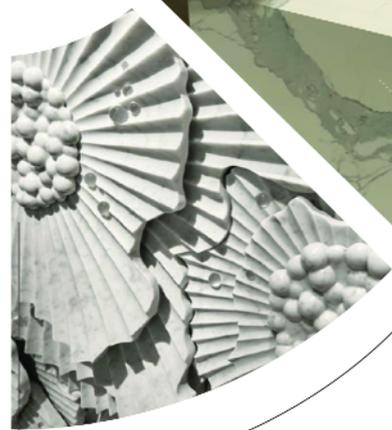


14,000+ SQM



 **MIDDLE EAST  
STONE**  
International Stone, Marble and Ceramics Show

350+ EXHIBITING COMPANIES



70 VISITING COUNTRIES

## THE REGION'S PREMIER EVENT FOR NATURAL STONE, MARBLE, GRANITE, DESIGN & TECHNOLOGY

Product Categories Include:



TILE  
WORLD



DESIGN



GEM &  
MINERAL



QUARRYING  
MACHINERY



STONE  
WORLD



TOOLS &  
MACHINERY

To confirm your participation at this premier event, contact:

Ressa Amparo  
Sales Manager



+971 56 174 1675  
RessaAmparo@dmgevents.com  
www.middleeaststone.com

CO-LOCATED WITH:



ORGANISED BY:

**dmg** events



# Rocalia, the benchmark trade show for the natural stone sector returns to Lyon

The 2nd edition is scheduled to be held from 3-5 December 2019

**R**ocalia has something of interest for everyone active in the sector including professionals working with natural stone, specifiers of ornamental and construction rocks, decorators, public authorities and private developers, heritage restorers, urban and landscaping developers, etc. The whole range of materials, products, plant, tools and services used by the sector can be found at Rocalia.

The 1st edition of Rocalia in 2017 attracted 125 exhibitors and more than 14,500 visitors. Its success is due to the need for a forum in France where professionals can meet up to exchange their experiences about the natural stone market, its broad spectrum of specificities and enormous potential. Professionals and specialists join forces at this unique national event to find solutions on how to evolve, innovate and highlight this sector, a symbol of French quality and know-how.

Natural stone must conserve its place as a top structural component contributing to a more sustainable and more ecologically-friendly environment. The market follows the latest decorative trends and continually innovates on a technical level to keep its position. These are the themes that Rocalia proposes through varied, broad-spectrum contents.

Design is highlighted by the Rocalia Design Exhibition and through conferences dedicated to the latest trends. The environmental dimension also finds its niche with conferences and a contest entirely dedicated to natural stone construction in the 21st century.

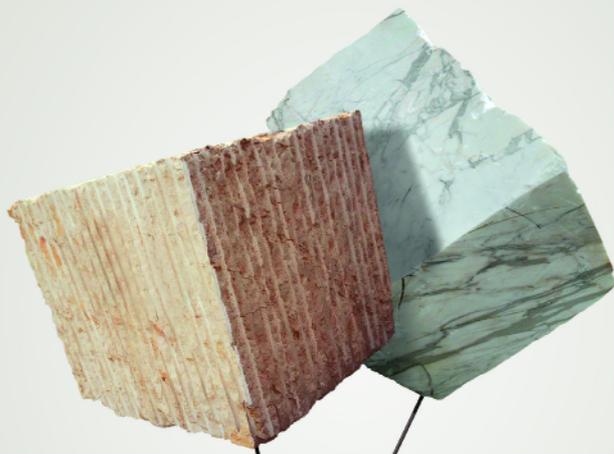
For this edition, another of the main themes is heritage restoration and protection. Closely related to the natural stone market, the protection and restoration of our heritage will be the subject of talks by professionals and a Dedicated Day. This Day will be an opportunity to stage experience exchanges between professionals and to tour Lyon's Hotel Dieu guided by architect Didier Repellin.

Sharing ideas and points of view, in addition to the technologies discussed at Rocalia in conferences, round tables and events, aims to facilitate collaboration between sector players in meeting daily challenges.

As in 2017, Rocalia will be held on the same dates as the landscaping, gardening and sports grounds show Paysalia. The goal is to create a synergy between two closely interdependent professional sectors which often work closely together in landscaping and construction projects.

Ask for your free badge at [www.salon-rocalia.com](http://www.salon-rocalia.com) with code PPART.





# ROC ALIA

SALONE DELLA PIETRA  
NATURALE

3-4-5 | DICEMBRE | 2019  
EUREXPO LIONE, FRANCIA

## immagina la pietra

**RICHIEDETE IL VOSTRO BADGE  
D'INGRESSO GRATUITO**

su [www.salon-rocalia.com](http://www.salon-rocalia.com) inserendo il codice

**PPPAG**

CONTATTO +33 (0)4 78 176 324  
[rocalia@gl-events.com](mailto:rocalia@gl-events.com)

[salon-rocalia.com](http://salon-rocalia.com)



Organizzato da

Partner associato



**pierreactual**  
MATERIAUX COUVERTES TECHNIQUES



Società / Name ..... **BELFORTGLASS S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Work-shops*

Indirizzo / Address.....

Via Regione Fornace, 10

15070 Belforte Monferrato (AL) - Italy

Tel. +39 0143 86244

Fax +39 0143 835528

www.belfortglass.it

info@belfortglass.it

Resp. Comm. / Sales Manager    Sig. Mauro Bovone

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

*Operativity Market Branch*

- Utensili diamantati per applicazioni nei settori:  
*Diamond tools for application in the sectors:*
- ◆ Vetro / Glass

## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

*Main Product Lines*

Mole diamantate a legante metallico e resinoidi per il vetro  
*Diamond wheels at metallic and resinoid binders for glass*

costruite con / *manufactured with:*

- LEGANTI METALLICI SINTERIZZATI / *Sintered metal binders*
- LEGANTI RESINOIDI / *Resinoid binders*



# TAKE YOUR GLASS BUSINESS TO THE NEXT LEVEL

**1/4 October**  
**2019 fieramilano rho**

[www.vitrum-milano.com](http://www.vitrum-milano.com)

**VITRUM**  
The must-attend event  
for your biz

[www.vitrum-milano.com](http://www.vitrum-milano.com)  
[www.facebook.com/VitrumMilano](https://www.facebook.com/VitrumMilano)  
[twitter.com/vitrummilano](https://twitter.com/vitrummilano)

Secretariat  
Via Petitti 16 - 20149 Milano Italy  
Tel. +39 0233006099  
Fax +39 0233005630  
[vitrum@vitrum-milano.it](mailto:vitrum@vitrum-milano.it)



*Ministero dello Sviluppo Economico*



**FIERA MILANO**



# Vitrum 2019 è alle porte: numeri da record e tante novità

Si prospetta un Vitrum al completo per l'edizione 2019, con numeri ampiamente positivi rispetto alla precedente edizione

“I risultati sono decisamente positivi” - afferma il presidente di Vitrum Dino Zandonella Necca - “I metri quadri confermati per questa edizione sono cresciuti dell'8% rispetto al 2017, si è registrato un aumento del 5% degli espositori, con ben 41 nuove aziende che non avevano mai esposto prima, o che tornano a Vitrum dopo due o più anni di assenza. Sono numeri che esplicitano il grande lavoro iniziato nell'edizione precedente per offrire un'esperienza

fieristica perfettamente costruita sulla base delle esigenze degli operatori di settore”.

Sul sito Vitrum è disponibile un file aggiornato degli espositori che hanno definito la loro iscrizione, ognuno dei quali con l'indicazione degli Specialized di riferimento.

Proprio i 12 Vitrum Specialized, novità per eccellenza di Vitrum 2019, hanno ottenuto un ottimo riscontro da parte degli espositori, che ne hanno colto la strategicità per inca-



## Vitrum 2019 is just around the corner: record numbers and innovations

Vitrum 2019 promises to be a sold-out event, with even more encouraging numbers than for the previous edition

“The numbers are overwhelmingly positive,” observes Vitrum President Dino Zandonella Necca; “the confirmed space for this edition is 8% higher than in 2017 and there has been a 5% rise in the number of exhibitors, including 41 new companies that have never exhibited here or are returning to Vitrum after two or more years of absence. These data are a reflection of the immense effort begun at the previous edition to construct a perfectly planned trade show experience based on the needs of industry professionals”.

An updated file is available on the Vitrum website listing the exhibitors who have confirmed their participation, each

one with its own Specialized information:

The 12 Vitrum Specialized logos - quintessential innovation for Vitrum 2019 - are extremely popular with exhibitors, who have understood and embraced the strategic importance of the themed pathways in channeling visitor interest.

Expectations are also high surrounding the hosted buyers, the most numerous contingent of international Top Buyers in the show's history, made possible through the support of the Ministry of Economic Development and ITA (Italian Trade Agency), boosting the sales opportunities for all exhibitors at the show.

The on-line catalog of exhibitors at Vitrum 2019 is also now

nalare gli interessi dei visitatori attraverso percorsi tematici. Grande attesa inoltre per l'Incoming della più numerosa delegazione di Top Buyer internazionali della storia dell'evento fieristico, resa possibile grazie al supporto del Ministero dello Sviluppo Economico e di ICE Agenzia, ulteriore elemento di grande opportunità commerciale per tutti gli espositori presenti.

È ora disponibile anche il catalogo on-line degli espositori a Vitrum 2019, in cui è possibile effettuare ricerche puntuali sulla base della ragione sociale e per parole chiave.

È attiva anche per questa edizione la funzione "Salva nel mio Notebook" presente in ogni scheda espositore e che consente di memorizzare le aziende di interesse per una più rapida consultazione e per organizzare al meglio la propria visita.

"Tra le novità dell'edizione 2019 segnaliamo inoltre l'Area Start-Up, dedicata all'innovazione tecnologica e produttiva dell'intera filiera del vetro, e l'Area Agents and Dealers, spazio dedicato ad agenti, rappresentanti e produttori internazionali" afferma il direttore di Vitrum Laura Biason.

"Anche per quest'anno abbiamo attivato la piattaforma MatchMaking per mettere a disposizione di tutti uno strumento che consenta di facilitare e intensificare le occasioni di contatto e di business, offrendo la possibilità a ogni operatore di pianificare il calendario degli incontri sulla base delle proprie categorie di interesse", conclude Laura Biason.

La cornice del Salone internazionale verrà arricchita dai Seminari e Workshop di approfondimento sui temi cruciali, di interesse generale e specifico del mondo del vetro, e da una mostra culturale diffusa che delizierà espositori e visitatori con opere in vetro di artisti di fama internazio-

nale.

In calendario anche per l'edizione 2019 l'evento "What's hot in glass processing", in programma il 2 ottobre alle 14.30 presso la nuovissima Meeting Area del padiglione 7, dedicato alle aziende che vorranno presentare al pubblico di Vitrum le loro ultime innovazioni e soluzioni tecnologiche.

Un appuntamento particolarmente gradito nel 2017 che si configura già con le prime adesioni uno showcase imperdibile di novità e opportunità di crescita.

Quest'anno Vitrum propone infine la Serata Espositori, evento esclusivo per offrire un momento di svago e un'ulteriore occasione di networking e di interazione in un contesto più rilassato, consentendo di conciliare business e leisure.

Gli operatori possono richiedere il proprio pass d'ingresso direttamente dal sito Vitrum: [www.vitrum-milano.com](http://www.vitrum-milano.com).



Dino Zandonella Necca, Vitrum President

available and specific searches can be conducted based on company name and keywords.

The "Save in My Notebook" function that appears in all the exhibitor profiles makes it possible for visitors to save company names of interest for easier consultation and more efficient organization of their time at the show.

"Among the many noteworthy innovations for the 2019 edition are the Start-Up Area, dedicated to technological and production innovations for the entire glass supply chain; and the Agents and Dealers Area, a space set aside for agents, representatives and international manufacturers," explains Vitrum Director Laura Biason.

"The MatchMaking platform is active again this year, another means of facilitating and enhancing the opportunities for industry professionals to do business, make contacts and schedule meetings based on their categories of interest", concludes Biason.

A series of in-depth Seminars and Workshops on key topics of general and specific interest to the world of glass further enhances the show, along with a pervasive cultural exhibit that will delight exhibitors and visitors alike with glass works by internationally famed artists.

Also on the calendar is the "What's hot in glass processing"

event, set to take place October 2nd at 2:30 pm in the brand-new Meeting Area in Pavilion 7 where companies will present their latest innovations and technologies to the Vitrum audience. Especially popular in 2017 and, given the list of 2019 participants, the event already promises to be a must-see showcase of innovations and growth opportunities. This year Vitrum is also offering an Exhibitor Evening - an exclusive night of entertainment - and an opportunity to network and connect in a more casual setting designed for business and pleasure.

Industry professionals can request their free Vitrum admission pass at the following website: [www.vitrum-milano.com](http://www.vitrum-milano.com).





## OSSERVATORIO SAIE BARI 2019

# 2° semestre 2019: circa la metà (42%) delle imprese che operano nell'edilizia vuole creare nuovi posti di lavoro

Formazione, innovazione e digitalizzazione saranno al centro di SAIE Bari 2019, la fiera dell'edilizia per il mercato del Centro e Sud Italia

**N**otizie positive sul fronte occupazione per il settore edilizia. Secondo i dati elaborati da Senaf in occasione di SAIE Bari, la nuova edizione della fiera biennale delle tecnologie per l'edilizia e l'ambiente costruito 4.0 (24-26 ottobre 2019, Nuova Fiera del Levante di Bari), tra agosto e ottobre sono 91.780 i lavoratori previsti in entrata. Le indicazioni positive sono confermate anche dalla prima edizione dell'Osservatorio SAIE, che racconta lo stato di salute delle aziende di produzione e distribuzione di prodotti/ servizi per l'edilizia nel primo semestre 2019, approfondendo anche le previsioni per i prossimi sei mesi.

Dall'indagine emerge che, nel 2018, il 34% delle imprese ha visto crescere la propria forza lavoro rispetto all'anno precedente. Il numero di addetti è rimasto poi complessivamente stabile per il 56% degli intervistati, mentre solo il 10% ha registrato un calo. C'è ottimismo per il 2019: il 42% degli imprenditori si aspetta un incremento del personale entro fine anno, mentre il 48% crede che non subirà grossi cambiamenti. Nonostante le buone intenzioni, dagli imprenditori arriva comunque un segnale chiaro rivolto alle amministrazioni, con il 77% che ritiene critico il costo della forza lavoro. Quali saranno le figure professionali maggiormente richieste nel secondo semestre 2019? Al primo posto gli impiegati (marketing, amministrazione, commerciale ed altre aree), con il 39%. Seguono gli operai altamente specializzati (22%) e gli operai non specializzati (21%). Ambiti anche gli specialisti digital/BIM (10%), oltre ai manager/quadri (6%).

La nuova sfida dell'edilizia riguarda proprio la digitalizzazione. Quasi 8 aziende su 10 ritengono di aver intrapreso un percorso di trasformazione digitale, mentre solo il 22% è ancorato ai vecchi standard. Le nuove sfide del mercato richiedono, infatti, nuove professionalità. Per trovarle le aziende si indirizzano verso agenzie di ricerca del personale (57%), università (35%), inserzioni (27%), Istituti

tecnici (21%), società di consulenza (17%), concorrenti (15%), uffici di collocamento (14%), istituti e scuole professionali (9%).

E per valorizzare il capitale umano? Il 44% delle aziende ritiene essenziali i servizi dedicati al personale (career steps, ecc.), mentre per il 40% la strategia vincente è investire in formazione.

A proposito di formazione, quanto investono le aziende? Il 92% delle aziende dichiara di puntare su questo aspetto. Il 27% sostiene, in particolare, di aver investito in formazione "fino a 10 ore", il 35% "da 11 a 20 ore", il 18% "da 21 a 30 ore", il 3% "da 31 a 40 ore" e il 9% "oltre le 40 ore".

Fa riflettere, in questo senso, come siano decisamente più soddisfatti delle performance aziendali gli imprenditori che dedicano un numero di ore maggiore alla formazione dei propri dipendenti (ad esempio, il 69% di chi investe oltre 40 ore lavorative è felice dell'andamento economico della propria azienda, contro il 31% di chi investe fino a 10 ore).

"Innovazione, formazione e trasformazione digitale sono temi centrali per l'edilizia e sarebbe sbagliato analizzarle separatamente" commenta Emilio Bianchi, Direttore Generale di SAIE Bari.

"Nuove tecnologie creano nuove competenze, che a loro volta generano nuovi posti di lavoro. La ripresa del settore delle costruzioni, come emerso dall'Osservatorio SAIE, passa proprio da qui. SAIE Bari vuole essere il catalizzatore del percorso di trasformazione in atto. Un'occasione unica per mostrare le eccellenze del comparto attraverso iniziative speciali e ad un format fortemente innovativo, ma anche un luogo di confronto e di crescita per le imprese, grazie soprattutto agli eventi formativi volti a rafforzare conoscenze e competenze tecnico-professionali."

Per maggiori informazioni su SAIE Bari:  
[www.saiebari.it](http://www.saiebari.it)

## SAIE BARI

Tecnologie

per l'edilizia e l'ambiente costruito **4.0**

I percorsi di **SAIE**

Gestione Edificio  
e riqualificazione  
edilizia

Impianti tecnici  
in edilizia

Trasformazione  
urbana, Infrastrutture  
e territorio

Digitalizzazione  
e BIM

In contemporanea con



**FESTIVAL  
EDILIZIA  
LEGGERA**



**dal 2001** La 1° fiera sul condominio **expo  
CONDominio ITALIA**

Progetto e direzione

 **senaf**  
MESTIERE FIERE

 **tecniche nuove**

 **Bologna  
Fiere**

In collaborazione con

 **NUOVA FIERA  
DEL LEVANTE**

Seguici su



[WWW.SAIEBARI.IT](http://WWW.SAIEBARI.IT)

**INFORMAZIONI  
PER ESPORRE:**

Tel.: 02-332039460

E-mail: [info@saiebari.it](mailto:info@saiebari.it)



Società / Name ..... **CUTS DIAMANT S.r.l.**

Stabilimento e Laboratori

*Plant and Work-shops*

Indirizzo / Address.....

Via Torricelli, 24

43015 Noceto (PR) - Italy

Tel. +39 0521 625320

Fax +39 0521 627152

[www.cutsdiamant.com](http://www.cutsdiamant.com)

[info@cutsdiamant.com](mailto:info@cutsdiamant.com)

Amministratore Unico & Direzione

*Commerciale / Managing Director*

*& Sales Manager*

Mario Cavazzoni

## SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA

### *Operativity Market Branch*

- Utensili diamantati per applicazioni nei settori:  
*Diamond tools for application in the sectors:*
  - ◆ Edilizia / *Building*
  - ◆ Ingegneria Civile / *Civil Engineering*
  - ◆ Demolizione Controllata / *Concrete Sawing & Drilling*

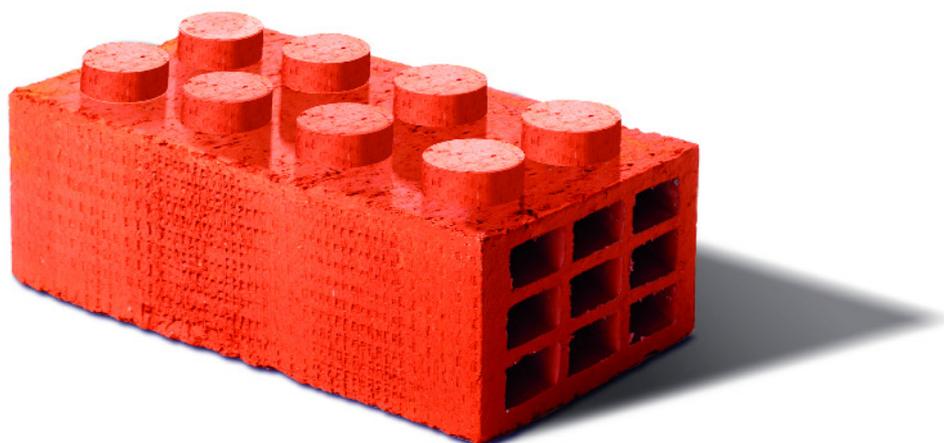
## LINEA PRINCIPALI PRODOTTI

### *Main Product Lines*

- ◆ Dischi diamantati, platorelli diamantati e mole diamantate  
*Diamond blades, diamond grinding cups and diamond grinding blades*
- ◆ Foretti diamantati  
*Diamond core bits*
- ◆ Carotatrici e accessori per carotaggio  
*Machines and accessories for core drilling*
- ◆ Macchine tagliagunti, macchine per compattazione e lisciatura  
*Joint cutters, machines for compaction and finishing*
- ◆ Mototroncatori, motoseghe, scanalatori, trivelle  
*Cut-off saws, chain saws, wall-chasers, augers*
- ◆ Taglierine  
*Table saws*



# Re — stru ctura.



**Poniamo le basi del tuo business.**

**14 - 17 novembre 2019**

tutti i giorni dalle 9.30 alle 19.30  
**LINGOTTO FIERE OVAL, TORINO**

**Scarica l'accredito operatore gratuito o il coupon sconto su**

**[WWW.RESTRUCTURA.COM](http://WWW.RESTRUCTURA.COM)**





## CONCRETE SAWING ONLY CHOICE TO UPGRADE DFW

CSDA CONTRACTOR HELPS TO REMOVE AND REPLACE 40-YEAR OLD AIRPORT RUNWAY

**T**he Dallas-Fort Worth International Airport (DFW) is the ninth-busiest airport in the U.S., with nearly 1,000 flights arriving and departing daily serving over 69 million travelers each year.

Aircraft take off and land from seven runways, all of which are the original runways from the airport's construction in 1973. Airport officials determined that Runway 17C-35C was in need of replacement, and a CSDA contractor was chosen to provide a solid surface for takeoff and landing. General Contractor Austin Bridge & Road headed up this massive project. Over 115,000 square yards of runway and taxiway needed to be removed and replaced without damaging the adjacent runways or damaging the substructure. This included replacing the Portland Cement Concrete (PCC)

keel along with some taxiway replacements for a total shoulder reconstruction.

Austin Bridge & Road called on CSDA member Diamond Drilling & Sawing Company of Denver, Colorado to assist with the runway removal and replacement.

Non-destructive testing methods were used by DFW officials to determine that there were many damaged concrete panels on the runway in need of repair. Airport runways are costly and logistically challenging to shut down, so a method to quickly and efficiently remove the damaged runway sections was needed.

Concrete sawing with diamond tools was the chosen method, as this method would protect the underlying structures and base under the Portland Cement Concrete Pavement (PCCP)



## Demolizione con utensili diamantati per l'ammodernamento del DFW

CONTRACTOR CSDA ALL'OPERA PER RINNOVARE UNA VECCHIA PISTA DELL'AEROPORTO

L'aeroporto internazionale di Dallas-Fort Worth (DFW) è il nono aeroporto più trafficato degli Stati Uniti, con quasi 1.000 voli giornalieri, tra arrivi e partenze, e una media di oltre 69 milioni di viaggiatori ogni anno. Gli aerei utilizzano per il decollo e l'atterraggio sette piste, le stesse dalla costruzione avvenuta nel 1973. I responsabili della gestione dell'aeroporto lo scorso anno decisero che la pista 17C-35C aveva bisogno di essere rinnovata e per i lavori di demolizione della pavimentazione hanno scelto un appaltatore CSDA.

Come general contractor dell'intero progetto è stata incaricata la Austin Bridge & Road. Si trattava, nel complesso, di rimuovere e sostituire oltre 100.000 metri quadrati, tra pista di volo e via di rullaggio, senza danneggiare la sotto-

struttura e le piste adiacenti.

Questo ha incluso la sostituzione delle pavimentazioni rigide in cemento Portland (PCC) insieme ad alcune vie di rullaggio per un rinnovamento totale.

La Austin Bridge & Road ha scelto per le operazioni di taglio la Diamond Drilling & Sawing di Denver, in Colorado, membro CSDA.

I responsabili del DFW hanno utilizzato dei metodi di prova non distruttivi per individuare le testate in calcestruzzo della pista che necessitavano di essere sostituite.

Le piste aeroportuali sono costose e logisticamente difficili da chiudere, quindi era necessario trovare un metodo rapido ed efficiente per rimuovere le sezioni danneggiate. Alla fine è stata scelta la demolizione con utensili diaman-





tati, poiché questa tecnica avrebbe protetto ed evitato danni alle strutture poste sotto le pavimentazioni rigide in cemento Portland (PCCP). Inoltre, demolire la pista in sezioni che potevano essere poi facilmente rimosse, permetteva di svolgere i lavori in tempi rapidi.

La parte del progetto che riguardava il taglio è iniziata il 24 maggio 2018. Il primo passo è stato quello di sezionare le testate PCCP in modo che il general contractor le potesse, poi, trasportare fuori dal cantiere per lo smaltimento. Tali sezioni misuravano 2,5 x 2,5 x 0,45 metri e pesavano circa 7 tonnellate.

Per questo lavoro sono state utilizzate delle tagliasuolo diesel Husqvarna 7000, Husqvarna 99HP e Lissmac 138HP. Il diametro dei dischi diamantati, prodotti da Diamond Products e Lissmac, variava da 50 a 120 cm.

Una volta tagliate, le sezioni sono state rimosse con degli escavatori, mentre per i fanghi di lavorazione si sono usati degli aspiratori. Terminata questa fase, il general contractor ha potuto procedere con la realizzazione delle nuove pavimentazioni PCCP.

La Diamond Drilling & Sawing Company (DDSC) si è, poi, occupata del taglio del cemento fresco per la realizzazione dei giunti con delle Tagliasuolo Husqvarna 8500, equipaggiate con dischi da 50 cm della Diamond Products.

I giunti sono stati, successivamente, allargati e smussati per poi essere sigillati. Quando necessario, anche in zone della pista che non erano state toccate, il sigillante esistente è stato rimosso e sostituito con Crafcoc Mastic One. Nel complesso, questo progetto ha totalizzato 110.000 metri di taglio delle testate, con uno spessore di 45 cm.



Panoramica della pista 17C/35C durante i lavori  
*Long view of runway 17C/35C during the project*

from damage. Additionally, sawing the runway into sections that could then be removed, allowed the damaged sections to be removed quickly and would not require the base material to be replaced.

The sawing portion of the project commenced on May 24, 2018. The first step in this process was to cut the PCCP into sections that were able to be removed by the general contractor. These sections measured 8.3 by 8.3 by 1.5 feet and weighed approximately 16,000 pounds.

Husqvarna 7000, Husqvarna 99HP and Lissmac 138HP Diesel slab saws were used to make these cuts.

Blades ranged from 20 to 48 inches and were purchased from Diamond Products and Lissmac. Once the sections were cut, they were removed by excavators.

All slurry on the jobsite was removed using vacuums.

After all cut sections were removed, the general contractor

was able to pour the new PCCP slabs.

Diamond Drilling & Sawing Company (DDSC) then performed green cutting with Husqvarna 8500 Rider slab saws as required using 20 inch blades from Diamond Products.

The next step was to widen and bevel the joints and then seal the joints with a compression seal.

When needed, existing joint sealant was removed in areas of the runway that had not been removed and those joints were re-sealed with Crafcoc Mastic One material.

In total, this project totaled 4,400,000 inch-feet of slab sawing, 17.5 inches thick. Sixty thousand linear feet of new joints were widened and sealed, and 160,000 linear feet of existing joints were resealed.

The project took about 8 months, concluding at the end of January 2019. The project was completed within the project time and budget. DDSC was awarded additional work in the

Sono stati creati e sigillati 1.500 metri di nuovi giunti e risigillati 4.000 metri di esistenti.

Il progetto è durato circa 8 mesi e si è concluso alla fine di gennaio 2019, entro i tempi previsti e rispettando il budget.

Dato l'ottimo lavoro svolto la DDSC è stata premiata con delle commesse aggiuntive, per cui l'ordine iniziale è stato modificato e le sono stati richiesti nuovi preventivi. Gli altri metodi considerati per la rimozione delle sezioni danneggiate della pista includevano l'utilizzo di escavatori con martelli idraulici, o mega demolitori, ma entrambi avrebbero causato danni alla sottostruttura e danneggiato le testate adiacenti che non necessitavano di interventi. Inoltre, questi metodi avrebbero prodotto molta polvere e detriti, di conseguenza, il taglio cemento con gli utens-

li diamantati è stato ritenuto il migliore per quel lavoro. DDS ha dovuto superare molte sfide in questo progetto, incluso il fatto di doversi attenere al rigoroso programma previsto dal general contractor, dagli ispettori e dalla FAA. Gli operatori della DDS dovevano precedere le squadre incaricate della rimozione e rispettare i tempi previsti per garantire che la pista non rimanesse chiusa più del necessario.

“Creare un rapporto di fiducia con il general contractor e gli ispettori è stato estremamente importante per il successo del nostro lavoro. Gerald Johnson (supervisore DDSC) e Jim Zappavigna (direttore degli appalti nazionali della DDSC) hanno svolto un lavoro davvero eccellente”, ha dichiarato Matt Wiersma, Presidente e CEO di DDSC.

In tema di sicurezza, occorre evitare gli scivolamenti e



Furgoni con l'equipaggiamento in fila pronti ad iniziare la giornata di lavoro  
*Trucks carrying equipment are lined up ready to get the day started*

form of a change order and was requested to provide additional quotes for extra work on the project.

Other methods considered for removing the damaged portion of the runway included using hydraulic hammers on excavators or eight-foot mega stompers, but both of those methods would have caused damage to the sub-base materials and could have damaged adjacent PCCP that was designated to remain in place. Also, those methods would have created more dust and debris, so concrete sawing was determined the way to go.

DDS had to overcome many challenges on this project including coordinating a tight schedule with the general contractor, inspectors and the FAA. DDS crews had to remain ahead of the removal crews and stay on schedule to ensure the runway was not closed longer than needed. “Building a working relationship with the general contractor

and the inspectors was extremely key in the success of our portion of the work. Gerald Johnson (DDSC super) and Jim Zappavigna (DDSC Director of National Contracts) did an excellent job on this project” said Matt Wiersma, President & CEO of DDSC.

Safety concerns included minimizing slips and falls, as the wet, flat concrete surface became very slippery when slurry was present. Operators had to make sure they were cautious while moving about the jobsite and in and out of their work trucks. All appropriate PPE was worn, blade guards and water were used to control silica dust and crews had to be vigilant to the weather - sawing operations had to be suspended when there was lightning in the area.

Clay Stark, Senior Project Manager for Austin Bridge & Road, said the general contractor was thrilled with the results of the project.



le cadute, dato che la superficie liscia del cemento diventava molto insidiosa nel momento in cui veniva bagnata ed era presente del liquame.

Gli operatori dovevano muoversi con cautela all'interno del cantiere e prestare attenzione nel momento in cui salivano o scendevano dai camion.

Sono sempre stati indossati tutti gli adeguati dispositivi di sicurezza personale e utilizzate delle protezioni e l'acqua per controllare la polvere di silice. Inoltre, gli operatori dovevano controllare il meteo e, ad esempio, sospendere le operazioni di taglio nel caso di temporali dato il rischio legato ai fulmini.

Clay Stark, Senior Project Manager di Austin Bridge & Road, ha dichiarato che il general contractor è rimasto entusiasta dei risultati del progetto.

“La Diamond Drilling & Sawing Company ha svolto un lavoro fantastico di demolizione e taglio. Sono stati anche

molto utili nella sigillatura dei giunti del nuovo calcestruzzo”, ha commentato.

Non è la prima volta che un membro del CSDA è chiamato per l'ammodernamento di una pista di un aeroporto. Nel 1999, all'aeroporto internazionale di Hartsfield-Jackson di Atlanta, in Georgia, furono rimossi e sostituiti 2.700 metri di pista in 34 giorni, un lavoro che all'epoca veniva considerato impossibile.

Allorché sono necessari velocità, precisione e accuratezza, le aziende membre del CSDA dimostrano che la demolizione con gli utensili diamantati è sempre il metodo migliore per procedere con successo.

I viaggiatori, nelle aree interne ed esterne dell'aeroporto di Dallas-Fort Worth, negli anni a venire potranno trarre grandi benefici dalla qualità della nuova pista 17C-35C, grazie a Diamond Drilling & Sawing Company.



“Diamond Drilling & Sawing Company did a fantastic job on the demo sawing. They also helped us out by being able to perform the joint sealing of the new concrete,” he commented. This isn't the first time a CSDA contractor has been called in to replace a major airport runway.

In 1999 at the Hartsfield Jackson International Airport in Atlanta, Georgia, 9,000 feet of runway was removed and replaced in 34 days, a job that at the time was deemed impossible (see sidebar).

When time, precision and accuracy are needed, these CSDA contractors have shown that concrete sawing with diamond tools is the best way to get the job done.

Travelers in and out of the Dallas-Fort Worth area for years to come will benefit from the quality of the new 17C-35C runway, thanks to Diamond Drilling & Sawing Company.

#### ATLANTA RUNWAY PROJECT PAVES THE WAY FOR A NEW STANDARD IN CONCRETE REMOVAL

In 1999, a CSDA contractor was tasked to assist in removing a 9,000 foot runway at the Hartsfield Jackson International Airport in Atlanta. The job involved sawing 6 million inch-feet of concrete and removing 20,150 concrete panels averaging 16 to 22 inches thick. The cost per day of having a major runway shut down was \$500,000, so it was extremely important to compete this project quickly and efficiently.

Traditional demolition methods for removal would have been initially less expensive at \$35-\$39 million, but with a 6-month timeframe, the cost of having a runway shut down

for that length of time would have exceeded \$75 million.

Operators from all over the country converged in Atlanta to work together to make this project a success.

In the end, over 213,000 tons of concrete was removed, with each of the panels weighing 21,150 pounds, and over 6 million inch-feet of cuts were made.

This removal technique allowed 97 percent of the subbase to be utilized for the new runway and the project was completed two days ahead of schedule.

#### COMPANY PROFILE

Diamond Drilling & Sawing Company is headquartered in Denver, Colorado celebrating 60 years in 2019.

They have been in business since 1959 and with the current ownership since 1989, and a CSDA member since 1995.

Their fleet consists of approximately 50 trucks.

Diamond Drilling & Sawing Company is a full service contractor for slab sawing, wall sawing, wire sawing, core drilling and surface grinding. They also offer GPR imaging, structural demolition, including full bridge and bridge deck removal, saw and seal repair, control joints, crack sealing, spall repair and panel replacements.

#### RESOURCES

**General Contractor:** Austin Bridge & Road.

**CSDA Contractor:** Diamond Drilling & Sawing Company.

**Methods Used:** Slab Sawing, Joint Cutting & Sealing.



# THE ONE LAS VEGAS SHOW YOU NEED TO SEE



**NORTH AMERICA'S LARGEST  
CONSTRUCTION TRADE SHOW**

**CONEXPOCONAGG.COM**

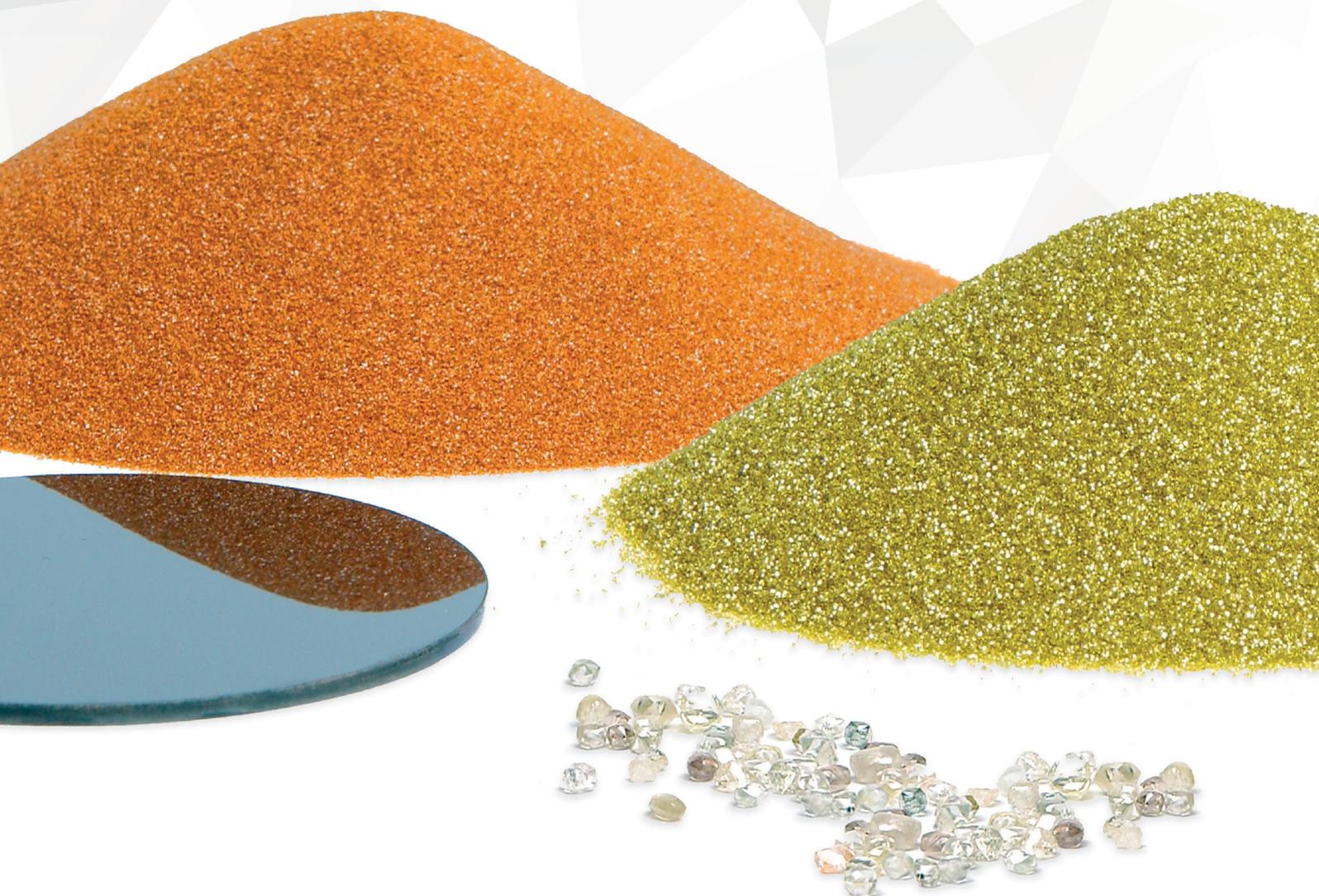
**MARCH 10-14, 2020 | LAS VEGAS, USA**



# POLIGEM

## A New solution

Since 1996 leaders in Superabrasives



**POLILAB**  
INDUSTRIAL DIAMOND ANALYSIS

Poligem S.r.l.  
Via Ernesto Rizzi, 13/P - 20077 Melegnano - Mi - IT  
☎ +39 02 98238060 📞 +39 348 2226286

✉ info@poligem.it  
Follow us on Linked 

[www.poligem.it](http://www.poligem.it)