Anno 30 n° 115
www.gmassdiamante.com

DIAMANTE

APPLICAZIONI & TECNOLOGIA

Pubblicazione trimestrale - Marzo 2024 - 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

HIGH QUALITY SINTERING

ELETTRON Progetto Energia s.a.s.

Strada Orsina, 8 - 29122 PIACENZA (ITALY)
Tel. +39 0523 617752 - Fax +039 0523 571296
www.hp.elettron.net - email: info@hp.elettron.net

HP100

Pre-alloyed
metal powders

Advanced Materials
by Mechanical Alloying

Metal Bond Powders
for your innovation

- IRON BASED PRE-ALLOYS
- COBALT SUBSTITUTES
- FREE SINTERING POWDERS
- SELF-BRAZING SOLUTIONS
- ECO-FRIENDLY MATERIALS
- CARBIDE REINFORCED

www.mbn.it

MBN Nanomaterialia S.p.A.
Via G. Bortolan 42, 31050 | Vascon di Carbonera TV | Italy
T. +39 0422 447311
info@mbn.it

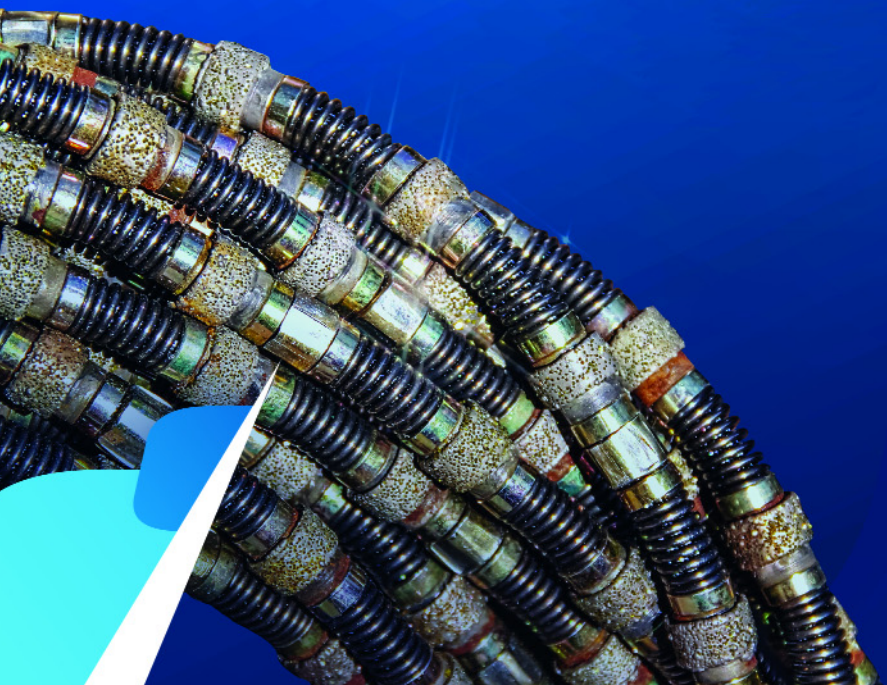
Entirely produced in Italy

MBN nanomaterialia®

MWS
COOL FURNACES

Linea STR per sinterizzazione

STR Line for sintering



EMAIL
info@mwsforni.it

TEL
0424 588088

WWW
mwsforni.it

FAX
0424 219731

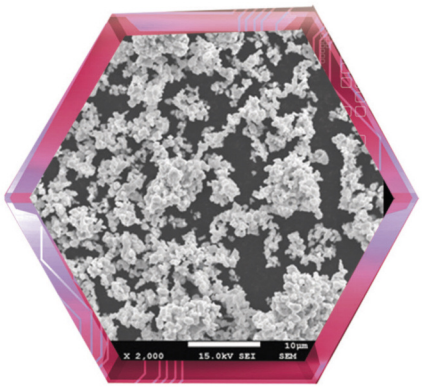
MWS S.r.l. - Forni Industriali
Via Don Peruzzi, 26/G 36027 ROSA' (VI)

Ultrafine Pre-alloyed Powder by Hydrometallurgy

FOR DIAMOND TOOLS

MITOPOWDER

Porous morphology
High sintering activity
Excellent cold pressing ability



PRE–ALLOYED POWDER
FOR FREE SINTERING

ULTRAFINE COBALT–BASED
PRE–ALLOYED POWDER

ULTRAFINE COBALT–FREE
PRE–ALLOYED POWDER

0086 417 3258880

www.mitopowder.com

william@mitopowder.com

No.3 Yinggang road, Xishi Dist.,Yingkou, Liaoning, China 115000

prodotti per utensili diamantati | saldatura | metallizzazione | laminazione

dal 1977

40th ANNIVERSARY 1977-2017

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

grafica: digit s.r.l. - www.digitb2b.it

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

Immagine di Copertina / Cover Page
"Quality diamond for brilliant tools"
by CERATONIA

Primo Piano / *In the Spotlight*

10 CERATONIA, il vostro partner di successo per la fornitura di soluzioni in diamante e cBN / *CERATONIA, your partner for excellent diamond and cBN solutions*

14 Il settore della pietra naturale in trepidante attesa della 29ª Marble Izmir *Natural stone sector waits the 29th Marble Izmir*

18 Mitopowder, mai smettere di perseguire l'eccellenza e di fare scoperte rivoluzionarie / *Mitopowder, never stop pursuing excellence and making groundbreaking breakthroughs*

20 ESSEGI MARMI, una storia di oltre 160 anni, un futuro all'insegna dell'innovazione

24 Marmomac 2024: il business e il networking globale nell'industria della pietra naturale / *Marmomac 2024: elevating business and global networking in the natural stone industry*

26 *Stone+tec and Tile+tec 2024: the industry highlight in Nuremberg*

Superabrasivi / *Superabrasive*

34 Sviluppo di compositi in PcBN a basso contenuto di cBN mediante SPS *Development of low PcBN composites by SPS*

Geologia / *Geology*

46 L'oro della Lapponia: dalle leggende alla realtà industriale *Lapland gold: from legends to industry*

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.

Pubblicazione Trimestrale
115ª Edizione - Marzo 2024

ISSN 1824-5765

In Copertina / Cover page:
CERATONIA GmbH & Co. KG
An der Lohwiese, 29
97500 Ebelsbach, Germany
technic@ceratonia.com
www.ceratonia.com

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:
J.R. Croteau
R. Duempert
C.M. Fernandes
B. Ferrari
D. Figueiredo
R. Mineiro
A. Müller
D. Kossakowski
S. Leinonen
T. Pelletiers
A. Roch
J. Rodrigues
A.J. Sanchez-Herencia
A.M.R. Senos
M. Zanon
e gli Autori citati.

Stampa: Tipografia Sagittario Snc, San Michele al Tagliamento (VE)

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

Registro Operatori di Comunicazione n°33624 (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

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.

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.

Sinterizzazione / *Sintering*

62 Fabbricazione a fusione di filamento di leghe non ferrose
Fused filament fabrication of non-ferrous alloys

Demolizione Selettiva / *Concrete Cutting*

72 Carotaggio in una miniera di sale... in compagnia degli orsi!
Salt mine core drilling... with bears!

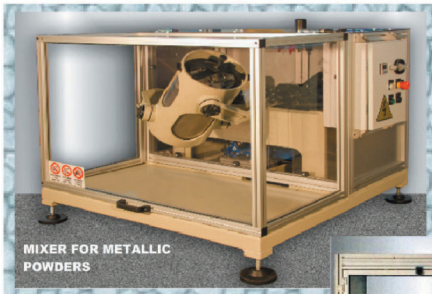
Subscription Diamond Estimators

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

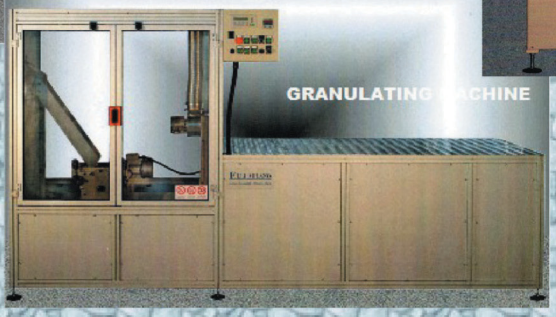
EPMA european powder metallurgy association

Inserzionisti / Advertisers

INS.1	ATAL	12-13	MARBLE 2024 - Izmir	29	Schede Tecniche Vademecum
35	BI-MU 2024 - Milano	1	MBN NANOMATERIALIA	44	Schede Tecniche Vademecum
7	FRATELLI MILANO	23	MARMOMAC 2024 - VERONA	61	Schede Tecniche Vademecum
INS.1	G.B. F.LLI BERTONCELLO	9	MEGA DIAMANT	77	Schede Tecniche Vademecum
17	GIC 2024 - Piacenza	3	MITOPOWDER		
INS.2	EPMA 2024 - Malmö	2	MWS FORNI	I COP.	CERATONIA
33	INTERMAT 2024 - Paris	45	SAIE 2024 - Bologna	II COP.	ELETTRON
2	INTERMETAL			III COP.	STONE+TEC 2024 - Nuremberg
INS.2	LINBRAZE			IV COP.	POLIGEM


MIXER FOR METALLIC POWDERS

MFP70


GRANULATING MACHINE

VOLUMETRIC COLDPRESS 6T

Fratelli Milano S.r.l.

Machines for the production of diamond tools

GRINDING MACHINE FOR DIAMOND BEADS

PLASTICIZING MACHINE

GRINDING MACHINE FOR DIAMOND WIRE

FRATELLI MILANO S.R.L.
Frazione Vai, 1/b
10084 Forno Canavese (TO) - Italy
Tel. +39 0124 77266

MARMO+MAC
THE BIGGEST STONE + DESIGN + TECHNOLOGY TRADE FAIR

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

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

MEMBERS

Marco Actis Grande, Full Professor in Metallurgy, Rector's Advisor for the Alessandria Campus, Department of of Applied Science and Technology, Politecnico di Torino, Italy.

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

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, Associate Professor 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.

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

N.B. Dhokey, Professor of Metallurgical Engineering, Department of Metallurgical Engineering, Govt. College of Engineering, Shivajinagar, Pune, India.

Ernesto Dossena, Mechanical Engineer. R&D, Production and Application Development Consultant for Diamond Tools.

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 Kracow, 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.

MEGA DIAMANT

Diamond Wire Technology

contact: +39 338.1800375

www.megadiamant.com

CERATONIA, il vostro partner di successo per la fornitura di soluzioni in diamante e cBN

di Reiner Duempert, Ceratonia GmbH

Da quasi tre decenni, CERATONIA è un partner affidabile nella commercializzazione di diamanti monocristallini, polveri di diamante e soluzioni in cBN (nitruro di boro cubico) di alta qualità.
La nostra ampia gamma di prodotti spazia dalle granulometrie micro, a quelle grossolane per il taglio, alle pietre ed è, quindi, in grado di soddisfare una moltitudine di applicazioni industriali.
L'indipendenza e l'esperienza maturata negli anni hanno permesso a CERATONIA di diventare un distributore affidabile e rispettato nell'industria dei superabrasivi, anche a livello globale.
Attraverso una consulenza individuale e grazie alla nostra profonda competenza in materia di lucidatura, rettifica, lavorazione, levigatura e ravvivatura, siamo in grado di fornire soluzioni personalizzate in base alle vostre specifiche esigenze.
Siamo particolarmente orgogliosi, ad esempio, di aver introdotto sul mercato il nostro CERADITE PCD (diamante policristallino), un prodotto di altissima qualità offerto con varie composizioni (matrice), granulometrie e spessori.
CERADITE PCD può essere fornito in placchette rotonde standard, oppure può essere tagliato in base alle necessità del cliente, ed è previsto anche un servizio espresso di consegna in caso di urgenza.
Tra i migliori risultati raggiunti dall'azienda, nei primi 15 anni di attività, va ricordato anche il lancio sul mercato europeo dei famosi CERADRESS e CERATON.
Questi successi, oltre all'ingresso nell'azienda dei due figli del fondatore, garantiscono continuità e costituiscono una solida base su cui costruire un futuro di costante innovazione.
L'obiettivo principale di CERATONIA, tuttavia, rimarrà sempre lo stesso: fornire prodotti di alta qualità in base alle specifiche esigenze dei clienti.

CERATONIA, your partner for excellent diamond and cBN solutions

by Reiner Duempert, Ceratonia GmbH

For almost three decades, we at CERATONIA have been dependable business partners for high-quality monocrystals, diamonds and cBN (cubic boron nitride) solutions. Our comprehensive product range spans from finest micro grains to robust saw grains and stones, catering to a multitude of industrial applications.

Our independence and the extensive experience have made us a respected distributor in the diamond industry, now even on a global scale. With individual consultation on equal terms for both sides, we guarantee you to always find the best solution for your applications.

With our profound expertise in polishing, grinding, machining, honing, and dressing, we offer tailored solutions for your specific requirements.

We take particular pride in our contributions to the field of CERADITE PCD (polycrystalline diamond), where we deliver top-quality products ranging from premium rounds to custom cuts - and even offer express service to promptly meet your needs.

The introduction of our renown products CERADRESS and CERATON to the European market within the first 15 years of our existence stands out as one of our best achievements. Continuation of CERATONIA by the two sons as successors of our family business, coupled with these achievements, enables us to steadily build upon this success in the years to come.

CERATONIA's top priority, however, will remain the same: deliver high quality products according to the customer's specific technical requirements, through the trustworthy and discreet exchange of essential information.

Join our selective client base, for a reliable partnership where your happiness and satisfaction are our main task when it comes to quality diamonds for brilliant tools!

MARBLE İZMİR FAIR

NATURAL STONE • TECHNOLOGIES

29th MARBLE İZMİR International Natural Stone and Technologies Fair

17-20 APRIL 2024

fuarizmir

HOSTING: İZMİR METROPOLITAN MUNICIPALITY | TUNÇ SOYER

ORGANIZER: İZFAS

UNDER PATRONAGE OF: REPUBLIC OF TÜRKİYE MINISTRY OF TRADE

SUPPORTERS: KOSGEB | ESBAŞ | İMİB

PARTNER: eib AEGEAN EXPORTERS' ASSOCIATIONS | TÜMMER | ufi | USE NATURAL STONE | Turkey Discover the potential | Turkish Stones

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

EARTH'S
TIMELESS TREASURE

Natural stone sector waits the 29th Marble Izmir

Marble Izmir - International Natural Stone and Technologies Fair, the largest global meeting of the natural stone sector, will bring the sector together in Fair Izmir between 17-20 April 2024.

The sector's demand for Marble Izmir, which will be held for the 29th time this year, is intense both domestically and abroad. Marble Izmir, which will be held with more than 1000 participants in an area exceeding 150 thousand square meters, will continue to be a hope for the sector this year with the trade volume it provides with participants and visitors from Türkiye and all over the world.

Marble Izmir International Natural Stone and Technologies Fair, hosted by Izmir Metropolitan Municipality and organized by İZFAŞ, will continue to be the gateway of Turkish natural stone to the world in 2024.

Marble Izmir, a pioneer with its participants from all over the world and the number of local and foreign visitors, will continue to contribute to the natural stone industry, which has reached its 2 billion dollar export target, to reach new targets.

ONLY NATURAL STONE AND NATURAL STONE PRODUCTS, MACHINES AND TECHNOLOGIES WILL BE EXHIBITED

This year, in line with the decision taken upon requests from sector representatives, only natural stone, natural stone products, machinery and technologies will be exhibited at the fair. All indoor and outdoor areas were made available to participants this year as well.

While all natural stone companies were located in the closed halls of Fair Izmir at the fair, a large part of Hall C and the entire Hall D were allocated to machinery and technology companies. The block marble area was also arranged as it was last year.

Marble Izmir, which has been a member of the International Fairs Association (UFI) since 1998, is of great importance for Turkish natural stone to open up to the world, increase its market share and reach new markets.

The feedback and requests received from more than a thousand companies participating in the Marble Izmir Fair, which hosts all forms of natural stone and machines, are also meticulously evaluated. Work continues throughout the year by collaborating with all representatives of the sector in order to provide fair services at international standards and to improve Marble Izmir brand.

This year, the fair is expected to create a larger trade volume than in previous years and create a very strong export potential.

The interest and demand for the fair strengthens the natural stone sector on international platforms and reinforces Türkiye's leadership in this field.

IT WILL CONTRIBUTE TO NATURAL STONE EXPORTS

While the total natural stone exports were 77 million dollars in the first year of Marble Izmir Fair, which brought the natural stone sector together at Kültürpark in 1995, Türkiye's natural stone exports increased to 2 billion dollars over the years with the contribution of the fair.

The sector improved the fair and the fair improved the sector and Marble Izmir became the lifeblood of natural stone exports over the years. In addition to Türkiye's advantage of having one-third of the world's reserves in the natural stone sector, as well as its richness of colors and patterns, natural stone exports have contributed approximately 20 billion dollars to the Turkish economy in the last 10 years.

With the contribution of the fair, processed natural stone exports constituted 62.72% of all natural stone exports in 2023. Marble Izmir Fair, which started with 47 local participants in Kültürpark in the first year and hosted 4 thousand 719 people, reached 1015 participants, 167 of which were from abroad, last year, and hosted a total of 79 thousand 153 visitors from 148 countries, 9 thousand 56 of whom were foreigners.

TRADE VOLUME WILL INCREASE WITH THE BUYERS

As in previous years, buyer programs will be organized this year with the export support of the Ministry of Commerce and the cooperation of different exporters' associations. Hundreds of sector professionals from the target countries will be hosted within the scope of the foreign buyers program. B2B meeting programs, which will be organized during the fair, will enable participating companies to meet with customers quickly and effectively. In addition to the buyer program, it is estimated that nearly 10 thousand foreign sector professionals will visit the fair. Companies participating in Marble Izmir will also be able to benefit from the supports of the Ministry of Commerce, Izmir Chamber of Commerce and KOSGEB, if they comply with the conditions.

There will be marble, granite, travertine, onyx, limestone, diabase, andesite, basalt, mining consumables, factory and workshop consumables, mining machinery, construction machinery and heavy equipment, factory and workshop machinery, environmental protection, recycling and Earnings systems, sectoral organizations and magazines, IT and software companies, transportation and logistics

services, financing and credit services, public and official institutions, associations, unions and NGOs, media institutions and organizations in Marble Izmir.
The visitor profile of the fair is natural stone processing machinery and technologies dealers and wholesalers, natural stone applicators, construction and contracting companies, project management and consultancy companies, building inspection companies, architecture offices, construction markets, building materials wholesalers, retailers and distributors, construction machinery dealers and wholesalers, mining and natural stone companies from all over the world.
In line with the demands of the participating companies, visitor works are carried out in a wide geography, especially in America and European countries.
In this context, we also cooperate closely with our trade attachés in the USA, Europe, Asian countries, the Middle East and Russia.

MARBLE MOBILE APPLICATION INFORMS AND PROVIDES CONVENIENCE

Marble Izmir mobile application, prepared last year, will continue to be an informative guide this year as well.
The application will inform everyone from all over the world who has heard of Marble Izmir and wants to come, to buy and to be informed about the products.
All information about Marble Izmir and the companies can be accessed through the application, which can be used on phones and smart devices. The application, which can be downloaded to mobile phones and tablets from both the Apple Store and Google Play and which is in Turkish and English, will provide convenience to exhibitors and visitors.

"NOVEL" DESIGNS COME TO LIFE WITH MARBLE IZMIR

Within the scope of the fair; interviews, events, workshops, etc. works, and a natural stone design competition are also organized. Marble Izmir brings together young designers with innovative companies of the sector with the International Novel Natural Stone Design Competition, which is held for the 6th time this year.
The original designs to be implemented in the competition, which aims to increase natural stone exports with high added value products supported by design and architecture and to reveal the innovative face of Turkish natural stone in the market, will meet the visitors at Marble Izmir.
The projects of young designers from different countries that make it to the finals as a result of the jury evaluation will be implemented by the innovative companies of the sector, and the award winners will be announced at the 29th Marble Izmir.

MARBLE ABUNDANCE WILL BE EXPERIENCED

In addition to contributing to the sector and its sub-sectors, exports and employment, Marble Izmir will also have a positive impact on the city and country's economy in many areas from tourism to accommodation, from transportation to the food and beverage sector, as in previous years.
Local and foreign participants and visitors who will come to the city for the fair will make the abundance of Marble felt in Izmir.

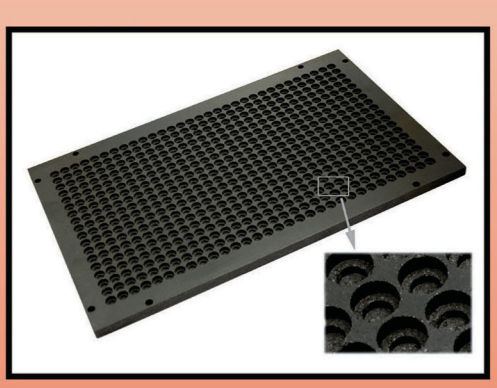
ATAL Srl

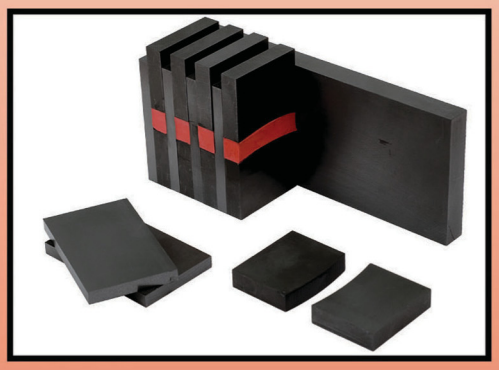
dal 1977

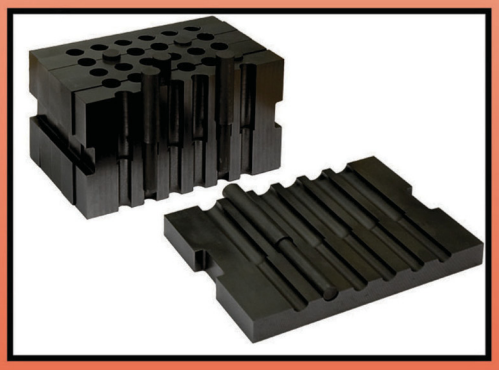
progettare e lavorare la grafite

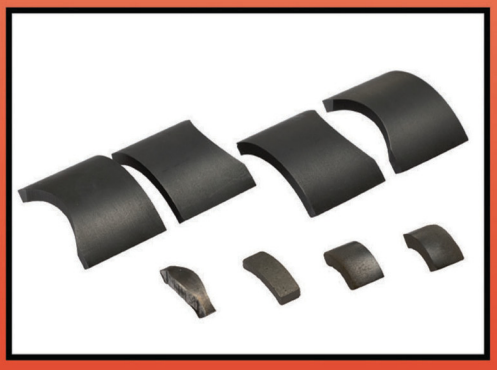
PRODUZIONE DI PARTICOLARI IN GRAFITE DI ALTA QUALITA' PER LA SINTERIZZAZIONE DI SEGMENTI DIAMANTATI

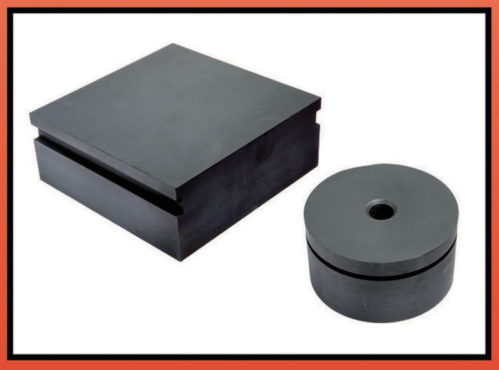
PRODUCTION OF HIGH QUALITY GRAPHITE PARTS FOR DIAMOND SEGMENT SINTERING

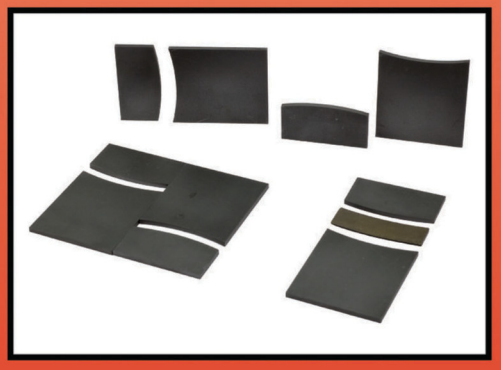












Via Libero Grassi, 3/5/7
20056 TREZZO S/A (MI) - ITALY
Tel. ++39 02 90964116
Fax ++39 02 90964096

www.atalgrafiti.com

info@atalgrafiti.com

DNV·GL

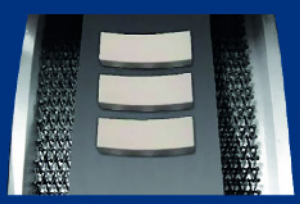
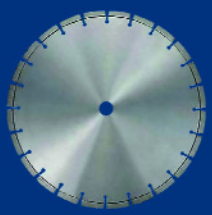
MADE IN ITALY

F.LLI BERTONCELLO

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

HALLMARK FOR FREE SINTERING

MORE THAN 60 YEARS OF EXPERIENCE

G.B. F.LLI BERTONCELLO

G.B. F.lli Bertoncello S.r.l. Via Col Roigo, 22 Z.I. 36060 Romano d'Ezzelino (Vicenza) Italy
T +39 0424 31852 - F +39 0424 510478 - gb-bertoncello.com - gb.bertoncello@gb-bertoncello.com

THE BIGGEST EUROPEAN EXHIBITION & CONFERENCE SPECIFICALLY DEDICATED TO THE CONCRETE AND MASONRY INDUSTRIES

Fiera certificata
An exhibition audited by
ACCREDIA ISF CERT 126/2022

5th Edition

18-20 April 2024
Piacenza - Italy

GIC®

GIORNATE ITALIANE DEL CALCESTRUZZO E DEGLI INERTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE

AMONG THE CONFIRMED EXHIBITORS AT GIC-ITALIAN CONCRETE DAYS 2024

SERMAC, TYROLIT, MAPEI, EUROMECC, OMG, CIFA, MASTER BUILDERS SOLUTIONS, IMER, LA NORD, SIMEM, I.I.C., HYDRO-TEC, CAMS, BFT, CHRYSO, FIP, SICOMA, CAMS INDUSTRIALE, BROKK, CHIMICA EDILE, SIPE, BLUE MOLDS, AGUSTO GIUSEPPE, WACKER NEUSON, BLEND, BIANCHI, AVANT, SEA TECHNOLOGY, ALFA, CME, CGM, EDILTECO, edizioni PEI, MEV, Ateikon, Husqvarna, von arx, Trimmer, DiaKat, PASINI, TJEP, MMCT, Gennaretti GETECH S.R.L., BOAT LIFT, Sika, DI.MA., SMERI, CONDOR, MAPEX, pappadà, DALECOM, DIAMANTE, Putzmeister, SIG, TURBOSOL, FERROCEMENTO, ROFIX, LUPATO meccanica, POCCI, damilano group, Colle, BETONBLOCK, MALNATI, ROCCHI, TEKNOLEV, COSMIX BUCHER municipal, RATEC, MCF CONCRETE MIXERS, SPI, RIVOLTA PONTEGGI, UNIFER, CONCRETE SOLUTION ITALIA, EFFRETTI, PHILIPPGRUPPE, RULMECA, DALCOM, dorner, cprgiunti, ALMACRAWLER, peikko, HAWIFLEX, DIAMOND PAUBER, TI TECNOIDEA, ROMFRACHT STEEL FIBERS, TSURUMI PUMP, betoncolor, COPLAN, RECKLI, Elettrondata, la matassina, NOVATEC, EDILMATIC, TIEPPO, PET, adermalocatelli, BICert, quickjet, DMAT, DRYKOS, Bolondi, Biemme, acciai di qualità, beba, ELETTRO SIGMA, FIBROCEV, klin system, Hydronix, TIZIANO PARUSSOLO, AMADIO&C, SENNEBOGEN, tutto per l'imballo, youtrade, MOVIMATICA, Federchemicals, maestro, PROGRESS GROUP, ASTRA, SAMER, SCANMASKIN, CFRM, espi, Bekaert, AQUAJET, darda, ArcelorMittal, IPM, KTI, Paver, NR COOLING services, FTMH, janser, BetonMec, LACUBIERA, SYSTEM, plasmacem, GEFRAN, GEDILCO, ekan, DIMAG, GIANT, OVIP, DAF, ROALD, CONJET, MAUROSERVICE, elkon, AZ tech, RM, Thwaites, NERON PUMPS, rental, TOPP & SCREED, CONSTRUCTION europe, TWIN DISC, HAMMELMANN, URBAN TECH ITALIA, DRAGFLOW, econac

Supporting Associations at GIC-ITALIAN CONCRETE DAYS 2024

Federbeton CONFINDUSTRIA, ITALY aci CHAPTER, AIPnD, ANCEFERR, assoprem, Consiglio Nazionale Geometri e Geometri Laureati, CONFAPI INDUSTRIA PIACENZA, CONFINDUSTRIA PIACENZA, ALIG, ASSOBETON, ANEPLA, CEPI, ASSODIMI ASSONOLO, ISI, ATECAP, CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI, aif jre Associazione Imprese Fondazioni, ASSOFOND, Abesca, ANVER, Green Building Council Italia, ASSOTIC, IPAE, UPA FEDERIMPRESA

International Patronages

EDA EUROPEAN DEMOLITION ASSOCIATION, EWJI European Water Jetting Institute, ARPHO, AEPC, ACRP, afeci

MEDIA POINT

For info and stand bookings: www.gic-expo.it

ph. +39 010 5704948 - info@gic-expo.it

PIACENZAEXPO

Mitopowder, mai smettere di perseguire l'eccellenza e di fare scoperte rivoluzionarie

Yingkou Mitopowder Technology Co. Ltd è presente da molti anni nel settore della metallurgia delle polveri ed è stata una tra le prime aziende cinesi ad aver prodotto polveri pre-legate ultrafini, con particelle di dimensione micron tramite idrometallurgia.
L'azienda si concentra sulla ricerca e sviluppo di polveri metalliche per utensili diamantati, studiando a fondo le caratteristiche delle matrici in modo da soddisfare le diverse esigenze applicative dei molti clienti e promuovendo, in tal modo, anche l'innovazione scientifica dell'intera industria.
Mitopowder fornisce polveri prelegate ultrafini con e senza cobalto, polveri prelegate per la saldatura laser e polveri prelegate per la sinterizzazione libera. Tutti i prodotti garantiscono ottime caratteristiche in termini di morfologia, porosità, comportamento durante il processo di sinterizzazione ed elevata capacità di pressatura a freddo.

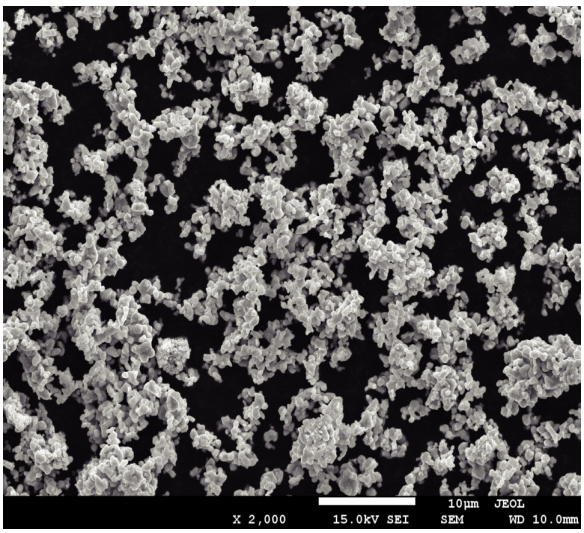
POLVERI PRE-LEGATE SENZA COBALTO
I prodotti della serie M3 sono stati appositamente progettati nel pieno rispetto della sostenibilità ambientale, senza tralasciare l'aspetto economico.
Queste polveri presentano una granulometria più fine, una maggiore omogeneità e una maggiore densità di sinterizzazione.
Sono adatte per un'ampia gamma di utensili diamantati come perline, punte per perforazione, segmenti da taglio e utensili per lucidatura.

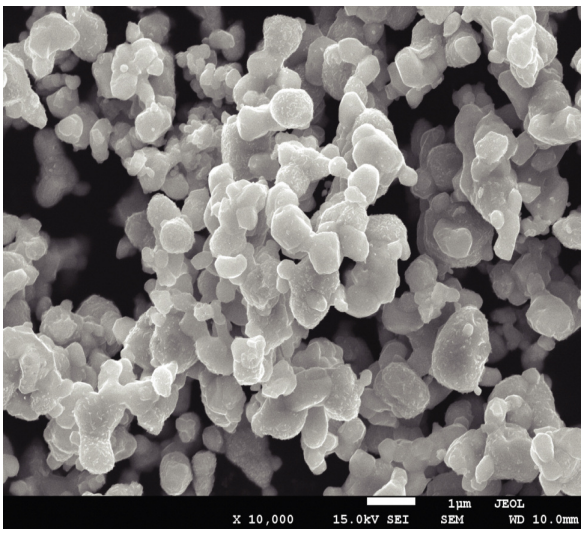
POLVERI PRE-LEGATE A BASE COBALTO
I prodotti della serie M6 sono adatti per un'ampia gamma di utensili diamantati come perline, corone, segmenti da taglio e utensili per lucidatura.
Hanno una granulometria più fine, una maggiore omogeneità, una forte capacità di ritenzione del diamante garantendo un'elevata sporgenza.

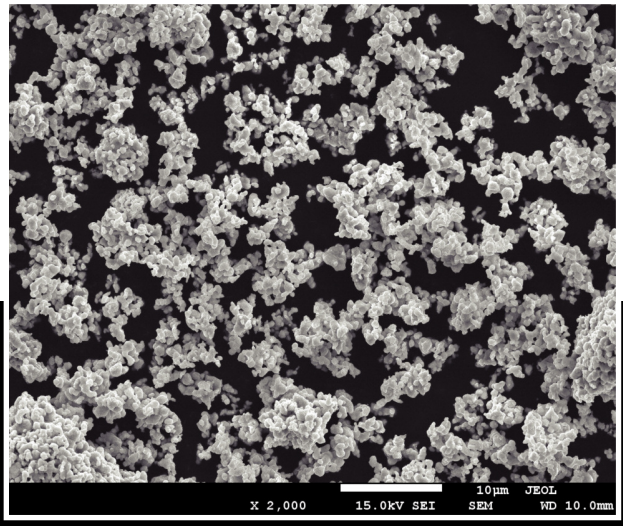
POLVERI PRE-LEGATE PER SALDATURA LASER
I prodotti della serie M7 sono specificamente progettati per le applicazioni di saldatura laser (a riporto) e permettono un'alta adesione e una bassa temperatura di sinterizzazione.

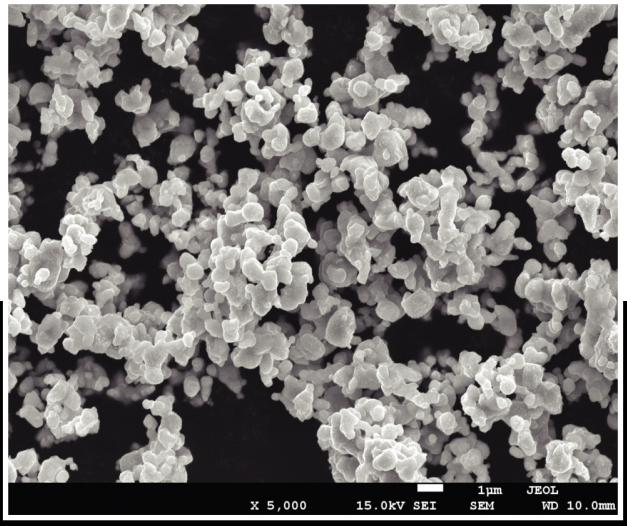
POLVERI PRE-LEGATE PER SINTERIZZAZIONE LIBERA
I prodotti della serie M8 sono adatti per un'ampia gamma di lame diamantate, segmenti e perline e possono essere utilizzati in forni per la sinterizzazione libera. Con questo processo è possibile semplificare la metodologia di produzione e migliorare la produttività, riducendo il costo della manodopera e dello stampo in grafite.
Le polveri pre-legate della Mitopowder specifiche per la sinterizzazione libera, incluse quelle autobrasanti per le perline diamantate, presentano un'eccellente capacità di sinterizzazione e un'elevata resistenza alla saldatura.

www.mitopowder.com









Mitopowder, never stop pursuing excellence and making groundbreaking breakthroughs

Yingkou Mitopowder Technology Co., Ltd as the pioneer manufacturer of micron-sized ultrafine pre-alloyed powder with hydrometallurgy, has many years of experience in powder industry.
We focus on the R&D and production of matrix powder for diamond tools, deeply study the characteristics of diamond tools, satisfy the professional matrix powder demands of different customers, promote the scientific development of diamond tools industry.
Mitopowder manufactures ultrafine Cobalt-free pre-alloyed powder, Cobalt-based pre-alloyed powder, Laser welding pre-alloyed powder, Free sintering pre-alloyed powder with advantages of porous morphology, high sintering activity and excellent cold pressing ability, etc.

COBALT-FREE PRE-ALLOYED POWDER

M3 Series products are specially designed considering the environmental protection and more cost-effective.
It has more finer particle size, greater homogeneity and higher sintering density. M3 Series products are suitable for a wide range of diamond tools, such as beads, drill bits, cutting segments and polishing tools.

COBALT-BASED PRE-ALLOYED POWDER

M6 Series products are suitable for a wide range of diamond tools, such as beads, core bits, cutting segments and polishing tools. It has more finer particle size, greater homogeneity, strong diamond retention and high protrusion.

LASER WELDING PRE-ALLOYED POWDER

M7 series products are specially designed for laser welding (backing) application with higher welding strength, lower sintering temperature.

FREE SINTERING PRE-ALLOYED POWDER

M8 series products are suitable for a wide range of diamond saw blade,segments,wire beads etc.
The M8 series pre-alloyed powders can be used with free sintering furnaces. It could simplify the manufacture methodology, reduce the cost of manpower and graphite mold, improve the productivity, etc.
Mitopowder free sintering pre-alloyed powder including the self-brazing powder for wire saw beads with excellent sintering activity and high welding strength.

BRAND PHILOSOPHY

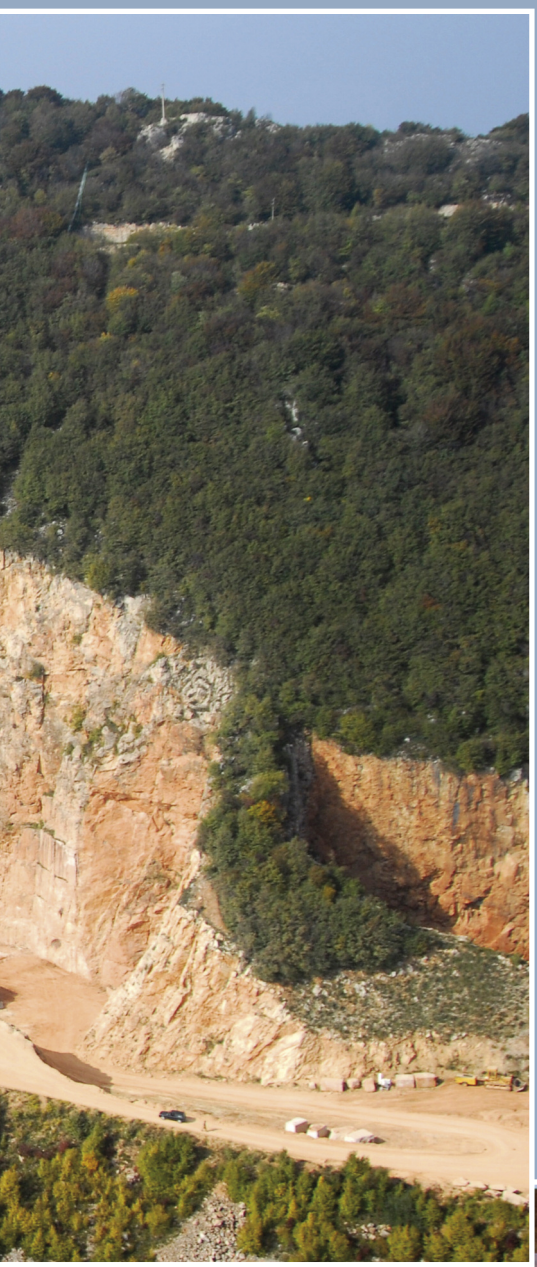
Enterprise is not only creator of social wealth, but also the consumer of natural resources. As a commercial organisation, an enterprise cannot be independent of public interests and its operational behavior must have social significance. Therefore, Mitopowder has taken social responsability since its establishment by providing high-quality products and services through a standardized management system.
We always believe integrity is the core of an enterprise development, quality is the foundation, innovation is the future and cooperation is the soul.

ESSEGI MARMI, una storia di oltre 160 anni, un futuro all'insegna dell'innovazione

dal racconto di Cristina, Laura, Paolo e Mauro Savoia

Tradizione, passione ed innovazione sono le tre colonne portanti dell'essere "Azienda" secondo la Essegi Marmi, fondata nel 1962 dal Giulio Savoia, che ha avuto il merito di apprezzare e continuare la tradizione familiare di cavatore e scalpellino, risalente al 1820.
Il testimone è passato ai figli Cristina e Laura, responsabili amministrative, Paolo e Mauro, responsabili della produzione e dei rapporti commerciali, che gestiscono la Essegi Marmi mirando ad ottimizzare il patrimonio storico aziendale, costituito da esperienze acquisite in oltre 160 anni.

I tre figli di Giulio Savoia continuano a credere nel valore ineguagliabile della tradizione, che alimenta le energie richieste dai processi innovativi.
Il connubio, tra l'alta tecnologia degli impianti e macchinari CNC e la professionalità dei collaboratori, permette alla Essegi Marmi di eseguire qualsiasi realizzazione in pietra naturale, da grandi opere quali hotel, centri commerciali ed abitazioni private, al più piccolo oggetto.
Per raggiungere i massimi livelli qualitativi nella lavorazione del marmo è indispensabile un'attività produttiva consolidata,



tanta passione ed attenzione ai dettagli, che solo il tempo e l'impiego di materiali pregiati possono dare.
Alle tre colonne portanti si accompagnano altrettanti punti di forza: vivere profondamente la cava, saperne conservare bellezza e produttività, creare valore aggiunto alle meravigliose naturali caratteristiche dei diversi preziosi materiali, trattati attraverso lavorazione altamente tecnologiche, per raggiungere elevati standard qualitativi.
Infatti, operare sui marmi di propria produzione, come la Breccia Pernice, il Rosso Verona e il Verde Alpi, permette alla Essegi Marmi di unire alla qualità delle lavorazioni l'esclusività dei colori, per soddisfare una clientela dai gusti raffinati ed esigente nella fase esecutiva.
La coltivazione, ossia l'asportazione dei blocchi e le operazioni tecniche per la loro trasformazione, è svolta con particolare cura in tutte le sue fasi, dal monte al piano, fasi in cui primeggiano l'abilità dei cavatori e l'impiego della tecnologia più appropriata.
"La cava Breccia Pernice si trova sulle pendici calcaree del Monte Pastello, situata tra la Val D'Adige e la Valpolicella, è stata aperta agli inizi del 1900 e da allora è sempre stata gestita dalla nostra famiglia, non solo è l'unica ancora attiva" - con orgoglio puntualizza Cristina Savoia.
La cava è posizionata vicino al sito produttivo. L'impianto di produzione di Volargne è gestito con molta competenza da uno staff di 10 persone, è sito in moderni capannoni per una superficie di oltre 2000 mq, dotati di macchinari che consentono l'intero ciclo produttivo: telai multilame per la segagione, lucidatrici, frese, contornatrici per taglio e finitura di qualsiasi lavorato, anche complesso e a massello.
L'impiego di moderne macchine CNC, fornite anche di tornio, garantisce di realizzare con precisione vasche, colonne, capitelli, fontane e statue oltre, naturalmente, a pavimenti, scale, piani lavabo, interior design.

www.essegimarmi.it

La Breccia Pernice, nelle sue varie tonalità e sfumature, è come già indicato una produzione esclusiva della Essegi Marmi. La Breccia Pernice è un calcare policromo, brecciato e maculato, con colorazioni che vanno dal rosso intenso al rosa tenue, con venature di vari colori che esaltano l'unicità di questo pregiato marmo veronese. Trattandosi di un materiale con un'ottima lucidità, è adatto soprattutto ad un uso di interior design ed a lavorazioni classiche.
Per Essegi Marmi è un privilegio e un'impostazione fondamentale conoscere e seguire il materiale nell'intero processo di trasformazione, dall'escavazione alle finiture, tanto che i suoi prodotti sono largamente richiesti, sia in Italia che all'estero.

Di riflesso i più importanti progetti realizzati nel tempo e nel mondo da Essegi Marmi, la bellezza della natura in primo piano:
Trump Tower - New York (USA)
Hotel Royal Savoy - Lousanne (Svizzera)
Marina Bay Financial Centre - (Singapore)
Fukuota Hotel - Fukuota (Giappone)
Noga Hilton - Cannes (Francia)
Picadilly Center - Sydney (Australia)
Meridien Hotel - Bahrain (Emirati Arabi)
Dan Hotel - Eilat (Israele)
Four Season Hotel - Berlino (Germania)
Ritz Carlton Hotel - Osaka (Giappone)
Hotel Europa e Regina - Venezia (Italia)
Monte Carlo Hotel - Las Vegas (USA)
Ritz Carlton Hotel - New Orleans (USA)
Ritz Carlton Hotel - Jamaica (Jamaica)
Sheraton Hotel - Amman (Giordania)
Ritz Carlton Hotel - Aspen (USA)
Hotel Hermitage - Cervinia (Italia)
Duomo di Fermo - Macerata (Italia)
Ritz Carlton Hotel - Sarasota (USA)
Hotel Movenpick - Beirut (Libano)
Woodlawn Mausoleum - Miami (USA)
Chiesa di Wil - (Svizzera)
Marriot Hotel - Kuwait City (Kuwait)
One Watermark palace - Miami (USA)
Montecarlo Casinò & Resort - Las Vegas (Usa)
Palazzo Calderari - Lodi - Milano (Italia)
Centro Comm. "Acquario" - Viagnate - Milano (Italia)
Cantina Gorgo - Custoza - Verona (Italia)
Castello dal Pozzo - Oleggio Castello (Italia)
Gold Strike Casinò & Resort - Menphis (USA)
Schloss Stainach - Stainach (Austria)
Caesar Palace - Las Vegas (USA)
Villa Vinaria - Vienna (Austria)
Carlsberg Museum - Copenhagen (Danimarca).

MARMO+MAC

STONE TAKES THE STAGE

24/27 SEPT 2024 VERONA ITALY

MARMOMAC.COM

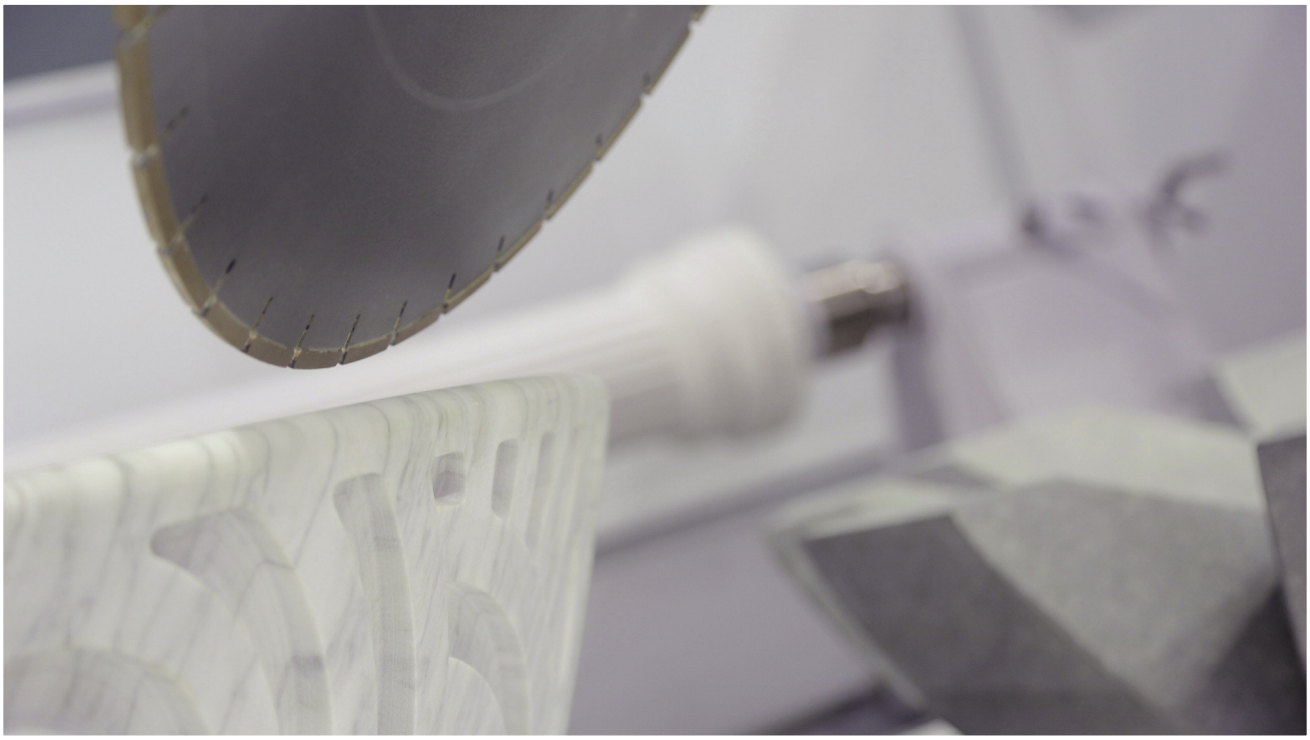
Organized by
veronafiere
Trade shows & events since 1898

VERONAFIERE.IT

Marmomac 2024: il business e il networking globale nell'industria della pietra naturale

La prossima edizione di Marmomac è in programma dal 24 al 27 settembre nel quartiere fieristico di Veronafiere.
Sulla scia del successo delle edizioni precedenti, la prossima 58ª Marmomac intende confermare la sua posizione di principale punto di riferimento internazionale per l'industria lapidea. Nell'ultima edizione, tenutasi a settembre 2023, le aziende espositrici sono state 1.510, il 68% delle quali estere.
La manifestazione ha attirato 51mila visitatori, di cui il 66% proveniva da 138 nazioni, segnando un aumento del 15% rispetto al 2022.
Le opportunità commerciali legate alla pietra sono il centro della rassegna, declinate nelle categorie merceologiche di marmi, pietre, graniti, agglomerati e conglomerati, blocchi di marmo, pietra grezza e grandi formati, macchine e attrezzature per la lavorazione, mezzi di trasporto e sollevamento, abrasivi, utensili diamantati, prodotti chimici e servizi.
L'evento rappresenta l'occasione ideale per gli operatori del settore di conoscere le ultime novità e tecnologie riguardanti l'estrazione, il taglio, la lavorazione, nonché il trasporto della pietra naturale e un momento imperdibile per incontrare i maggiori attori e professionisti nel campo della produzione, lavorazione e distribuzione.
Marmomac anche per il 2024 continua a potenziare le sue proposte culturali, un tratto distintivo dell'evento: la piattaforma offre spazio per la sperimentazione universitaria, mostre culturali e un ampio programma di sessioni di formazione accreditate presso AIA, RIBA e Ordine degli Architetti, oltre a vari approfondimenti.
Questa attenzione per l'arricchimento culturale contraddistingue Marmomac e contribuisce alla sua reputazione come esperienza a trecento sessanta gradi per i professionisti del settore.
Il posizionamento strategico, verso il mercato di fascia alta, prosegue con "A matter of stone", il padiglione commerciale dal layout disegnato dallo studio Calvi e Brambilla e la direzione artistica di Elle Decor Italia.
Questa iniziativa rafforza ulteriormente l'impegno di Marmomac nel mostrare l'eccellenza della pietra naturale, unendo innovazione ed estetica.
Guardando al futuro, la 58ª edizione di Marmomac si attesta come momento cruciale per il settore della pietra naturale: il successo della fiera, infatti, risiede nella sua capacità di fondere armoniosamente affari con il design di prodotto e la cultura, rafforzando il valore aggiunto associato universalmente ai prodotti in pietra naturale.
Marmomac guarda alla sua 58ª edizione, programmata dal 24 al 27 settembre, mantenendo l'impegno di favorire l'innovazione, facilitare le opportunità di business, networking e contribuire all'evoluzione dell'industria della pietra naturale su scala globale.

Photo credits: Veronafiere-EnneviFoto



Marmomac 2024: elevating business and global networking in the natural stone industry

The next edition of Marmomac is scheduled from September 24th to 27th at the Veronafiere Exhibition Center in Verona, Italy.
Following the success of previous editions, the upcoming 58th edition of the fair reaffirms its position as the primary international reference point for the stone industry.
In the last edition, held in September 2023, 1,510 companies participated, of which 68% were international.
The event attracted 51,000 visitors, with 66% coming from 138 nations, marking a 15% increase compared to 2022.
This growth reflects the ongoing global importance and appeal of Marmomac as the leading trade fair in the natural stone sector. The commercial opportunities related to stone remain at the centre of the trade show, presented in the product categories of marbles, stones, granites, agglomerates, conglomerates, marble blocks, raw stone and large formats, machinery and equipment for processing, transportation and lifting means, abrasives, diamond tools, chemicals, and services.
The event represents the ideal opportunity for industry professionals to discover the latest innovations and technologies related to natural stone extraction, cutting, processing, and transportation. Meeting key players and professionals in production, processing, and distribution is an unmissable occasion. In 2024, Marmomac continues to enhance its cultural offerings, a distinctive feature of this event.
The platform provides space for university experimentation, cultural exhibitions, a comprehensive program of accredited training sessions (AIA, RIBA, and Ordine degli Architetti) and in-depth discussions. This commitment to cultural enrichment sets Marmomac apart and contributes to its reputation as a "holistic" experience for industry professionals.
The strategic positioning towards the high-end market continues with "A Matter of Stone", the commercial pavilion featuring a layout designed by the prestigious Calvi e Brambilla studio and artistic direction by Elle Decor Italia.
This initiative further strengthens Marmomac's commitment to showcasing the excellence of natural stone, combining innovation and aesthetics.
Looking to the future, the 58th edition of Marmomac stands out as a crucial moment for the natural stone sector.
The success of the fair lies in its ability to seamlessly blend business with product design and culture, reinforcing the universally associated added value of natural stone products.
Marmomac approaches its 58th edition, scheduled from September 24th to 27th, maintaining its commitment to fostering innovation, facilitating business opportunities, networking, and contributing to the evolution of the global natural stone industry.

Stone+tec and Tile+tec 2024: the industry highlight in Nuremberg

The Stone+tec trade fair presents natural stone in all its facets from 19 to 22 June. As an international centre of excellence for natural stone and stone technology, it attracts trade visitors from all over Europe to Messe Nürnberg. In addition to natural stone and materials and a wide range of products for gravestones, the fair will provide a comprehensive overview of the latest technology in machinery, equipment and tools. A new addition is the Tile+tec fair, which focuses on designing with tiles. The Stone+tec Congress runs in parallel over three days (19 to 21 June) and rounds off the offer.

Around 250 exhibitors are expected at Stone+tec at Messe Nürnberg; in terms of floor space, Stone+tec 2024 will be larger than the previous event.
In three halls as well as the congress area, the events will offer materials, technology, tools and construction chemistry as well as information and offers relating to occupational safety and environmental protection.
Other topics include monument preservation, gravestones and design as well as services. Knowledge transfer and networking with colleagues, partners, service providers and suppliers round off the fair experience.
The fair is aimed at all stone processors from the construction, cemetery, monument and design sectors as well as property developers, planners and architects.

NATURAL STONE MEETS TILE - STONE+TEC AND TILE+TEC IN COMBINATION

For the first time, Tile+tec will take place as part of Stone+tec. This new addition offers a range of products and services relating to design and tile processing and

finishing, thus opening up a further dimension for visitors and exhibitors. An open stage will host specialist presentations on every aspect of tiles and natural stone. On two fair days, a tile seminar will also be organised there by the trade magazine "F+P Fliesen und Platten". This will be open to all visitors.

Stone+tec is continuing to expand, and will be offering an extended range of products for all stone workers from the construction, cemeteries, monuments and design areas in 2024, and also for property developers, planners and architects. Tile+tec will provide content relating to tiles and design, and is the new topic of Stone+tec. The content of the Stone+tec trade fair is now divided into four areas: "Building with natural stone", "Equipment for professionals", "Place of remembrance" and "Design with tiles".

STONE+TEC CONGRESS

Over three days, the Stone+tec trade fair will be accompanied by the congress of the same name (19 to 21 June), which will provide specialist information and expand the fair's programme.

A number of architects' chambers have agreed to recognise the event as a professional development event. On the first two days of the congress (19 + 20 June), the content will be aimed at architects, planners, building and environmental authorities, building trades, property developers, owners and managers of real estate and properties, gardeners and landscapers, restorers, stonemasons and tilers.

The agenda will include specialist lectures and discussion panels regarding "Solid building structures made from natural stone for a more sustainable future" and "The hidden danger - corrosion problems on selected examples."

On Thursday afternoon the hidden danger of corrosion will be revealed using the example of the St. Sebald's church in Nuremberg, whereby the focus will be on medieval construction technology and the Schreyer Landauer epitaph by Adam Kraft.

Using another example, the Holy Cross Church by Heinrich Hübsch in Bietigheim, the restoration of the

tower façade will be explained (runner-up in the 2022 Peter Parler Prize).
Following the theoretical part, day 2 of the congress will conclude with a practical addendum with an excursion to St. Sebald's church in Nuremberg.
On Friday, 21 June, the congress will be concentrating on information for stonemasons and cemetery administrators. Under the title of "Generation Y and Z are rethinking the future of the cemetery," protagonists from Generation Y and Z, futurologist Matthias Horx and psychologist Michael Lehofer will develop a vision of the future for the cemetery.
This day of the congress concerns the status quo of burial, cemetery and mourning culture, and the possibilities of transforming cemeteries into people-oriented places of mourning.
The perspectives of generations Y and Z will be examined from different disciplines, and the association between grief, society and health will be looked at from a psychological perspective. On the afternoon of this day of the congress, the protagonists will collaborate to put together a picture of the future of the cemetery as a place of mourning.
Tickets for the Stone+tec Congress and the Stone+tec trade fair are available in the online ticket shop.
A three-day congress ticket (including admission to the trade fair) is available for 99 Euros.
Tickets for half a day of the congress are available for just 19 Euros (or 29 Euros including admission to the trade fair).

GERMAN NATURAL STONE AWARD AND BIV YOUNG TALENT COMPETITION

The German Natural Stone Award is presented every two years by the German Natural Stone Association (DNV) in cooperation with the Association of German Architects (BDA) and will be awarded for the 21st time at Stone+tec 2024. All nominated projects will be exhibited at the DNV's stand at Stone+tec.
The next generation of stonemasons will offer Stone+tec visitors another highlight: the Vocational Training Centre for Stonemasons and Sculptors and the German Stonemasons' Association are organising their young talent competition at Stone+tec.
Competition participants will be demonstrating their skills in the entrance area in front of the fair.

Stone+tec Nürnberg in combination with Tile+tec will take place on 19 and 22 June 2024 at the Messe Nürnberg. The Stone+tec Congress will be accompanying the fair from 19 to 21 June.

Società / Company.....	**ACOT S.r.l. Unipersonale**
Stabilimento e Laboratori Plant and Workshops Indirizzo / Address.....	Via C. Colombo, 8b 20066 Melzo (MI) - Italy Tel. +39 348 7977600 www.acot.it info@acot.it
Contatti / Contacts	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, produzione di abrasivi resinoidi diamantati per pietre naturali e gres
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

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

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 resinoide 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

VADEMECUM

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 resinoide / 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 anc cBN micropowders.

2024

iNTERMAT.

PARIGI
24 - 27 APRILE 2024

Salone delle soluzioni
& tecnologie sostenibili
per le costruzioni

Tutta la filiera Edilizia
Lavori Pubblici mobilitata
per costruire meglio domani

#de carbo nizza zione

IN CONCOMITANZA
CON IL SALONE

WORLD OF CONCRETE® EUROPE

Ordinate il vostro pass d'ingresso GRATUITO

Oppure con il codice ITAPARPRI24
su **paris.intermatconstruction.com**

#intermatparis

contact@intermatconstruction.com

ORGANIZZATO DA

COMEXPOSIUM

EVOLIS
LES ACTEURS DE L'INDUSTRIE EN MOUVEMENT

SEIMAT

INTERMAT Paris, società SE INTERMAT, capitale di 80 000 €, iscrizione Registro del Commercio e delle Società di Nanterre, n° 339 486 623 di cui la sede sociale è in 70, Avenue du Général de Gaulle – 92058 Paris La Défense Cedex – Francia

© EPMA - European Powder Metallurgy Association
First published in the EURO PM2023 Congress Proceedings

Sviluppo di compositi in PcBN a basso contenuto di cBN mediante SPS

di R. Mineiro[1], J. Rodrigues[2], C.M. Fernandes[2], D. Figueiredo[2], B. Ferrari[3], A.J. Sanchez-Herencia[3], A.M.R. Senos[1]
[1] Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e della Ceramica, CICECO - Università di Aveiro, Aveiro, Portogallo
[2] Palbit S.A., Albergaria-a-Velha, Portogallo
[3] Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIV, Madrid, Spagna

ABSTRACT
Il Nitruro di Boro cubico (cBN), abbinato a matrici ceramiche e/o metalliche, è normalmente utilizzato come fase dura nella produzione di inserti in PcBN (Nitruro di Boro cubico Policristallino), ossia di quegli utensili da taglio impiegati nella tornitura e finitura di materiali ferrosi con elevata durezza.
Mentre i PcBN con alto contenuto di cBN (70-90% in volume) sono prodotti solo attraverso il metodo HPHT (High Pressure High Temperature), quelli con basso contenuto di cBN (40-70% in volume) possono essere consolidati anche mediante Spark Plasma Sintering (SPS), poiché è presente una quantità maggiore di legante.
In questo studio, una polvere micrometrica di cBN è stata combinata con TiCN e Ni al fine di produrre dei compositi; quelli con le migliori caratteristiche sono stati selezionati in base alle indicazioni di un diagramma di fase precedentemente calcolato.
La tecnica SPS è stata utilizzata per il consolidamento termico di diverse composizioni di PcBN, variando il contenuto di Ni fino al 15% in volume.
Infine, è stata eseguita una caratterizzazione della struttura e della microstruttura dei compositi di PcBN in base alla diversa composizione e alla temperatura massima di sinterizzazione SPS.

1. INTRODUZIONE

I materiali in Nitruro di Boro cubico Policristallino (PcBN) sono costituiti da cBN con legante metallico (ad es. Ti, Al, Ni, Co) e/o ceramico (ad es. TiCN, TiC, TiN) e sono solitamente ottenuti mediante tecniche ad alta pressione e alta

Development of low PcBN composites by SPS

by R. Mineiro[1], J. Rodrigues[2], C.M. Fernandes[2], D. Figueiredo[2], B. Ferrari[3], A.J. Sanchez-Herencia[3], A.M.R. Senos[1]
[1] Department of Materials and Ceramic Engineering, CICECO - Aveiro Materials Institute, University of Aveiro, Portugal
[2] Palbit S.A., Albergaria-a-Velha, Portugal
[3] Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIV, Madrid, Spain

ABSTRACT
Cubic boron nitride (cBN) is normally used as the hardest phase of composites, together with ceramic and/or metallic matrixes, to form PcBN (Polycrystalline cubic Boron Nitride) materials applied in machining and finishing operations.
While high PcBN (70-90 vol% cBN) is only produced by HPHT (High Pressure High Temperature) techniques, low PcBN (40-70 vol% cBN) can also be consolidated by SPS (Spark Plasma Sintering) since higher volume of binders are present. In this work, a cBN micrometer powder is combined with TiCN and Ni to produce composites with hard matrix phases, predicted by the calculated phase diagram.
The SPS technique is used for the thermal consolidation of different PcBN compositions with a varied content of Ni, up to 15 vol%. A structural and microstructural characterization of the PcBN composites was performed for different compositions and maximum SPS temperatures.

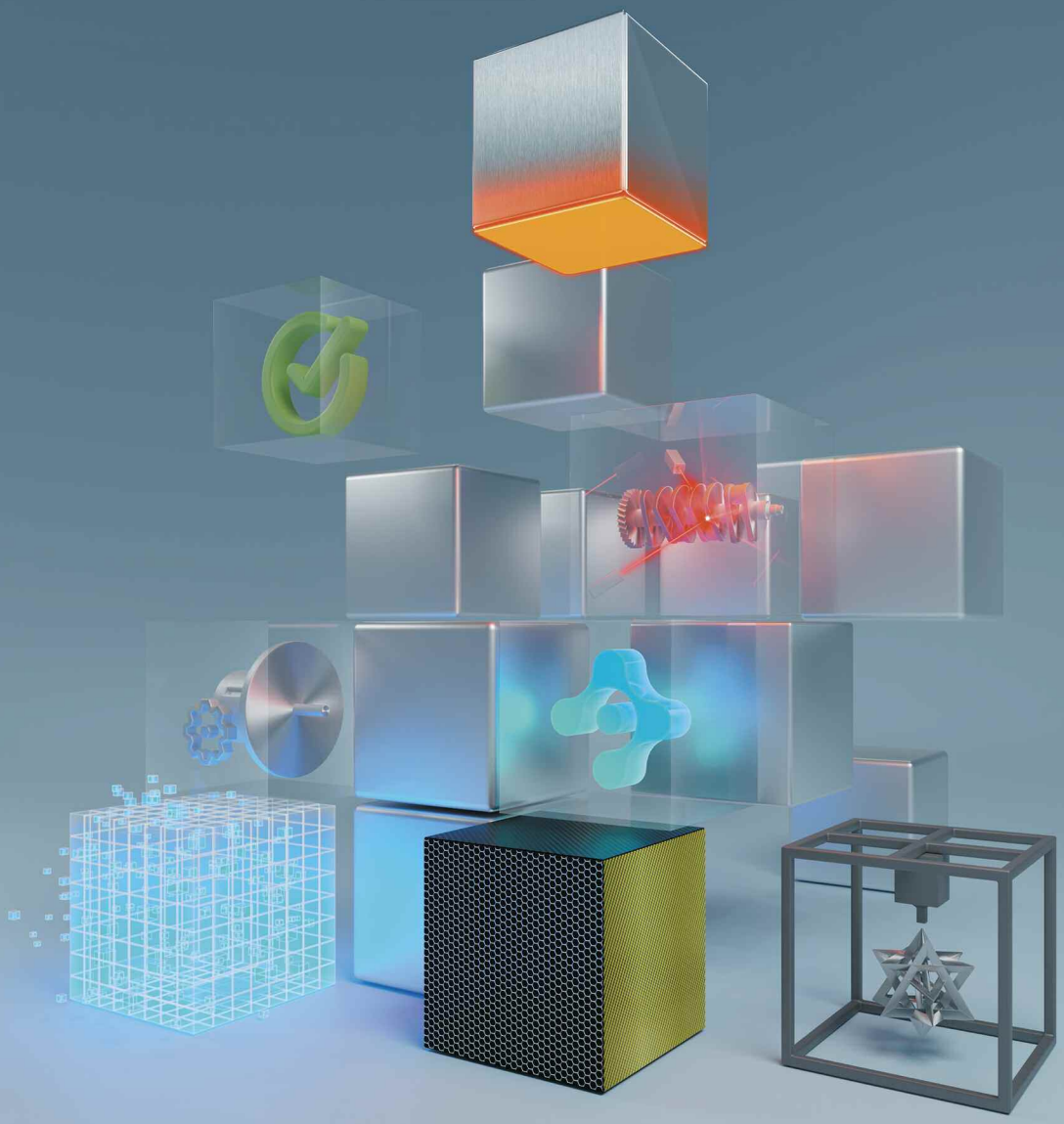
1. INTRODUCTION

Polycrystalline cubic Boron Nitride (PcBN) materials consist of cBN with metallic (e. g. Ti, Al, Ni, Co) and/or ceramic binders (e. g. TiCN, TiC, TiN), and are usually processed by high pressure and high temperature (HPHT) techniques [1-3]. Due to the great variety of possible binders, the use of thermodynamic tools allows an engineering of the composites being developed, through the prediction of stable phases in

34 bimu
fieramilano
9-12/10/2024

bimu.it

TUTTE LE FACCE DELL'INNOVAZIONE



MACCHINE UTENSILI A ASPORTAZIONE, DEFORMAZIONE E ADDITIVE, ROBOT, DIGITAL MANUFACTURING E AUTOMAZIONE, TECNOLOGIE ABILITANTI, SUBFORNITURA.

METAL CUTTING, METAL FORMING AND ADDITIVE MACHINES, ROBOTS, DIGITAL MANUFACTURING AND AUTOMATION, ENABLING TECHNOLOGIES, SUBCONTRACTING.

cecimo

UCIMU
UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE

EFIM

ISF

FIERA MILANO

temperatura (HPHT) [1-3].
Data l'ampia varietà di leganti possibili, l'adozione di strumenti termodinamici consente di ingegnerizzare i compositi in fase di sviluppo, attraverso la previsione delle fasi stabili nel sistema e la selezione delle fasi dure che si formano durante i cicli termici di sinterizzazione [4].
Gli utensili da taglio in PcBN si dividono in due gruppi, in base alla quantità di cBN: grado ad alto contenuto (high PcBN, 70-90% in volume) e grado a basso contenuto (low PcBN, 40-70% in volume).
Questi utensili sono impiegati nella lavorazione e finitura di leghe a base ferro, dove il diamante non può essere utilizzato a causa della sua reattività con Fe e con altri elementi metallici (ad esempio Co, Mg, Ni, Cr e Ti) e alla sua tendenza a formare carburi [3, 5].
Nel processo HPHT, per densificare il PcBN mantenendo la fase BN cubica, si utilizzano temperature di sinterizzazione di 1200-1500ºC e pressioni altissime, pari a 4-6 GPa [3, 6, 7].
Nel caso dei low PcBN, essendoci una quantità maggiore di fasi meno covalenti, per densificare questi compositi è stata studiata, come alternativa, la sinterizzazione Spark Plasma Sintering (SPS), una tecnica più rapida ed economica del processo HPHT [8-13].
Finora, con quest'ultimo metodo, sono stati ottenuti dei successi molto limitati nella produzione dei low PcBN, in quanto non sono stati raggiunti i requisiti minimi in termini di densità e durezza (>20 GPa), necessari per le applicazioni di lavorazione meccanica [8].
La sfida nella sinterizzazione dei low PcBN mediante SPS è rappresentata dall'uso di una quantità di legante metallico che deve essere la più bassa possibile, in modo da garan-

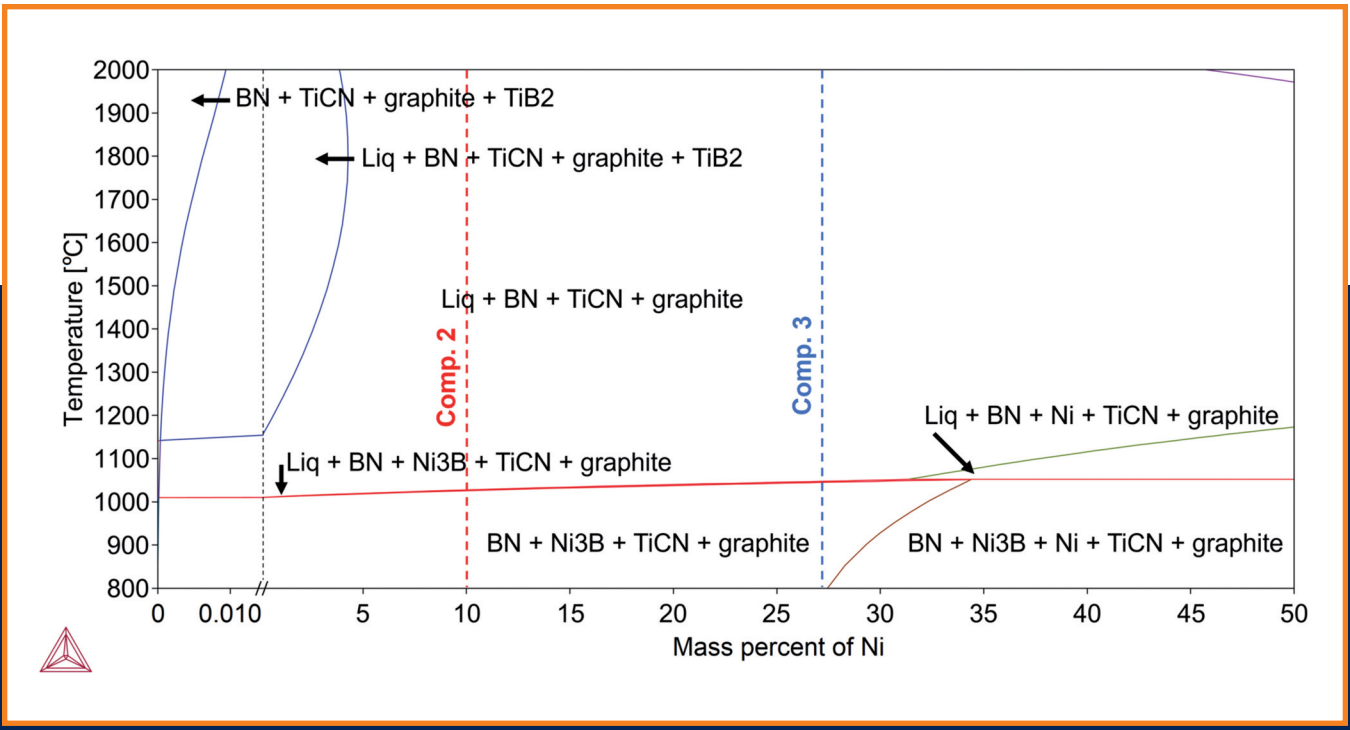


Fig.1 Diagramma di fase previsto per il sistema BN-TiCN-Ni a 60 MPa. Le linee tratteggiate corrispondono alle composizioni 2 e 3
Predicted phase diagram for the BN-TiCN-Ni system at 60 MPa. The dashed lines correspond to compositions 2 and 3

the system and selection of hard phases formed during the thermal consolidation cycle [4].
PcBN cutting tools are divided in two groups, based on the cBN amount: 70-90 vol% in high PcBN and 40-70 vol% in low PcBN. These tools are employed in machining and finishing operations of iron-based alloys where diamond cannot be used because of its reactivity with Fe and other metallic elements (e.g. Co, Mg, Ni, Cr and Ti) inducing the tendency to form carbides [3, 5].
In the HPHT technique, sintering temperatures of 1200-1500ºC, together with ultra-high pressures of 4-6 GPa are used to densify PcBN, while maintaining the cubic phase of BN [3, 6, 7].
In the case of low PcBN, having higher contents of less covalent phases, Spark Plasma Sintering (SPS), a faster and more economic technique than HPHT, has been investigated to alternatively densify those composites [8-13].
Until now, only very limited success has been obtained in the production of low PcBN with high density and high hardness, >20 GPa, as needed for machining applications [8].
The challenge in sintering low PcBN by SPS is the use of as low amount of metallic binder as possible to densify the material but preserving a high hardness of the composite.
Additionally, to achieve a hard PcBN, high temperatures should be avoided, since the BN phase transformation from cubic to hexagonal will occur between 1320-1700ºC.
The hexagonal phase, hBN, being a soft phase causes a marked decrease in the hardness of the composite [14-16].

tire sia la densificazione del materiale che un'elevata durezza del composito.
Inoltre, per ottenere un PcBN di elevata durezza, occorre evitare le alte temperature, poiché la trasformazione della fase BN da cubica a esagonale avviene tra 1320-1700ºC.
La fase esagonale, hBN, essendo tenera, causa una marcata diminuzione della durezza del composito [14-16].
In questo lavoro, il diagramma di fase BN-TiCN-Ni è stato calcolato utilizzando il software Thermo-Calc [17] e le composizioni sono state selezionate sulla base delle fasi previste, in modo da ottenere una matrice di elevata durezza.

Le polveri sono state consolidate mediante Spark Plasma Sintering (SPS) a diverse temperature e si è studiato l'effetto della quantità di Ni sulla composizione finale delle fasi e sulla densificazione. I risultati sperimentali sulla composizione delle fasi della matrice sono stati utilizzati per convalidare i risultati previsti dai calcoli termodinamici.

2. PROCEDURA SPERIMENTALE

Il software Thermo-Calc (V.2023a, database TCFE11 Steels/Fe-alloys) è stato utilizzato per simulare il diagramma di fase BN-TiCN-Ni di cui alla Fig.1.

Tab.1 Peso e contenuto volumetrico delle composizioni preparate
Weight and volumetric contents of the prepared compositions

	Wt%			Vol%		
	cBN	TiCN	Ni	cBN	TiCN	Ni
Composition 1	43	57	-	53	47	-
Composition 2	39	51	10	50	45	5
Composition 3	32	41	27	45	40	15

In this work, the BN-TiCN-Ni phase diagram was calculated using the Thermo-Calc software [17], and compositions were selected in order to obtain a hard matrix, based on the predicted phases.
The powders were consolidated by Spark Plasma Sintering (SPS) at different temperatures and the effect of Ni amount on the final phase composition and on the densification was investigated. The experimental results on the matrix phase compositions were used to validate the predicted results by the thermodynamic calculations.

2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

The Thermo-Calc software (V.2023a, TCFE11 Steels/Fe-alloys database) was used to simulate the BN-TiCN-Ni phase diagram in Fig.1.
The system was defined using the constituents B, N, Ti, C and Ni on weight basis (wt.%) and 60 MPa of pressure.
A temperature scale of 800 to 2000ºC, was used despite being considered that equilibrium conditions are only guaranteed for temperatures above 1000ºC [18].
By a limitation of the data base, only the hBN phase could be considered and the calculated phase diagram does not give a prediction of the cBN to hBN transformation.
However, and although the BN powder used in this work is in the cubic form, a good matching between the experimental and the predicted matrix phases was already obtained for different compositions in these systems [17].
From the calculated phase diagram in Fig.1, two compositions were selected with different contents of Ni, compositions 2 and 3 (marked in Fig.1), as described in Tab.1.
In the range of up to 50 wt.% Ni, a liquid phase will be formed for temperatures higher than ~1010-1050ºC which is expected to help the densification of the composite.
On cooling and below the solidus temperatures, all the Ni is supposed to be combined with B in the ceramic Ni_3B phase for compositions with Ni up to ~27 wt%, while some metallic Ni will remain for the compositions with higher Ni amounts.
Taking these results, the limit of 27 wt% Ni was considered in composition 3, aiming at having a hard matrix without ductile Ni phase. In all the compositions, the presence of a residual graphite phase, a fragile phase, cannot be avoided.
Besides, and for comparison purposes, a composition 1, without Ni, but maintaining the same proportion of cBN and

Il sistema è stato definito utilizzando i costituenti B, N, Ti, C e Ni in base al peso (wt.%) a una pressione di 60 MPa.
È stata scelta una scala di temperature compresa tra 800 e 2000ºC, nonostante si ritenga che le condizioni di equilibrio siano garantite solo per temperature superiori a 1000ºC [18].
A causa di una limitazione del database, è stato possibile definire solo la presenza della fase hBN, per cui il diagramma di fase calcolato non fornisce una previsione sulla trasformazione da cBN a hBN. Tuttavia, sebbene la polvere di BN utilizzata in questo lavoro sia di forma cubica, è già stata raggiunta una buona corrispondenza tra le fasi sperimentali ottenute e quelle previste per diverse composizioni in questi sistemi [17].
Dal diagramma di fase calcolato in Fig.1, sono state selezionate due composizioni con un diverso contenuto di Ni, le composizioni 2 e 3 (contrassegnate in Fig.1), come descritto nella Tab.1.
Nell'intervallo fino al 50% in peso di Ni, si forma una fase liquida per temperature superiori a circa 1010-1050ºC, che dovrebbe favorire la densificazione del composito.
Al raffreddamento e al di sotto delle temperature di solidificazione, si suppone che tutto Ni si combini con B nella fase ceramica Ni_3B per composizioni con Ni fino a circa il 27% in peso, mentre rimarrà metallico per le composizioni con quantità superiori di Ni.

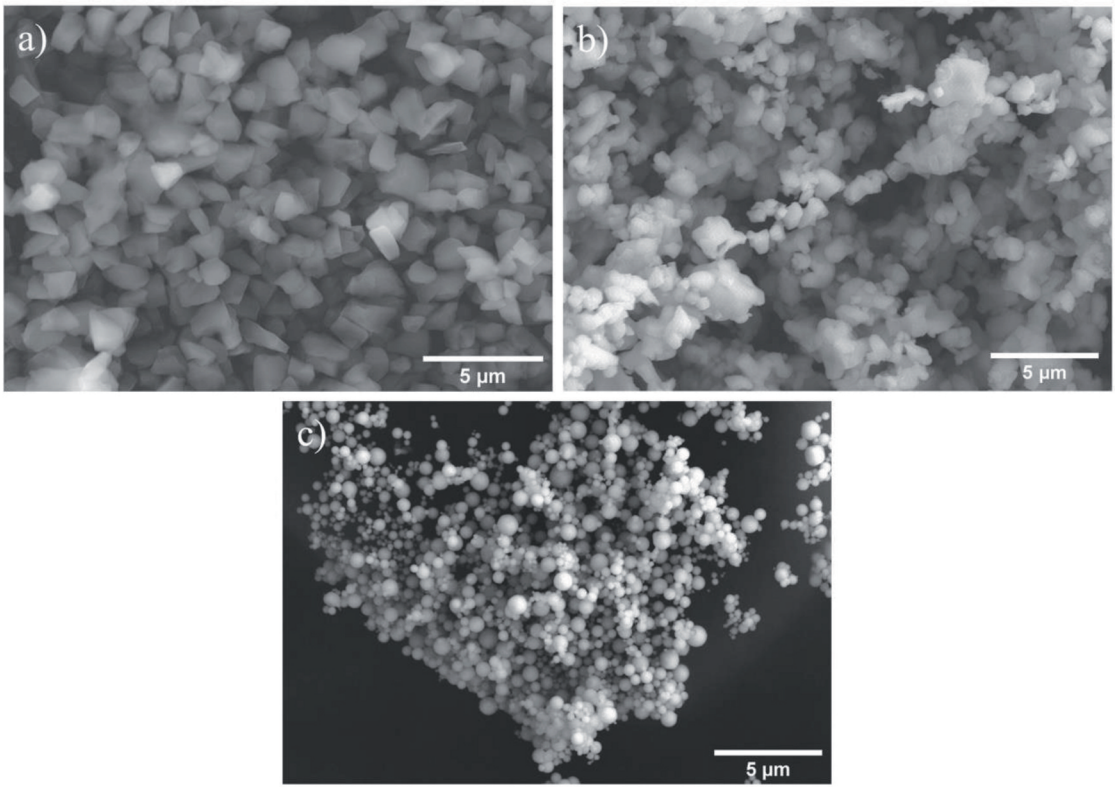


Fig.2 Immagini al SEM della morfologia delle polveri di a) cBN, b) TiCN e c) Ni
SEM imaging of the morphology of the a) cBN, b) TiCN and c) Ni powders

TiCN, was also considered and included in Tab.1.
The following powders were used to prepare the PcBN composites: cBN (1.5 µm average particle size, D50, CERATONIA), $TiC_{0.5}N_{0.5}$ (D50 = 1.65 µm, Treibacher), and Ni (0.3-0.5 µm, CNPC Powder China LTD).
As shown in Fig.2, all the powders have a particle size in the micrometric range, where cBN presents more angular loose particles, while TiCN and Ni particles are finer and more agglomerated, with Ni showing a spherical shape.
All three compositions were prepared by colloidal processing with the following procedure:
1) distilled water was used as the mixing medium and Polyethyleneimine (with ramifications, average molecular weight of ~25000 g/mol, Aldrich Chemistry) was added as the dispersant in the amounts of 0.5, 1.1 and 2.2 wt.% for compositions 1, 2 and 3, respectively (corresponding to 7, 0.5, and 0.5 wt.% of PEI in relation to the quantities of Ni, TiCN and cBN in each composition [17]);
2) the solution was mechanically stirred for 5 minutes and pH adjusted to 9 using Hydrochloric acid (37%, Sigma-Aldrich) and/or Tetramethylammonium hydroxide (25% in water, Merck KGaA) when necessary;
3) the powders were slowly added while stirring in the order of Ni, TiCN, and cBN up to a maximum solids load of 40 wt%. After each powder addition, the suspension was stirred for more 5 minutes, followed by 30 seconds of ultrasounds;

Sulla base di questi risultati, il limite del 27% in peso di Ni è stato considerato nella composizione 3, con l'obiettivo di avere una matrice dura senza la fase Ni duttile.
In tutte le composizioni, non può essere evitata la presenza di una fase residua di grafite, una fase fragile.
Inoltre, a scopo di confronto, è stata considerata anche la composizione 1, senza Ni, mantenendo però la stessa proporzione di cBN e TiCN, che è stata inclusa nella Tab.1.
Per preparare i compositi di PcBN sono state utilizzate le seguenti polveri: cBN (1,5 μm di dimensione media delle particelle, D50, CERATONIA), $TiC_{0,5}N_{0,5}$ (D50 = 1,65 μm, Treibacher) e Ni (0,3-0,5 μm, CNPC Powder China LTD).
Come mostrato nella Fig.2, tutte le polveri hanno una dimensione delle particelle nell'intervallo micrometrico, con il cBN che presenta delle particelle sciolte più spigolose, mentre le particelle di TiCN e Ni sono più fini e agglomerate, con Ni che mostra una forma sferica.
Tutte e tre le composizioni sono state preparate mediante una lavorazione colloidale con la seguente procedura:
1) è stata utilizzata acqua distillata come mezzo di miscelazione e la polietilenimina (con ramificazioni, peso molecolare medio di ~25000 g/mol, Aldrich Chemistry) è stata aggiunta come disperdente nelle quantità di 0,5, 1,1 e 2,2% in peso, rispettivamente per le composizioni 1, 2 e 3 (corrispondenti a 7, 0,5, e 0,5% in peso di PEI rispetto alle quantità di Ni, TiCN e cBN in ciascuna composizione [17]);
2) la soluzione è stata mescolata meccanicamente per 5 minuti e il pH è stato regolato a 9 utilizzando dell'acido cloridrico (37%, Sigma-Aldrich) e/o idrossido di tetrametilammonio (25% in acqua, Merck KGaA) quando necessario;
3) le polveri sono state aggiunte lentamente durante la miscelazione seguendo la sequenza Ni, TiCN e cBN fino a un carico massimo del 40% in peso. Dopo ogni aggiunta di polvere, la sospensione è stata mescolata per altri 5 minuti, seguiti da 30 secondi di ultrasuoni;
4) l'impasto finale è stato ancora macinato a sfere per 2 ore, utilizzando sfere di SiN;
5) la sospensione è stata essiccata per roto-evaporazione e la polvere ottenuta setacciata per rompere gli agglomerati.

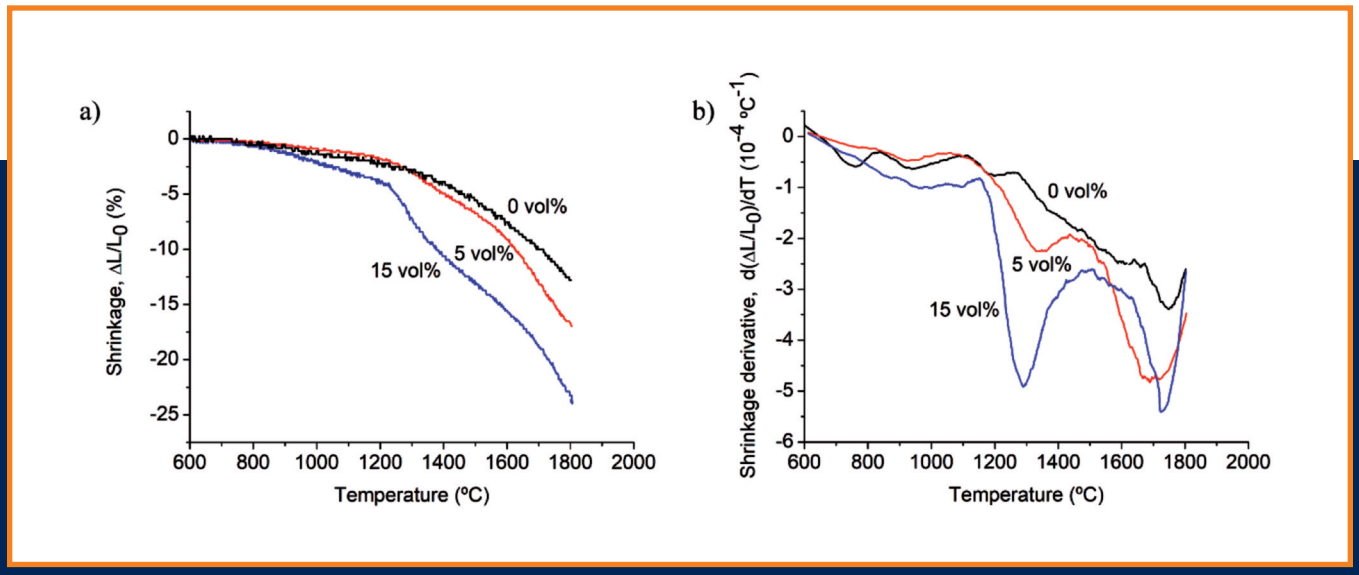


Fig.3 Ritiro (a) e curve derivate del ritiro (b) in funzione della temperatura durante SPS delle composizioni 1, 2 e 3
Shrinkage (a) and derivative Shrinkage (b) as a function of temperature during SPS of compositions 1, 2 and 3

4) the final slurry was yet ball milled for 2 hours, using SiN spheres;
5) the suspension was dried by roto-evaporation and the obtained powder sieved to break agglomerates.
The prepared compositions were sintered by SPS (Dr. Sinter SPS-510CE, Fuji Electronic Industrial Co) using graphite punches with 10 mm in diameter, at a heating rate of 100 °C/min in vacuum atmosphere and application of 60 MPa of uniaxial pressure.
Structural analysis was done by X-Ray Diffraction (XRD) using a Panalytical (Almelo, Netherlands), model X'Pert PRO3 with Cu λ_{Cu} $K_{\alpha 1}$ = 1.54056 Å source, with samples in powder form, sieved with a 75 μm mesh size.
The open porosity of the samples was determined following the ASTM norm C20-00 (2010) "Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water".
Microstructural and chemical analyses were done using a Scanning Electron Microscope (SEM) Hitachi model SU-70 with an attached Bruker Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) microanalysis system, model Quantax 400.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Fig.3 shows the dilatometric curves of the three compositions obtained during the SPS experiments up to 1800°C.
The linear shrinkage curves are shown in Fig.3a and the respective derivative curves in Fig.3b.
A clear improvement on the shrinkage is observed with Ni addition, especially for temperatures higher than 1100°C,

Le composizioni preparate sono state sinterizzate mediante SPS (Dr. Sinter SPS-510CE, Fuji Electronic Industrial Co) utilizzando dei punzoni di grafite da 10 mm di diametro, una velocità di riscaldamento di 100ºC/min, sottovuoto e con l'applicazione di una pressione monoassiale di 60 MPa. L'analisi strutturale è stata effettuata mediante diffrazione dei raggi X (XRD) utilizzando un Panalytical (Almelo, Olanda), modello X´Pert PRO3 con sorgente Cu λ_{cu} $K_{\alpha 1}$ = 1,54056 Å, con campioni di polvere setacciati con una maglia di 75 μm. La porosità aperta dei campioni è stata determinata secondo la norma ASTM C20-00 (2010) "Standard test methods for apparent porosity, water absorption, apparent specific gravity, and bulk density of burned refractory brick and shapes by boiling water".

Le analisi microstrutturali e chimiche sono state effettuate con un microscopio elettronico a scansione (SEM) Hitachi modello SU-70, con annesso un sistema di microanalisi Bruker per la spettroscopia a raggi X in dispersione di energia (EDX), modello Quantax 400.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

La Fig.3 mostra le curve dilatometriche delle tre composizioni ottenute durante gli esperimenti SPS fino a 1800ºC. Le curve del ritiro lineare sono mostrate in Fig.3a) e le rispettive curve derivate in Fig.3b).
Si osserva un netto miglioramento del ritiro con l'aggiunta di Ni, soprattutto a temperature superiori a 1100ºC, dove si è già formata una fase liquida.

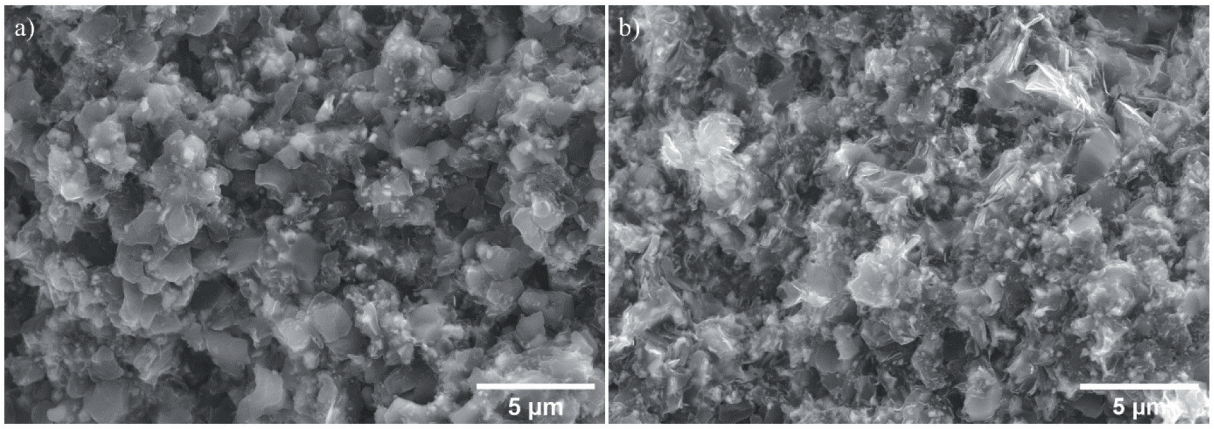


Fig.4 Immagini SEM delle superfici di frattura dei campioni sinterizzati a 1800ºC: a) Composizione 2, con 5% di Ni; b) Composizione 3, con 15% di Ni
SEM images of fracture surfaces of samples sintered at 1800ºC: a) Composition 2, with 5 vol% Ni; b) Composition 3, with 15 vol% Ni

where a liquid phase was already formed.
The derivative of the shrinkage evidences the increase in the shrinkage rate with the Ni amount, from ~1100ºC and with a maximum at ~1300ºC, which does not occur in the absence of Ni, in composition 1.
Mechanisms typical of liquid phase sintering, such as rearrangement and viscous deformation, are expected to have here an important role. After a decreasing shrinkage rate from 1300 up to ~1500ºC in compositions 2 and 3, the shrinkage rate increases again, presenting another maximum between 1700-1750ºC, which is also observed in the absence of Ni (composition 1).
The shrinkage in this region can be attributed to diffusion processes, also accelerated by the effect of a liquid phase. However, the cBN to hBN transformation occurs with relevant cell expansion and can start at temperatures as low as ~1320ºC, interfering with the shrinkage process [17].
Besides, in compositions with Ni, the formed liquid phase may exit from the die, bringing an additional shrinkage that is not accompanied by densification. This effect was clearly observed during the SPS of composition 3, with larger Ni amount, at temperatures higher than 1500ºC.
The samples with 5 and 15 vol% Ni sintered at 1800ºC have null open porosity, while the sample with 5 vol% Ni sintered at 1600 ºC, is clearly less densified, with ~17% of open porosity. The SEM observation of the fracture surfaces of the samples sintered at 1800ºC, in Fig.4, confirms that dense samples with only residual small porosity were attained in both compositions.
The structure of the sintered samples was analysed by XRD and the respective spectra are presented in Fig.5.
The detected phases are BN, TiCN and Ni_3B that were thermodynamically predicted in the phase diagram of Fig.1, but the graphite phase was not revealed in the spectra, since it is a minor phase, hard to detect by XRD.
These results also confirm that all the Ni reacted with BN to form the Ni_3B phase, which, together with the TiCN, contributes to a harder matrix phase, without soft Ni.
The main drawback in terms of phase structure is the transformation of the BN phase from cubic to hexagonal during the sintering cycle, as shown in Fig.5.
The weight ratio of hBN to cBN, calculated by the net area

La derivata del ritiro evidenzia un aumento del tasso di ritiro in base alla quantità di Ni, a partire da ~1100ºC e con un massimo a ~1300ºC, fenomeno che non si verifica in assenza di Ni, nella composizione 1.
Si ritiene che i meccanismi tipici della sinterizzazione in fase liquida, come il riarrangiamento e la deformazione viscosa, abbiano qui un ruolo importante.
Dopo una diminuzione del tasso di ritiro tra circa i 1300 e i 1500ºC nelle composizioni 2 e 3, esso aumenta nuovamente, presentando un altro picco tra 1700-1750ºC, anche in assenza di Ni (composizione 1).
Il ritiro in questa regione può essere causato da processi di diffusione, accelerati anche dall'effetto di una fase liquida.
Tuttavia, la trasformazione da cBN a hBN avviene con una rilevante espansione cellulare e può iniziare a temperature da ~1320ºC, interferendo con il processo di ritiro [17].
Inoltre, nelle composizioni con Ni, la fase liquida formatasi può uscire dallo stampo, provocando un ulteriore ritiro non

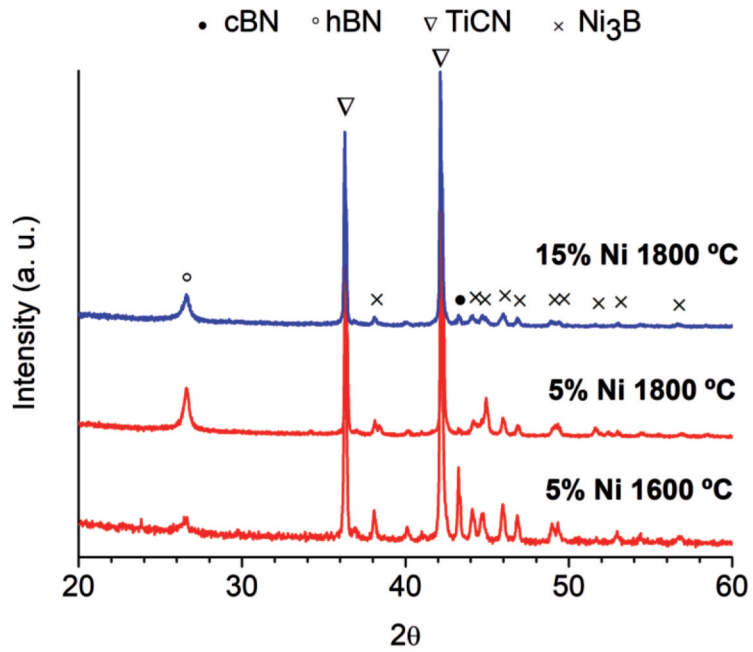


Fig.5 Diffrattogrammi XRD delle composizioni 2 e 3 sinterizzate a 1600-1800ºC
XRD diffractograms of composition 2 and 3 sintered at 1600-1800ºC

Tab.2 Fasi previste e rilevate sperimentalmente dopo SPS nel sistema BN-TiCN-Ni
Predicted and experimentally detected phases after SPS in the BN-TiCN-Ni system

Ni amount (vol%)	Sintering Temperature (°C)	Predicted Phases*	Detected Phases (XRD)	hBN/cBN ratio (wt%)**
5	1600	BN+TiCN+Ni_3B+graphite	cBN+hBN+TiCN+Ni_3B	31
	1800			96
15	1800			91

* Considerate al di sotto dei 1000ºC / *Considered below 1000ºC*
** In base all'area netta dei picchi XRD di hBN e cBN / *Based on the net area of XRD peaks of hBN and cBN respectively*

of XRD peaks of hBN and cBN, is presented in Tab.2, 30 vol% Ni of cBN was already transformed to hBN during the sintering of composition 2 (5 vol%) at 1600ºC, increasing to 96% at 1800ºC. For composition 3, with higher Ni content, the transformation at 1800ºC is near equivalent, with a ratio hBN/cBN equal to 91%.
Taking the dilatometric results presented in Fig.3 and the XRD analysis presented in Fig.5 and Tab.2, we can anticipate

accompagnato, però, da densificazione.
Questo effetto è stato chiaramente osservato durante la sinterizzazione SPS della composizione 3, con una maggiore quantità di Ni, a temperature superiori a 1500ºC.
I campioni con il 5 e il 15% in volume di Ni sinterizzati a 1800ºC hanno una porosità aperta nulla, mentre il campione con il 5% in volume di Ni sinterizzato a 1600ºC è chiaramente meno densificato, con circa il 17% di porosità aperta.
L'osservazione al SEM delle superfici di frattura dei campioni sinterizzati a 1800ºC, in Fig.4, conferma che in entrambe le composizioni sono stati ottenuti campioni densi, con solo piccole porosità residue.
La struttura dei campioni sinterizzati è stata analizzata mediante XRD e i rispettivi spettri sono presentati nella Fig.5.
Le fasi rilevate sono BN, TiCN e Ni_3B, che sono state previste termodinamicamente nel diagramma di fase della Fig.1.
La fase grafitica non è stata rivelata negli spettri, poiché è una fase minore, difficile da trovare con la XRD.
Questi risultati confermano anche che tutto Ni ha reagito con BN per formare la fase Ni_3B che, insieme al TiCN, contribuisce a creare una fase più dura nella matrice, senza la presenza di Ni tenero.
Il principale inconveniente in termini di struttura è la trasformazione della fase BN da cubica a esagonale durante il ciclo di sinterizzazione, come mostrato in Fig.5.
Il rapporto in peso tra hBN e cBN, calcolato in base all'area netta dei picchi XRD, è riportato nella Tab.2, il 30% in volume di Ni nel cBN si è trasformato in hBN già durante la sinterizzazione della composizione 2 (5% in volume) a 1600ºC, aumentando al 96% a 1800ºC.
Per la composizione 3, con un contenuto di Ni più elevato, la trasformazione a 1800ºC è quasi equivalente, con un rapporto hBN/cBN pari al 91%.
Considerando i risultati dilatometrici presentati in Fig.3 e l'analisi XRD presentata in Fig.5 e Tab.2, possiamo anticipare che nessuno dei compositi ha raggiunto la durezza richiesta, poiché non sono stati ottenuti dei campioni con una fase cubica di BN sufficientemente densa e l'hBN ha avuto un enorme impatto negativo sulle proprietà meccaniche [19].
Tuttavia, la composizione 3, con il 15% in volume di Ni, presenta un elevato tasso di ritiro a temperature inferiori a 1600ºC, ossia tra 1100-1500ºC, dove la trasformazione cBN-hBN è ridotta.
Inoltre, l'SPS a temperature più basse evita la fuoriuscita dallo stampo della fase liquida ricca di Ni.
La ricerca in corso si concentrerà, quindi, sulla sinterizzazione SPS di composizioni cBN-TiCN-Ni a temperature inferiori a 1600ºC.

that none of the composites have the required high hardness, since dense samples with a cubic BN phase were not obtained and hBN has a huge negative impact on the mechanical properties [19].
However, composition 3, with 15 vol% Ni, has a high shrinkage rate at temperatures lower than 1600ºC, namely at 1100-1500ºC, where the cBN-hBN transformation is reduced.
Besides, SPS at lower temperatures will avoid the squeezing of the Ni rich liquid phase out of the mould.
Ongoing research is, therefore, focused on the SPS of cBN-TiCN-Ni compositions at temperatures lower than 1600ºC.

4. CONCLUSIONS

This work described the first results from a study that intents to develop low PcBN composites, containing TiCN and Ni, by Spark Plasma Sintering. It was observed that the addition and increasing amount of Ni content, up to 15 vol%, promoted the densification of the composites, namely in the temperature range of 1100-1500ºC, by the formation of a Ni rich liquid phase and subsequent actuation of liquid phase sintering mechanisms.
The samples sintered at 1800ºC presented high density and a matrix mainly composed of TiCN and Ni_3B, as thermodynamically predicted by the calculated phase diagram.
However, the BN phase suffered from the transformation from cubic to hexagonal in the applied temperature range of 1600-1800ºC, which is not desirable due to the low mechanical properties of hBN.
To achieve full densification and preserve the cubic BN phase, a Ni content near 15 vol% and SPS temperatures lower than 1600ºC should be investigated.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This research is sponsored by FEDER funds through COMPETE, Programa Operacional Factores de Competividade, 3DCompcer (POCI-01-0247-FEDER-047060).
The authors are grateful to the JECS Trust for funding this work between the Department of Materials and Ceramic Engineering, University of Aveiro (Portugal), and the Institute of Ceramic and Glass (ICV-CSIC) (Spain) (Contract No. 2020257).
This work was developed within the scope of the project CICECO-Aveiro Institute of Materials, UIDB/50011/2020, UIDP/50011/2020 & LA/P/0006/2020, financed by national funds through the FCT/MCTES (PIDDAC) and also within PID2019-106631GB-C42 of the Spanish Government.

6. REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

[1] K.V. Slipchenko, D.A. Stratiichuk, V.Z. Turkevich, N.M. Bilyavyna, V.M. Bushlya, J.E. Ståhl, Sintering of BN Based Composites with ZrC and Al under High Temperatures and Pressures, Journal of Superhard Materials. 42 (2020) 229-234.
[2] M. Swain, R.J. Brook, J. Bill, F. Wakai, F. Aldinger, Handbook of Ceramic Hard Materials, Wiley, 2000.
[3] C.J.H. Wort, Applications for superhard and ultra-hard materials, in: Microstructure-Property Correlations for Hard, Superhard, and Ultrahard Materials, Springer, Cham, 2016:

4. CONCLUSIONI

Questo lavoro descrive i primi risultati di uno studio che intende sviluppare compositi PcBN a basso contenuto di cBN, contenenti TiCN e Ni, mediante Spark Plasma Sintering.
È stato osservato che l'aggiunta e l'aumento del contenuto di Ni, fino al 15% in volume, ha favorito la densificazione dei compositi, in particolare nell'intervallo di temperatura 1100-1500ºC, attraverso la formazione di una fase liquida ricca di Ni e la successiva attivazione di meccanismi di sinterizzazione in fase liquida.
I campioni sinterizzati a 1800ºC presentavano un'alta densità e una matrice composta principalmente da TiCN e Ni_3B, come previsto termodinamicamente dal diagramma di fase calcolato. Tuttavia, la fase BN ha subito una trasformazione da cubica a esagonale nell'intervallo di temperatura applicato di 1600-1800ºC, che non è auspicabile a causa delle basse proprietà meccaniche dell'hBN. Per ottenere una densificazione completa e preservare la fase cubica del BN, si dovrebbe studiare un contenuto di Ni vicino al 15% in volume e temperature SPS inferiori a 1600ºC.

5) RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è sponsorizzata da fondi FEDER attraverso COMPETE, Programa Operacional Factores de Competividade, 3DCompcer (POCI-01-0247-FEDER-047060).
Gli autori sono grati al JECS Trust per aver finanziato questo studio tra il Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e della Ceramica dell'Università di Aveiro (Portogallo) e l'Istituto della Ceramica e del Vetro (ICV-CSIC) (Spagna) (Contratto n. 2020257).
Questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito del progetto CICECO-Istituto dei Materiali di Aveiro, UIDB/50011/2020, UIDP/50011/2020 & LA/P/0006/2020, finanziato da fondi nazionali attraverso la FCT/MCTES (PIDDAC) e anche nell'ambito del PID2019-106631GB-C42 del Governo spagnolo.

This article is based on a paper presented at EURO PM2023 Congress held in October 2023 in Lisbon and is printed with kind permission of EPMA, European Powder Metallurgy Association and Authors.
©EPMA - European Powder Metallurgy Association
First published in the EURO PM2023 Congress Proceedings.

pp. 25-74.
[4] J.O. Andersson, T. Helander, L. Höglund, P. Shi, B. Sundman, Thermo-Calc & DICTRA, computational tools for materials science, CALPHAD. 26 (2002) 273-312.
[5] G.E. Spriggs, 13.5 Properties of diamond and cubic boron nitride, in: Powder Metallurgy Data. Refractory, Hard and Intermetallic Materials, Springer-Verlag, 2005: pp.118-139.
[6] V.L. Solozhenko, V.Z. Turkevich, W.B. Holzapfel, Refined Phase Diagram of Boron Nitride, Journal of Physical Chemistry B. 103 (1999) 2903-2905.
[7] A. McKie, J. Winzer, I. Sigalas, M. Herrmann, L. Weiler, J. Rödel, N. Can, Mechanical properties of cBN-Al composite materials, Ceram Int. 37 (2011) 1-8.
[8] J. Zhang, R. Tu, T. Goto, Spark plasma sintering of Al_2O_3-cBN composites facilitated by Ni nanoparticle precipitation on cBN powder by rotary chemical vapor deposition, J Eur Ceram Soc. 31 (2011) 2083-2087.
[9] M. Hotta, T. Goto, Spark plasma sintering of TiN-cubic BN composites, Journal of the Ceramic Society of Japan. 118 (2010) 137-140.
[10] Y. Yuan, X. Cheng, R. Chang, T. Li, J. Zang, Y. Wang, Y. Yu, J. Lu, X. Xu, Reactive sintering cBN-Ti-Al composites by spark plasma sintering, Diam Relat Mater. 69 (2016) 138-143.
[11] J. Zhang, R. Tu, T. Goto, Preparation of Ni-cBN composites by spark plasma sintering, Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. 59 (2012) 410-271.
[12] J. Zhang, R. Tu, T. Goto, Densification of SiO 2-cBN composites by using Ni nanoparticle and SiO 2 nanolayer coated cBN powder, Ceram Int. 38 (2012) 4961-4966.
[13] B. Wang, Y. Qin, F. Jin, J.F. Yang, K. Ishizaki, Pulse electric current sintering of cubic boron nitride/tungsten carbide-cobalt (cBN/WC-Co) composites: Effect of cBN particle size and volume fraction on their microstructure and properties, Materials Science and Engineering A. 607 (2014) 490-497.
[14] S. Rudolph, Boron nitride (BN), The American Ceramic Society Bulletin. 79 (2000) 50.
[15] P. Klimczyk, P. Wyżga, J. Cyboroń, J. Laszkiewicz-Łukasik, M. Podsiadło, S. Cygan, L. Jaworska, Phase stability and mechanical properties of Al_2O_3-cBN composites prepared via spark plasma sintering, Diam Relat Mater. 104 (2020) 107762.
[16] M.A. Umer, P.H. Sub, D.J. Lee, H.J. Ryu, S.H. Hong, Polycrystalline cubic boron nitride sintered compacts prepared from nanocrystalline TiN coated cBN powder, Materials Science and Engineering A. 552 (2012) 151-156.
[17] R. Mineiro, Development of PcBN composites by Spark Plasma Sintering, MSc thesis, University of Aveiro, 2022.
[18] C. Buchegger, W. Lengauer, J. Bernardi, J. Gruber, T. Ntaflos, F. Kiraly, J. Langlade, Diffusion parameters of grain-growth inhibitors inWC based hardmetals with Co, Fe/Ni and Fe/Co/Ni binder alloys, Int J Refract Metals Hard Mater. 49 (2015) 67-74.
[19] M.I. Petrescu, M.G. Balint, Structure and properties modifications in boron nitride. part II: Hardness modification induced by the polymorphic transformations, Bull., Series B. 69 (2007).

VADEMECUM

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 — Sig. Mario Rossi
Resp. Tecnico / Technical Manager — 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

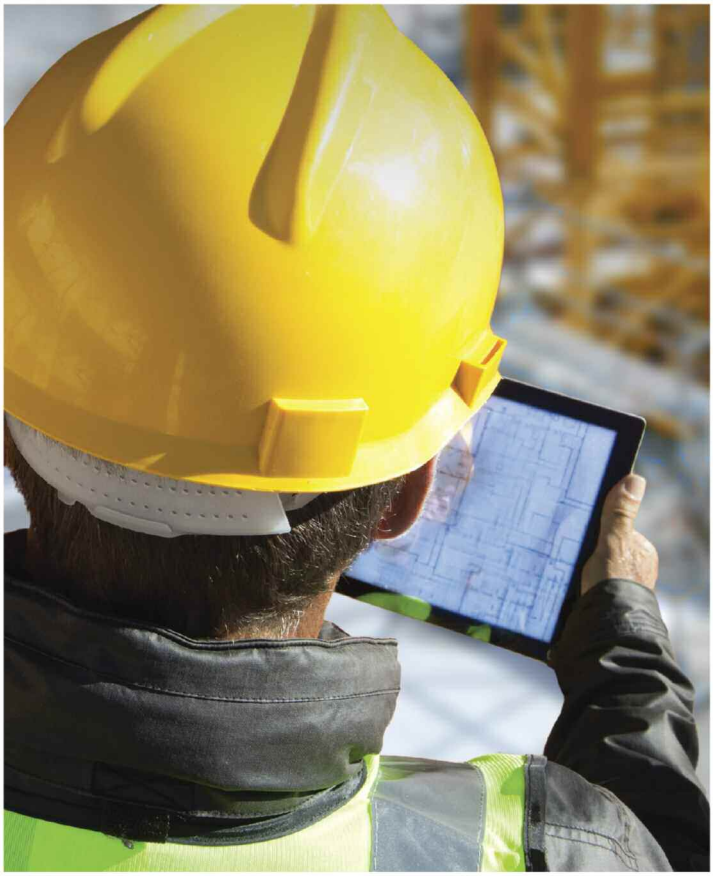
SERVIZI / Services

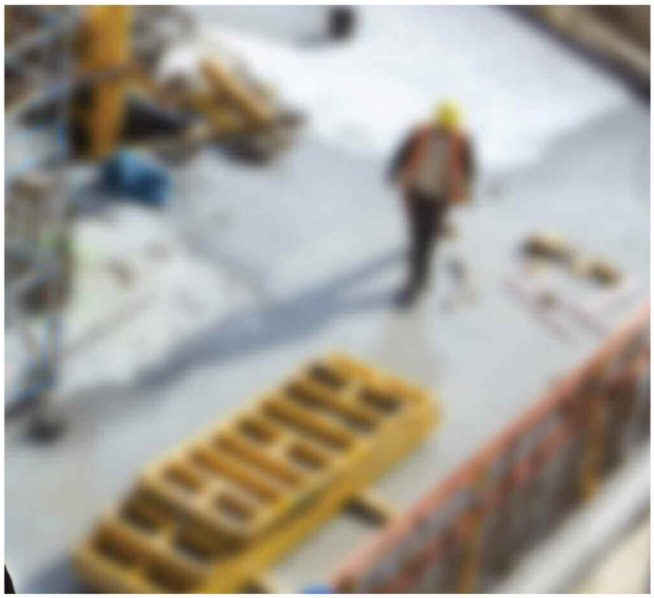
Pre e post vendita con personale tecnico specializzato
Before and after sales with technical people

BOLOGNA
9/12 ottobre 2024

SAIE

La Fiera delle Costruzioni
progettazione, edilizia, impianti





SAIE È UN NUOVO SAIE: la fiera non dimentica il passato e guarda al futuro già oggi presente. L'occasione in cui **la community delle costruzioni** si incontra trovando ispirazione sulle più recenti novità proposte dalle aziende protagoniste del mercato.

- Settori espositivi: **Progettazione e Digitalizzazione, Edilizia, Impianti, Servizi**
- Saloni speciali dedicati a: **Calcestruzzo, Infrastrutture, Serramenti, Finiture e Colore, Pavimenti e Rivestimenti, Macchine e Attrezzature, Offsite**

I numeri dell'ultima edizione di SAIE Bologna 2022

37.642 VISITATORI

430 ESPOSITORI

I motivi della visita

70% SCOPRIRE LE NOVITÀ

48% FORMAZIONE AGGIORNAMENTO TECNICO

65% INFORMAZIONE SUI PRODOTTI E SERVIZI

Progetto e direzione

senaf MESTIERE FIERE

In collaborazione con

Bologna Fiere

gruppo tecniche nuove

Seguici su

Richiedi informazioni
www.saiebologna.it
info@saiebologna.it
Tel. 02.332039460

VADEMECUM

F

QUADERNO FORNITORI

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

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 info@fratellimilano.com
Resp. Comm. / Sales Manager Resp. Tecnico / Technical Manager	Sig. Ivano Milano

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
- ◆ Ravvivatrici 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

L'oro della Lapponia: dalle leggende alla realtà industriale

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

INTRODUZIONE

Non è tutto oro quello che luccica. Quello vero dove si può trovare e come si riconosce? In primo luogo, è di un colore giallo intenso ed è relativamente morbido, anzi malleabile è un termine che lo descrive meglio. Quando lo si sfrega con un ago, ad esempio, rimane un segno evidente, ma non si crea una polvere fine di colore nero come avviene per i solfuri di colore giallognolo.

I sedimenti fluviali, ghiaia e sabbia, talvolta contengono oro. Questi depositi di minerale che si formano per accumulo, chiamati genericamente "placer", sono stati la causa di molte corse all'oro, comprese quelle che si sono svolte in Lapponia a partire dalla metà dell'Ottocento. L'oro si setaccia facilmente dal terreno e questo metallo, lucido e prezioso, ha confuso le menti e segnato il destino di molti.

È nel sottosuolo, però, che si nascondono i veri tesori.

Qui la dimensione dei grani è di solito molto piccola, più piccola di quanto si possa vedere a occhio nudo, e il fatto che spesso siano inclusi in altri minerali li rendono molto difficil da trovare e da estrarre.

La miniera d'oro di Kittilä, in Lapponia, è la più grande d'Europa. Ci vogliono diverse ore per visitare la parte sotterranea, scoprire la geologia e il modo in cui viene estratto il minerale.

La dimensione del giacimento è enorme e ogni anno oltre 2 milioni di tonnellate di minerale passano attraverso le linee di estrazione e di lavorazione.

Le aree selvagge della Lapponia, ancora più a nord del circolo polare artico, affascinano ancora oggi, ma hanno rappresentato una sfida per i cacciatori d'oro del passato. Da allora, grazie all'oro, si sono sviluppate molte cose in Lapponia, dalle leggende all'industria.

1. L'ORO

L'oro (Au) è un metallo chimicamente molto stabile, quindi non si corrode né si appanna. La densità relativa è di 19,3 g/cm^3, la durezza 2,5-3 della scala Mohs, il punto di fusione è di 1064°C e bolle a 2970°C. Il simbolo chimico è Au.

Caratteristica è anche la malleabilità e l'elevata duttilità; ad esem-

Lapland gold: from legends to industry

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

INTRODUCTION

All that shines, is not gold. But how can it be detected and where you can find it. Firstly, its color is intense yellow, and it is relatively soft; malleable is a well descriptive term.

So, when pressed it by a needle, a clear mark remains, but it does not grind to a fine black colored powder like yellowish sulfides. River sediments, gravel and sand contain sometimes gold. These, so called placer deposits have been the reason for many goldrush, in the 1850s also in Lapland, Finland. Gold is easily to wash out of the soil, and this yellow glossy metal confuses readily heads, it also became the fate of many. The bedrock, on the other hand, usually hides its treasures. Grain size is commonly very small, usually smaller than you can see with eyes.

Also, the way occurring as inclusions in other minerals makes gold very difficult to explore as well as enrich from hard rocks. Kittilä gold mine in Lapland is the biggest in Europe. It took several hours to visit underground, learn the geology and the way ore extraction is carried out.

The scale of the deposit is huge, over 2 million tons ore is mined and run through the processing line yearly.

Areas of wilderness in Lapland far away north from artic circle fascinates still but have indeed been challenging circumstances for the treasure hunters of the past, for example, only lousy roads or no roads at all.

A lot of development has taken place since then, all because of Lapland gold - from legends to industry.

1. GOLD

Gold (Au) is a yellow metal, and it is chemically very stable, therefore, it does not corrode or tarnish. Relative density is 19.3 g/cm^3, hardness 2.5-3 on Mohs scale, melting point at 1064°C and it boils at 2970°C. Symbol of chemical element is Au. Characteristic is as well malleability and high ductility.

pio, un pezzo che pesa un'oncia può essere trasformato in un filo lungo oltre 60 km. Di solito è legato ad altri metalli, come l'argento (Ag), il nichel (Ni) o il rame (Cu).
Il carato è un termine che ne descrive la purezza e si basa su una scala di 24 unità, dove 24 carati rappresentano l'oro puro al 100%. Quando si parla di 18 carati, invece, si intende che 18 parti su 24 sono di oro puro, mentre le restanti 6 di altri metalli o leghe.
L'oro è stato storicamente utilizzato come moneta e, tuttora, come gioiello, con esso si decorano oggetti in metallo e in vetro ed è sfruttato anche per esaltare il colore delle iscrizioni sulle lapidi (migliorando la resistenza alla corrosione).
È un eccellente conduttore di elettricità e viene utilizzato nei connettori dei computer e in processi simili, come il fissaggio di microchip a un circuito stampato.
L'oro si trova spesso sotto forma di pepita, soprattutto nei sedimenti fluviali, quindi, in grani di grandi dimensioni.
Al contrario, l'oro nel substrato roccioso è difficilmente visibile (Fig.1); la sua concentrazione nelle formazioni rocciose è in genere di pochi grammi per tonnellata (parti per milione, ppm) ed è spesso associato a minerali solfuri.
L'unità di peso dell'oro è l'oncia troy, che equivale a 31,1 g.
L'oro si può presentare in forma libera, cioè come elemento chimico senza composti, oppure come minerale refrattario.
Nel primo caso può essere recuperato per via gravitazionale dopo la frantumazione e la macinazione, mentre nel secondo è incluso in minerali solfuri e necessita di un trattamento chimico, prima di essere fuso e trasformato in lingotti d'oro.
Il minerale grezzo viene, infatti, macinato e immerso in una soluzione di cianuro per formare un impasto liquido; poi si procede con una raffinazione elettrolitica per cui l'oro si depone, con l'aiuto di una corrente elettrica, sul catodo (una lana d'acciaio) sotto forma di fango che, infine, viene essiccato, fuso e versato in stampi.

Fig.1 Oro visibile in un campione di roccia della miniera di Pahtavaara, Sodankylä, Finlandia. L'oro si trova in un punto di contatto tra la vena di quarzo e la roccia komatiitica ospitante (contrassegnato dal cerchio rosso) / *Visible gold in bedrock sample from Pahtavaara gold mine, Sodankylä, Finland. Gold occurs in contact of quartz vein and hosting komatiitic rock (marked by red circle). © Geological Survey of Finland, photo by Jari Väätäinen*

A piece that weights an ounce can be drawn into a wire over 60 km long. Gold has been historically used as coins and still as jewelry. It is usually alloyed with other metals, like silver (Ag), nickel (Ni) or copper (Cu). Carat is a term describing the purity, 18 (of the 24 parts) have 18 parts gold and the rest of 6 other metal. Gold leaf decorates metals and glass objects, as well it is used to enhance the painted yellow color in texts inscribed on tombstones (also improving the endurance against corrosion).
Gold is an excellent electricity conductor and used in wiring in computers and such techniques, as in attaching microchips to a circuit board. Light does not pass easily through gold, and so it is utilized as a protective shielding against heat and light.
Natural gold as a nugget occurs often in the grain sizes that can be seen by the eyes. It is usually found in river sediments, while gold in bedrock contain rarely visible gold (Fig.1).
Concentration in mineralized rock formations is typically only a few grams in tons (parts per million, ppm) and it will be found without exception as inclusions in sulfide minerals.
The weight unit of gold is troy ounce. One troy ounce of gold weighs 31.1 grams. There are both open pit and underground mines. Gold is either free, i.e., as own crystals and a chemical element without compounds, or as a refractory ore.
Free-milling gold can be recovered gravitationally after crushing and grinding. In refractory ore gold is locked in sulfide minerals and needs chemical processing before melting and casting into gold bars. In such an enriching, after cyanide dissolution of fine particle size grinded ore, the gold is collected with the help of an electric current on the cathode (a steel wool). After the acid-dissolved steel, the gold-rich sludge is dried, melted and poured into molds.

2. NUGGET GOLD

Placer gold in gravel formations contains various grain sizes - from large pieces, called nuggets (size in millimeters) to tiny pieces, called as gold dust. The purity varies 83% to 92%, silver and copper the common impurities.
The largest nuggets dug up weighted usually about 40-70 kg,

2. Le pepite d'oro

Nei depositi placer l'oro può avere varie dimensioni: da pezzi grandi, chiamati pepite (in millimetri) a pezzi minuscoli, definiti come pagliuzze. La purezza varia dall'83% al 92%, con l'argento e il rame che sono le impurità più comuni.
Le pepite più importanti possono pesare tra i 40 e i 70 kg come, ad esempio, la pepita Canaã, la più grande mai trovata in Sud America, che è tuttora esposta al Museo do Banco Central in Brasile e raggiunge i 60,8 kg.
I depositi placer, ossia la concentrazione del minerale in ambienti sedimentari, hanno causato numerose corse all'oro in Nord America, Sud America, Australia, Nuova Zelanda e Africa.
Nelle zone aurifere di Victoria, in Australia, sono state trovate più di 300 tonnellate d'oro, con una produzione complessiva nell'intero continente di 1.800 tonnellate.
Se l'oro si è accumulato nei sedimenti fluviali, allora di sicuro una volta era presente come minerale primario nel substrato roccioso. Mentre in alcuni casi sono state scoperte le rocce originali, in Lapponia le formazioni di partenza sono ancora oggetto di studio.
Alcune delle pepite d'oro trovate in Australia sono state analizzate e, secondo Butt et al., 2020, il contenuto di argento è pressoché omogeneo, per lo più compreso tra il 3 e il 20% in peso, tipico dell'oro ipogenico, il che significa che il processo di trasformazione in pepita del minerale è avvenuto in profondità nelle viscere della terra. L'opposto è il processo supergenico, che avviene in prossimità della superficie.
Le pepite studiate mostrano spesso dati coerenti, a conferma che si sono formate nel substrato tramite un processo di ricottura termica, a temperature superiori a 250°C.
Di solito le pepite sono state trovate nel suolo residuo, all'interno di accumuli colluviali o in formazioni alluvionali di ghiaia e sabbia trascinate a valle da un flusso di acqua.
È possibile rinvenire l'oro in queste formazioni in superficie o a

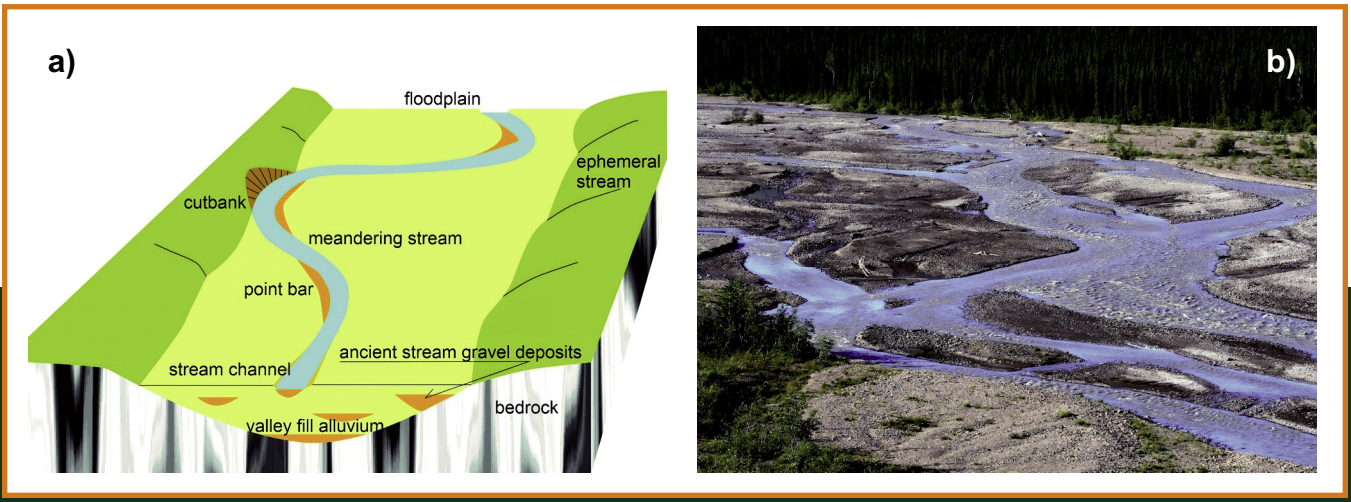


Fig.2 Depositi alluvionali placer. **a)** Illustrazione del letto di un corso d'acqua con numerosi paleoalvei (antichi strati di depositi fluviali). Nei sedimenti che si accumulano sul lato interno di una curva di un fiume si può trovare l'oro a grana fine, in quanto la velocità dell'acqua rallenta e le particelle si depositano più facilmente. L'oro a grana grossa si trova, invece, nelle aree poco profonde del letto del fiume, dove la corrente è particolarmente forte **b)** Corso d'acqua a canali intrecciati, separati tra loro da piccole isole spesso temporanee
An alluvial placer deposits. ***a)*** *An illustration of stream bed with sedimentation of palaeodrainages (ancient stream gravel deposits). Point bar formations accumulate inner curve with fine grained gold when dense particles settle down at a site where the water flow rate slows down. Coarse gold can usually be found where the speed of the flow is remarkable high, i.e., shallow water areas in the riverbed* ***b)*** *A braided river channel showing several braid bars, that are in the middle of a flow channel occurring landforms. Photo by Nic McPhee*

some of them remain still in existence, like The Canaã piece, the largest ever registered in South America, which is displayed at the Banco Central Museum in Brazil.
This piece was found in the State of Para, Brazil, weighing 60.8 kg. Placer-deposits, also understood as sedimentary ores, caused without exception numerous gold rushes in North America, South America, Australia New Zealand, and Africa. More than 300 tons of gold were produced from the best areas in Victoria goldfields of Australia, entirely production up-to 1800 tons. If gold found in river sediments, once it has been as a primary ore in bedrock. In some cases the primary ore was discovered, in Lapland the source formations are still being searched for.
Some details about gold nuggets described here are studied from Australia. According to Butt et al., 2020, Ag content is nearly homogeneous, mostly in the range 3 to 20 wt.%.
This is typical of hypogene gold, meaning the ore forming processes have occurred deep below the Earth's surface. Opposite is a supergene process which appears in surficial conditions. Studied gold nuggets display often coherent twins revealing that that they have been formed in the bedrock by thermal annealing at temperatures over 250°C.
Commonly nuggets were found in residual soil or in sediments drifted downhill within colluvial accumulations or by water flow in alluvial gravel-sand formations. It is possible to find gold in these formations on the surface or at shallow depths, while from sediments in palaeodrainages at depths of several tens of meters. Residual soil occurs usually above eroded ore, colluvial formations are rain-wash accumulated locating at the base of hillslopes. A typical gold rich placer deposit, an alluvium, has been deposited by running water in stream beds (Fig.2a).
Riverbeds are often ancient and have formed thick deposits, i.e., palaeodrainages. Vast rivers are by their nature, usually

poca profondità, ma anche a diverse decine di metri di profondità, come nel caso dei sedimenti dei paleoalvei (antichi letti dei fiumi abbandonati).
Il suolo residuo si forma per frammentazione e decomposizione della roccia sottostante, rimane nella sua posizione originale ed è spesso ricco di minerali.
Le formazioni colluviali sono, invece, depositi di materiale roccioso che si accumulano alla base dei pendii, trasportati per scivolamento del suolo o dal vento.
Infine, i depositi placer più comuni e ricchi di oro sono costituiti da sedimenti alluvionali, creati dall'erosione dell'acqua e trasportati a valle nei letti dei fiumi (Fig.2a).

I fiumi di grandi dimensioni, per loro natura, sono dei corsi d'acqua con una rete di canali fluviali intrecciati e separati da piccole isole, spesso temporanee (Fig.2b).
Le pepite d'oro hanno una forma arrotondata, la superficie è liscia con alcune cavità riempite occasionalmente da materiale terroso e da residui di roccia originale. In base agli studi australiani (Butt et al., 2020), pochissime pepite contenevano tracce di minerali primari, il quarzo venato è praticamente stato l'unico trovato; i materiali secondari, invece, erano per lo più ossidi di ferro (Fe), argilla e calcite.
Sulla superficie esterna è stata riscontrata una diminuzione dell'argento, il che significa che le pepite si dissolvono in qual-

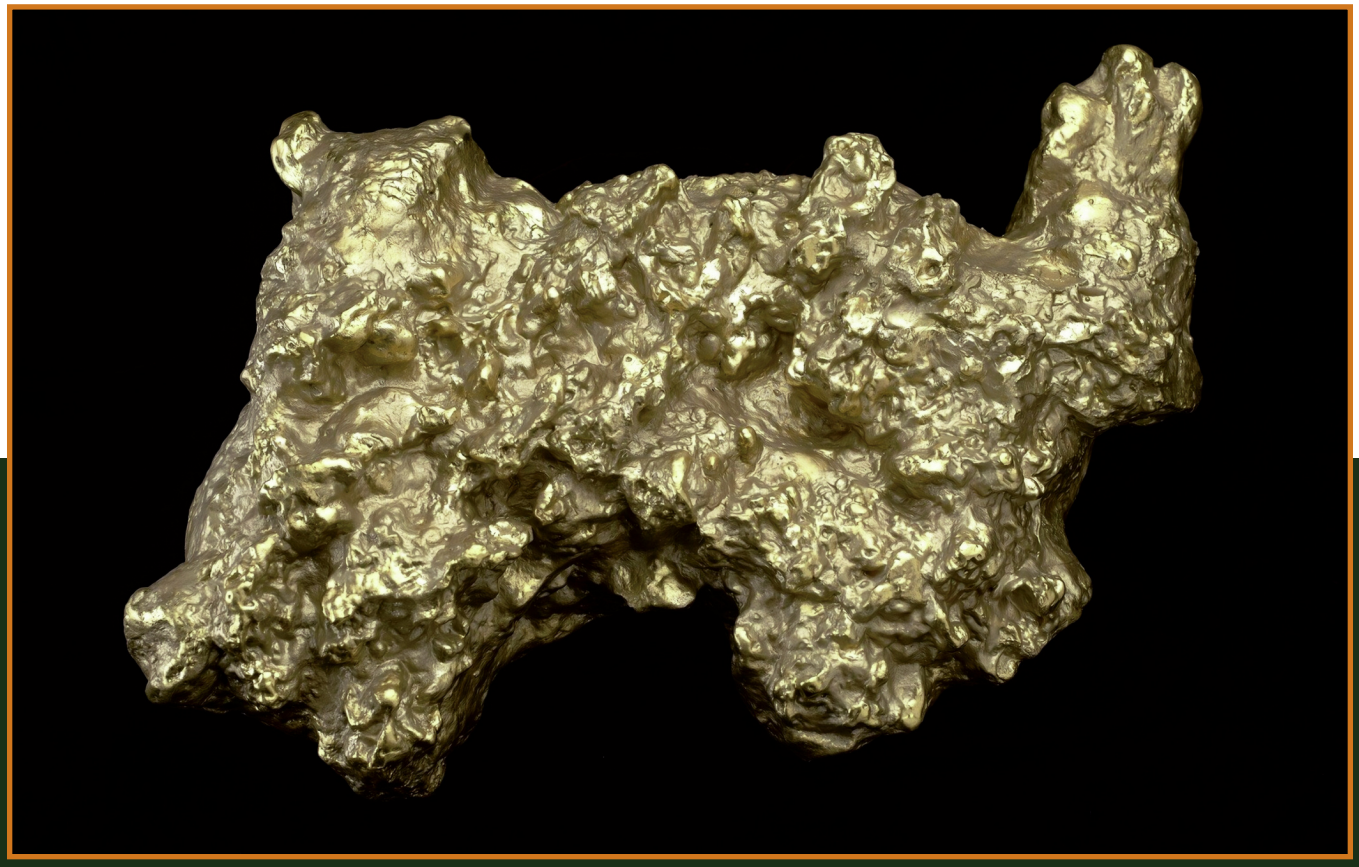


Fig.3 Pepita d'oro "Welcome Stranger" (1869), replica [M 20314]. Originale trovato nel giacimento aurifero di Victoria in Australia
Gold Nugget 'Welcome Stranger' (1869), a replica [M 20314]. Original found in Victorian goldfield of Australia
Copyright Museums Victoria, Photo by Rodney Start

braided streams, having multiple, a network of river channels separated by small, often temporary, islands called braid bars (Fig.2b).
Gold nuggets are often rounded, surface is smooth and pitted with some cavities filled occasionally with soil material and weathered parent rock. According to the exam of Australian gold (Butt et al., 2020), vein quartz is practically the only primary mineral found to be connected to gold grains.
Very few grains and nuggets examined in the study contained remnants of primary minerals. Secondary material connected to grains were mostly iron (Fe) oxides, clays and calcite.
Ag depletion is common on the external surface which means nuggets are dissolving in the surface environment to some extent. Ag-poor rims, 10-100 μm thick, are commonly brighter yellow than internally parts of grains.

Most nuggets are originated in deep levels in bedrock, occurring as an alloy, with 3 up to 20 wt.% Ag, more rarely, with other metals such as Cu, Hg (mercury), PGE (platinum-group elements), usually <2 wt.%.
The general rounded shape of gold grains comes from significant weathering and transportation from eroding ore to placer deposits during million years.
Majority of placer gold came from river flow sediments, i.e., alluvial deposits, like California, Klondike and Nome as well regions with a thick residual regolith.
The Victorian goldfield of Australia produced both the greatest numbers and the largest (Butt et al., 2020).
The two largest reported gold pieces, the Welcome and the Welcome Stranger, were 2218 oz (≈ 69 kg) and 2315 oz (≈ 72 kg), respectively (Fig.3).

che misura nell'ambiente. I bordi poveri di argento, spessi 10-100 μm, sono comunemente più luminosi rispetto alle parti interne. La maggior parte delle pepite si origina in profondità, nel substrato, e si presenta come una lega con un contenuto di argento variabile tra il 3 e il 20% in peso e, più raramente, sono presenti piccole percentuali (inferiori al 2%) di altri metalli come Cu, Hg (mercurio) e PGE (elementi del gruppo del platino). La forma generale arrotondata è dovuta all'erosione degli agenti atmosferici e allo spostamento fino ai depositi placer, nel corso di milioni di anni.
La maggior parte dell'oro proviene da sedimenti fluviali, cioè da depositi alluvionali, come quelli in California e nel Klondike, nonché da regioni con uno spesso strato di regolite.
Il giacimento aurifero di Victoria, in Australia, ha prodotto sia il maggior numero, sia le pepite più grandi (Butt et al., 2020), quali la Welcome e la Welcome Stranger, che pesavano 2.218 once (circa 69 kg) e 2.315 once (circa 72 kg) (Fig.3).

3. L'ORO NEL SOTTOSUOLO

I depositi di oro nel substrato roccioso sono collegati agli eventi di formazione delle catene montuose nelle cinture orogeniche (metamorfismo e deformazione) e sono tipicamente localizzati in zone di faglia, dove aree di substrato roccioso solido si sono spostate le une rispetto alle altre.
Lehmann, 2023, divide i giacimenti in due categorie: i depositi di solo oro e i depositi di oro più altri metalli di base.
I fluidi acquosi caldi trasportano l'oro attraverso la roccia e si dividono in fluidi ridotti e a bassa salinità, che depositano solo oro, e in fluidi salini e ossidati che possono portare oro insieme a metalli di base.
Circa l'80% della produzione mondiale di oro di tutti i tempi proviene da giacimenti di solo oro. Un esempio di deposito di oro più altri metalli di base è, invece, la miniera di Outokumpu, nell'est della Finlandia, operativa dal 1910 al 1989 (minerale polimetallico di Cu-Zn-Co con quantità minori di Au, 0,8 g/tn e Ag, 9 g/tn).
I depositi primari di oro sono per lo più epigenetici, ovvero la formazione del minerale è avvenuta dopo la formazione delle rocce adiacenti e di altri eventi di mineralizzazione.
I minerali singenetici sono, invece, contemporanei alla formazione delle rocce circostanti.
I depositi di minerali epitermali derivano dalla circolazione di acque saline a basse profondità (1-2 km) con una temperatura che varia da circa 150 a 300°C (White & Hedenquist, 1995), mentre quelli mesotermali si formano attraverso l'interazione tra fluidi e rocce a temperature più elevate, superiori a 350°C, e profondità di 3-5 km sotto la crosta terrestre (Weick, 1994).
Nelle condizioni tipiche delle facies di anfiboliti e di scisti verdi, con temperature e pressioni elevate, i minerali presenti nelle rocce rilasciano acqua e carbonio intrappolati nelle loro strutture cristalline (l'acqua proviene dai silicati e il carbonio dai carbonati), creando dei fluidi che trasportano le particelle d'oro

3. GOLD ORES IN BEDROCK

Gold deposits in bedrock are connected to mountain building events in orogenic belts (metamorphism and deformation), localized typically in shear zones, where solid bedrock areas have moved relative to each other.
Lehmann, 2023 divides occurrences into two categories: gold-only deposits and gold-plus deposits in which gold is recovered along with the production of base metals.
Hot aqueous fluids transport gold, of which reduced and low-salinity fluids depose gold-only type ores and saline and oxidized fluids gold with base metals. About 80% of all-time world gold production has produced from gold-only formations. An example of gold-plus deposit was Outokumpu mine in eastern Finland, operated in years 1910-1989 (Cu-Zn-Co polymetallic ore with minor Au, 0.8 g/tn and Ag, 9 g/tn).
Primary gold deposits are mostly epigenetic, meaning the ore formation happened after the formation of adjacent rocks and other mineralization events. Syngenetic ores are connected to the formation of surrounding rocks.
Epithermal ore deposits come from circulation saline waters at shallow depths 1-2 km in temperature range of about 150°C to 300°C (White & Hedenquist, 1995), while mesothermal by fluid-rock fluid interaction in that higher temperatures, >350°C at depths of 3-5 kilometers below the crust (Weick, 1994).
Orogenic gold-bearing aqueous-carbonic fluids are formed when minerals release crystal bound water and carbon into volatiles at greeschist-amfibolite facies conditions (water from silicates and carbon from carbonates).
Mesozonal (≈ 6-12 km) and hypozonal (≈ > 12 km) prefer formation of economic gold resources compared to epizonal levels (≈ < 6 km). Shallow levels gold has connection to gold and sulfur bearing volatiles at roof zones of felsic intrusion, while those deeper levels solubility of gold in aqueous-carbonic fluids, which hardly have originated from magmatic intrusions (Goldfarb & Pitcairn, 2023).
Brittle-ductile deformation and gold bearing fault-fill and extensional vein networks are typical in ores which were formed at mesozonal depths, generally at 6-12 km.
Replacement-type mineralization are common in shear zones of the deeper ductile crust (> 12 km). Gold ores in breccia and stockworks are formed at shallow depths (3-6 km).
Brittle deformation has caused faulting, instead ductile deformation in higher temperatures prograde by recrystallization of minerals without discrete fault planes.
Gold deposits in Finland are Au-rich volcanogenic massive sulfide (VMS) type, metamorphosed high-sulfidation mesothermal and porphyry gold-copper types, also occurrences of which genetic type is hydrothermal but not strictly connected to epithermal gold or other main ore types (Eilu et al., 2007 and Eilu, 2015). These not included in the main types are Au-Co ± Cu occurrences in the Kuusamo schist belt (gold, cobalt, copper), Au-U occurrences in the Peräpohja schist belt (gold-uranium), and the Pahtavaara gold deposit (Fig.4a).
Bedrock of Finland ages Archaean (older than 2800 Ma) and Paleoproterozoic (youngest ages 1800 Ma), so, the shallow level epithermal ores have been eroded away but exposed deeper formed mesothermal epigenetic ores like Kittilä gold at present surface. Kittilä deposit occurs among

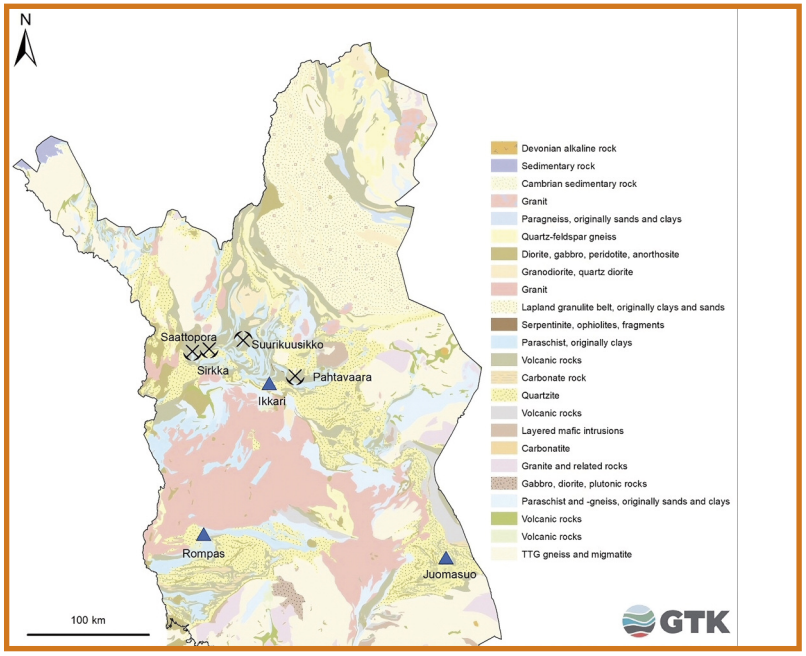


Fig.4a Giacimenti di oro nel nord della Finlandia. C'è una miniera in funzione, Suurikuusikko (miniera di Kittilä), tre miniere chiuse (Saattopora, Sirkka e Pahtavaara), mentre sono in corso studi sui giacimenti di Ikkari, Rompas e Juomasuo. Mappa creata da Riitta Turunen
Gold deposits in northern Finland. There is one mine in operation, Suurikuusikko (Kittilä mine), three closed miners (Saattopora, Sirkka and Pahtavaara), while ongoing studies in Ikkari, Rompas and Juomasuo deposits. Riitta Turunen completed the map
© GTK. Bedrock © DigiKP © Geological Survey of Finland (GTK)

attraverso il terreno.
La mesozona (≈ 6-12 km di profondità) e l'ipozona (oltre i 12 km) sono ambienti più favorevoli alla formazione di risorse aurifere, rispetto all'epizona (fino a 6 km). L'oro, infatti, nei livelli superficiali della crosta terrestre è legato alla presenza di vapori contenenti particelle di oro e zolfo, rilasciati durante il processo di formazione di intrusioni felsiche, mentre più in profondità l'oro è solubile in fluidi acquosi-carbonici che, difficilmente, hanno origine da intrusioni magmatiche (Goldfarb & Pitcairn, 2023).
A profondità mesozonali, generalmente tra 6 e 12 km, le rocce mostrano comportamenti sia fragili che duttili e queste deformazioni creano delle faglie e delle fratture che possono fornire spazi per il movimento dei fluidi contenenti oro.
A profondità superiori ai 12 km, le rocce tendono a deformarsi in modo duttile scivolando lungo i piani di faglia e può avvenire una mineralizzazione di tipo sostitutivo.
Infine, tra i 3 e i 6 km di profondità la breccia è soggetta a una deformazione fragile, le rocce si fratturano creando degli spazi all'interno dei quali si depositano i minerali auriferi.
I giacimenti di oro in Finlandia sono di tipo sol-

several fractured rock sequences along Kiistala shear zone (Fig.4b). Compositional alteration of hosting rocks and abundant sulfides characterize the shear zones connected ore types. Geological ages are expressed by term Ma (mega annum, one million years).

4. GOLD RUSH IN LAPLAND

Lapland goldfields locate in municipalities of Inari and Sodankylä. Major gold rushes happened in three periods from late 1860s to mid-1940s in rivers Ivalojoki, Tankavaara and Lemmenjoki (Fig.5).
The Lapland gold rush, better known as the Ivalo Gold Rush, occurred in the 1870s even though the first nuggets were found couple of years earlier. Finland was not an independent country at that time, it existed as an autonomous state of the former Russian Empire between years 1809 and 1917 (Grand Duchy of Finland).
The gold rush lasted only few years. It did not have the same scale than the major 19th century gold rushes but had a great significance locally in Lapland and in the entire country.
Ivalo gold was found by an exploration expedition in late 1860s. The reason for establishment of the expedition were the first weak remarks of gold from Finnish side of the Tana River, near Utsjoki village. Those little indications of gold were found by Norwegian geologist Tellef Dahll in the 1860s. The expedition sent to Lapland the Finnish Mining Board in 1868. The fast action after the first discovery based also to bad economic situation in those years, at the same time there was a great famine in Finland due to the

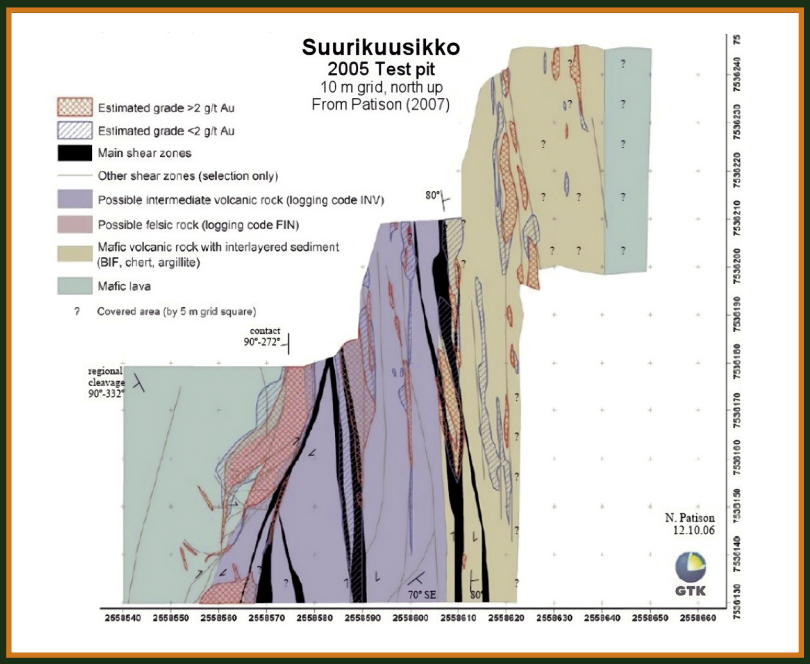


Fig.4b Mappa geologica del pozzo di prova di Suurikuusikko (Kittilä gold) di N. Patison. Rapporto sui depositi minerari / *Geological map of Suurikuusikko test pit (Kittilä gold) by N. Patison. Mineral Deposit Report, Geological Survey of Finland*

furo massiccio vulcanogenico (VMS), mesotermico metamorfosato ad alta solfatazione e di tipo porfirico oro-rame, oltre a giacimenti di tipo idrotermale, ma non strettamente correlati all'oro epitermale o ad altri tipi di minerale principali (Eilu et al., 2007 e Eilu, 2015). Non sono inclusi nei principali tipi i giacimenti Au-Co ± Cu nella fascia scistosa di Kuusamo (oro, cobalto, rame), i giacimenti Au-U nella fascia scistosa di Peräpohja (oro-uranio) e il giacimento aurifero di Pahtavaara (Fig.4a). Il substrato roccioso della Finlandia risale all'Archeano (più vecchio di 2800 Ma) e al Paleoproterozoico (con età più giovane di 1800 Ma). Quindi i giacimenti di oro superficiali sono stati erosi, mentre quelli che si sono formati a profondità maggiori, come quello di Kittilä, sono stati portati in superficie dai movimenti geologici.
Il giacimento di Kittilä è situato lungo la zona di faglia di Kiistala (Fig.4b). Le rocce originali mostrano segni di alterazione chimica e la presenza di una grande quantità di solfuri, indicativi dell'ambiente in cui si è formato l'oro. L'età geologica di queste rocce è espressa con il termine Ma (mega annum, un milione di anni).

4. LA CORSA ALL'ORO IN LAPPONIA

I giacimenti auriferi in Lapponia si trovano nei comuni di Inari e Sodankylä. Le grandi corse all'oro si sono verificate in tre periodi, tra il 1870 e il 1945, lungo i

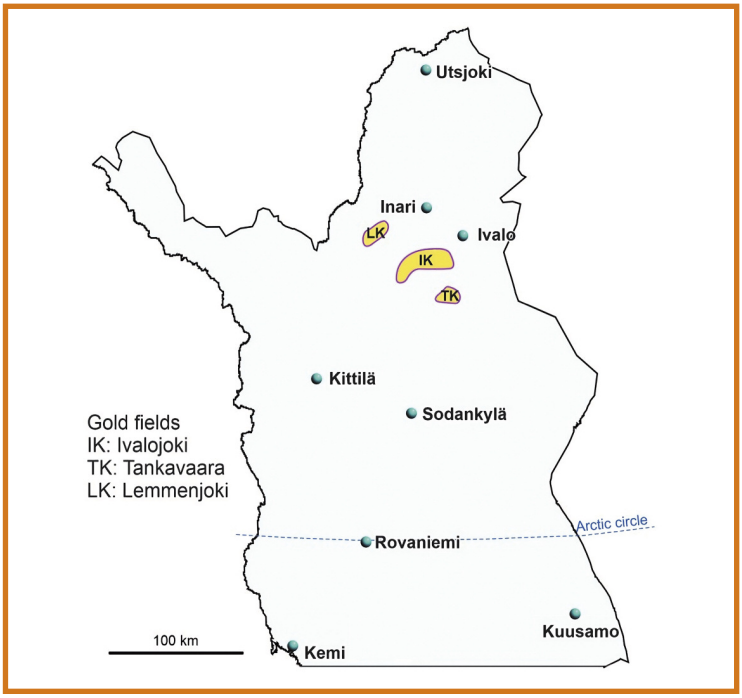


Fig.5 Giacimenti auriferi della Lapponia in una mappa con indicate Rovaniemi e le altre principali città / *Goldfields of Lapland according to a map in website (only in Finnish), Tarinoita kullasta ja ohjeita kullankaivajalle. Rovaniemi and other main towns in Lapland on the map. Riitta Turunen completed the map*
© GTK Base map © National Land Survey of Finland

bad harvest years. The engineer Conrad Lihr led the expedition. It took several months to visit Utsjoki and explore numerous places until Lihr and the expedition finally found gold in September 1868 from the river Ivalojoki in the municipality of Inari (Fig.6). After the discovery of gold, it was written a new law of gold mining in April 1870 so that every "decent" man of the Grand Duchy of Finland and the Russian Empire had the opportunity to prospect and dig gold.

Fig.6 Vista del fiume Ivalojoki nei pressi del campo di Kultala all'inizio del XX secolo
View of the Ivalojoki river nearby the Kultala camp at the beginning of the 20th century.
© Geological Survey of Finland, photo by Benjamin Frosterus, in the year 1903

The Ivalo gold rush started in the year 1870. When it was as largest there were 500 prospectors, in all almost 600 people when government official, geologists and other professionals at the service point, called the "Kultala Crown Station", were also counted. The best places (mining claim areas) produced about 10 kilograms of gold yearly, average catch of nuggets in a year was less than kilo. The digging was possible to do during summer season from May to September (in winter season there is snow, rivers are covered by ice and the ground is also frozen). Gold prospecting was also done in the branch of Ivalojoki, river Sotajoki of the most rewarding (Fig.7).
The gold started running out in couple years and the rush was over soon. The first location of Ivalo gold rush was almost abandoned in the early 1880s.
In many mining districts working groups were lucky to dig gold couple kgs in every year, best places gave nuggets along ten years, totaling over 30 kg per license area.
Every gold rush caused disputes and problems, also at Ivalojoki. Stories lived long and still do,

fiumi Ivalojoki, Tankavaara e Lemmenjoki (Fig.5).
La prima corsa all'oro in Lapponia, meglio conosciuta come Ivalo Gold Rush, si verificò intorno al 1870, anche se le prime pepite furono trovate un paio di anni prima. All'epoca la Finlandia non era un Paese indipendente, ma uno Stato autonomo dell'ex Impero russo (Granducato di Finlandia).
La corsa all'oro durò solo pochi anni e non ebbe la stessa portata delle grandi corse all'oro del XIX secolo, anche se influì a livello locale in Lapponia e nell'intero Paese.
L'oro di Ivalo fu trovato da una spedizione esplorativa inviata dal Consiglio minerario finlandese nel 1868. Le autorità erano state contattate dal geologo norvegese Tellef Dahll che, mentre conduceva delle indagini geologiche, trovò delle tracce di oro sulla sponda finlandese del fiume Tana, vicino al villaggio di Utsjoki. La decisione fu presa rapidamente poiché, a quel tempo, la Finlandia soffriva di una grave carestia e il governo sperava che l'oro potesse risollevare l'economia del Paese.
La spedizione fu guidata dall'ingegnere Conrad Lihr e, dopo diversi mesi di ricerca nei dintorni di Utsjoki, nel settembre del 1868 trovò finalmente l'oro nel fiume Ivalojoki, nel comune di Inari (Fig.6).
Dopo la scoperta, nell'aprile del 1870 fu emanata una nuova legge sull'estrazione dell'oro, in base a cui ogni uomo "rispettabile" del Granducato di Finlandia e dell'Impero russo aveva l'opportunità di cercare l'oro gratuitamente.
La corsa all'oro sul fiume Ivalo iniziò nel 1870. Circa 500 cercatori si fecero strada per raggiungere la zona, in tutto quasi 600 persone, se si contano anche i funzionari statali, i geologi e gli addetti della "Kultala Crown Station", un centro istituito dal governo per rilasciare le licenze e acquistare l'oro. Le aree migliori producevano circa 10 chilogrammi d'oro all'anno, mentre la media di pepite in un anno era inferiore al chilo. L'attività era possibile solo durante la stagione estiva, da maggio a settembre (in inverno c'è la neve, i fiumi sono coperti dal ghiaccio, così come il terreno).
L'oro, però, iniziò ad esaurirsi dopo un paio d'anni e l'area del fiume Ivalo fu quasi abbandonata all'inizio del 1880, con i pochi cercatori rimasti che si spostarono verso il fiume Sotajoki, più remunerativo (Fig.7).
In molti distretti minerari i gruppi di lavoro erano stati fortunati a trovare un paio di kg d'oro all'anno, mentre le aree migliori avevano garantito pepite per dieci anni, per un totale di oltre 30 kg per area autorizzata. Come in ogni corsa, anche a Ivalojoki, si verificarono dispute, problemi e i racconti si sono tramandati nel tempo fino ad oggi, anche grazie al film che ha raccontato quella prima fase di ricerca dell'oro, intitolato "Lapin kullan kimallus" (diretto da Åke Lindman nel 1999), poi prodotto come serie televisiva trasmessa nel 2001.
Quando la corsa all'oro di Ivalo si affievolì, i cercatori d'oro locali si spostarono verso i piccoli corsi d'acqua di Laanila nel

Fig.7 Kosti Nordlund alla ricerca dell'oro nel Sotajoki (un affluente dell'Ivalojoki) nel 1924. La zona tra i due fiumi era molto produttiva e nel primo anno della Ivalo Gold Rush un cercatore, di nome Johan Tallgren, riuscì a trovare quasi 25 kg di oro / *Kosti Nordlund panning for gold in the Sotajoki (a branch of Ivalojoki) in the year 1924. The branch of rivers Sotajoki and Ivalojoki was very productive where in the first years of Ivalo gold rush a gold prospector, named Johan Tallgren dug 25 kg gold in one year*
© Geological Survey of Finland, photo by Aarne Laitakari

also as did the movie telling the first season of gold panning "Lapin kullan kimallus" (directed by Åke Lindman in the year 1999) and was also produced as a TV series, shown in the year 2001.
When the Ivalo gold rush faded, local gold diggers moved to the small streams of Laanila in the Saariselkä district. In 1935, Finland's largest gold nugget was found in the area (Fig.8).
The second gold rush started when the indigenous Saami men found gold in Tankavaara in 1934. Discovery has remained as a living story.
A local Sami man, a reindeer herder had a dream in which a strange man told him the exact place, where there would be gold (and that's where the treasure was).
Tankavaara district interested several Finnish prospectors also the Swedish mining company Boliden AB.
Prospecting and digging of gold were active until late 1940s. The following decades were quiet but since the 1970s, the Tankavaara has been a tourist spot, including restaurants, hotels, and a gold prospecting museum.
Another minor gold rush in Lapland occurred in 1945 when gold was found in the river Lemmenjoki. The area has been the most profitable region during latest decades and still active. Lemmenjoki area including several mining claims, produces majority of gold found from Lapland gold fields, 20-30 kg yearly. Digging has usually been made by machines but at present, only manual gold panning is legal according to the Mining Act that entered into force in 2011 (the final end to mechanized gold mining in 2020 after a nine-year tran-

distretto di Saariselkä. Nel 1935, nella zona fu trovata la pepita d'oro più grande della Finlandia (Fig.8).
La seconda corsa all'oro iniziò quando dei lapponi trovarono l'oro a Tankavaara nel 1934. Un indigeno del popolo Sami, pastore di renne, fece uno strano sogno in cui un uomo gli indicò il luogo esatto in cui si sarebbe trovato l'oro (e lì effettivamente c'era).
Il distretto di Tankavaara attirò l'attenzione di diversi cercatori finlandesi e anche della società mineraria svedese Boliden AB.
La prospezione e la ricerca dell'oro furono attive fino alla fine del 1940.
I decenni successivi furono tranquilli, ma dal 1970 Tankavaara è diventata una località turistica, con ristoranti, alberghi e un museo della prospezione aurifera.
Un'altra breve corsa all'oro in Lapponia si verificò nel 1945, quando fu trovato dell'oro nel fiume Lemmenjoki.
L'area è stata la regione più redditizia negli ultimi decenni ed è tuttora attiva. L'area di Lemmenjoki comprende diverse concessioni minerarie e produce la maggior parte dell'oro trovato nei giacimenti lapponi, 20-30 kg all'anno.

Fig.8 La più grande pepita d'oro mai trovata in Finlandia, 392,9 g. La scoperta fu fatta dal cercatore Eevert Kiviniemi nel 1935. Il luogo di scavo si trovava nel fiume Luttojoki, nella zona di Saariselkä
The largest gold nugget ever found in Finland, 392.9 g. The discovery was made by the prospector Eevert Kiviniemi in the year 1935. The digging place located in the River Luttojoki in the Saariselkä area. Photo by Pekka Virtanen

La ricerca dell'oro è sempre stata effettuata con macchinari, ma attualmente a Lemmenjoki è legale solo la ricerca manuale, in base a una legge sulle miniere entrata in vigore nel 2011. L'introduzione di questa restrizione ha come scopo la salvaguardia dell'ambiente.

sition period. The restriction is intended to save nature values.

5. ORIGIN OF LAPLAND GOLD

Origin of Lapland gold nuggets, i.e., placer gold is still missing even the exploration has lasted 150 years. One reason for that is thick glacial sediments covering the bedrock.
Gold panning begun in late 1860s in Ivalojoki. Average gold content in river sediments was 7 grams in cubic meter and as highest about 40 grams. In early 1990s there was operating the first gold mine in Saattopora and since 2009 still active Suurikuusikko (Kittilä mine) in municipality of Kittilä, both locating in central Lapland green schist belt.
Saattopora's gold was free-milling type (enriching by gravity) while gold in Suurikuusikko is interlocked in sulfide minerals (enriching by chemical processing).
Grain size in those ores, as usually in orogenic gold formations is very small (10-30 microns) compared to sedimentary placer deposits (in average up to 1500 microns).
Here are some explanations about the origin of Lapland placer gold. There has been long-lasting deep erosion at first and when there was gold in weathered bedrock areas, it has remained in lateritic residual sediments. Flowing water has removed light mineral substances away, but heavy gold grains has been mostly stayed and enriched at the same time among gravel layers on the erosion place. Such a residual sedimentary formation that has remained in erosion site or moved only small distances, is called a placer deposit (Fig.9).
Gold occurs typically as relatively big grains and are, or at least the surface rims rich in gold. Those nuggets very rich in gold are formed from gold bearing surface waters, while those

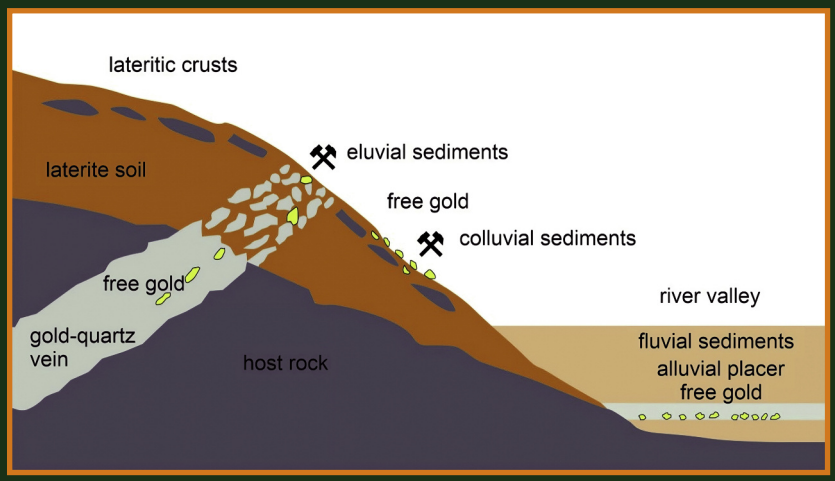


Fig.9 Immagine del processo di erosione-sedimentazione di un giacimento d'oro. L'oro libero si trova nei sedimenti eluviali (sito di erosione) e nei sedimenti colluviali (spostati verso il basso dalla pioggia e/o precipitati). L'oro alluvionale negli strati di ghiaia è sepolto sotto i sedimenti del canale
An image of erosion-sedimentation process of a placer gold. There is free gold for panning in eluvial sediments (erosion site) and colluvial sediments (down-hill moved sediment by rain-wash and/or slow continuous downslope creep). Alluvial gold in graver layers is buried under channel sediments. The illustration by the author

5. ORIGINE DELL'ORO LAPPONE

L'origine delle pepite e dei depositi di oro placer è ancora sconosciuta in Lapponia, anche se l'esplorazione dura da 150 anni. Una delle ragioni è la presenza di spessi sedimenti glaciali che ricoprono il substrato roccioso.

La ricerca dell'oro è iniziata alla fine degli anni '60 del 1800 a Ivalojoki. Il contenuto medio di oro nei sedimenti fluviali era di 7 grammi per metro cubo e il massimo raggiungeva i 40 g.

Intorno al 1990 divenne operativa la prima miniera d'oro a Saattopora e dal 2009 è ancora attiva la miniera di Suurikuusikko (Kittilä) nel comune di Kittilä, entrambe situate nella cintura di scisto verde della Lapponia.

L'oro di Saattopora era in forma libera (estrazione per gravità), mentre l'oro a Suurikuusikko è incluso in minerali solfuri (estrazione con trattamento chimico). La dimensione dei grani di oro in queste miniere, come di consueto nelle formazioni aurifere orogeniche, è molto piccola (10-30 micron) rispetto a quella dell'oro nei depositi placer (in media fino a 1500 micron).

Per quanto riguarda l'origine dei depositi di oro placer in Lapponia, si ritiene che si sia verificata una lunga e profonda erosione iniziale e che l'oro presente nelle aree di roccia meteorizzata si sia depositato nel suolo residuo. L'azione dell'acqua ha rimosso le sostanze minerali più leggere, mentre si ritiene che le pepite, dato il maggior peso, siano rimaste nel luogo di erosione e si siano accumulate tra i depositi di ghiaia.

Una formazione sedimentaria residuale di questo tipo, che è rimasta nella zona di erosione o si è spostata solo per brevi distanze, è chiamata anch'essa deposito placer (Fig.9).

L'oro si presenta tipicamente sotto forma di pepite relativamente grandi, con percentuali di oro molto alte.

Le pepite più pure si formano quando le acque superficiali trasportano le particelle di oro che si depositano e si accumulano aggregandosi in determinate aree, mentre quelle che contengono anche argento e/o rame conservano la composizione originali delle rocce da cui provengono (Tuisku & Peronius, 2018).

Nei sedimenti del giacimento placer di Ivalojoki si trovano vari materiali, dalla ghiaia alla sabbia. Le aree lungo le sponde dei fiumi, sia attuali che precedenti, sono risultate essere ricche di oro; quantità minori sono state riscontrate anche negli strati di till che circondano queste zone fluviali.

Sono stati identificati tre strati geologici contenenti oro a seconda dell'area geografica: a Ivalojoki l'oro è presente negli strati superficiali del suolo, a Lemmenjoki l'oro è più abbondante nei livelli più profondi, vicino al substrato roccioso, mentre a Tankavaara si trova soprattutto nelle formazioni di till (Tuisku & Peronius, 2018).

I sedimenti più spessi risalgono a 100.000 anni fa e si trovano sotto a sedimenti più recenti che risalgono all'ultima glaciazione, avvenuta circa 10.000 anni fa. Tra questi ultimi stra-

one which also contains silver and/or copper are quite well-preserved the original composition of gold ores during long time erosion (Tuisku & Peronius, 2018).

Sediments of Ivalojoki placer varies from gravel to sand.

Banks of the river-beds - current and previous beds - were rich in gold, also less amounts in surrounding till layers.

There are basically three gold bearing horizons, albeit differences by area. Gold in top layers of soil characterize Ivalojoki area while in the most bottom layers against bedrock in Lemmenjoki prospects. Tankavaara gold occurs mostly in till formations (Tuisku & Peronius, 2018).

Thick sediments have about 100 000 years old layers under the uppermost sediments of latest glaciation which took place 10.000 years ago. The layers that yield the most gold show on the surface a washed-out sediment, the second one formed on the previous riverbed, sand rich till (the horizon is called a pay streak layer) and the lowest horizon is the regolith containing sediment and pieces of weathered bedrock. The pay streak layer means where gold is worth digging for. Shape of gold nuggets are roundish or ovoid, in places grains are like tree branches, also flat like grains are relatively common. Usually over 0.75 mm grains can be recovered from sediments by with the usual gold panning methods. The gold prospectors have given names for the different grain sizes: breathless (less than 0.5 mm), louse egg (0.6-0.9 mm), baby louse (1-2 mm), louse (2-4 mm), bedbug (5-9 mm), cockroach (10-14 mm) and a big one by Finnis "isomus" (a nugget larger than 15 mm).

As a conclusion Tuisku & Peronius, 2018 emphasize that original gold ores locate near the already known placers.

Epigenetic gold has been formed in shears and accumulated in lateritic sediments after long-lasting erosion.

Riverbeds have been located on the same shears-zones and transported gold into river sediments, forming placer gold deposits like Ivalojoki etc. of Lapland goldfields.

River placers have been profitable, as an example Australia's Victoria placer has produced more than 340 tons of gold, Siberia's Sukhoi more than 1500 tons, and Alaska's Yukon's Dawson City about 300 tons.

These number has been the reason for dreams of better future, also caused significant human sacrifices on the goldfields and as well the continuation of ore exploration even after the main gold rushes. Several of the gold panning sites have indeed developed into mining areas, for example the mining of silver and later also with opening of sulfide mines.

6. INDUSTRY

There is one operating gold mine in Lapland, Suurikuusikko, also known as Kittilä mine (Jokisivu and Pampalo mines are in south-western and eastern parts of Finland). There are also three mines where are plans to restart production. One of these locates in northern Finland (Pahtavaara).

On of the earliest gold prospect, Sirkka occurred in Lapland greenstones, actively studied from late 1930s to mid-1950s. The first gold mine, Saattopora located in western part of the same greenstone belt, operating years 1988-1995.

The latest gold project, Ikkari strengthen still more the ore

ti, quelli che producono la maggior quantità di oro mostrano in superficie un sedimento eroso dall'acqua. Sopra è presente un ulteriore strato che si è formato sul precedente alveo fluviale, composto da una sabbia ghiaiosa ricca di oro (strato pay streak o pagante), dove l'estrazione del minerale si ritiene redditizia.
La forma delle pepite d'oro è rotonda o ovoidale, in alcuni punti i grani sono simili a rami d'albero, mentre quelli piatti sono relativamente comuni. Di solito i grani superiori a 0,75 mm possono essere recuperati dai sedimenti con i metodi tradizionali di lavaggio. I cercatori d'oro hanno dato dei nomi alle diverse dimensioni dei grani: senza fiato (inferiori a 0,5 mm), uovo di pidocchio (0,6-0,9 mm), piccolo pidocchio (1-2 mm), pidocchio (2-4 mm), cimice (5-9 mm), scarafaggio (10-14 mm) e "isomus", un termine finlandese per una una pepita più grande di 15 mm.
In conclusione Tuisku & Peronius, 2018, ipotizzano che i giacimenti di oro originali siano vicino ai placer scoperti e che l'oro epigenetico si sia formato nelle faglie e si sia accumulato nei sedimenti lateritici dopo una lunga erosione. I letti dei fiumi si sono collocati sulle stesse zone di faglia e hanno trasportato l'oro nei sedimenti fluviali, formando depositi aurifero di tipo placer, come quelli di Ivalojoki, in Lapponia.
I giacimenti fluviali sono spesso redditizi; ad esempio il giacimento di Victoria in Australia ha prodotto più di 340 tonnellate d'oro, quello di Sukhoi in Siberia più di 1.500 tonnellate e quello di Dawson City nello Yukon in Alaska, circa 300 tonnellate. Questi numeri hanno fatto sperare in un futuro migliore, ma hanno anche causato notevoli sacrifici umani e hanno spinto a continuare nell'esplorazione mineraria anche al termine delle principali corse all'oro.
Molti dei siti di ricerca si sono trasformati in aree minerarie, ad esempio per l'estrazione dell'argento e, successivamente, di solfuri.

6. INDUSTRIA

In Lapponia è attiva una miniera d'oro, Suurikuusikko, nota anche come miniera di Kittilä (le miniere di Jokisivu e Pampalo si trovano nella parte sud-occidentale e orientale della Finlandia). Ci sono anche altre tre miniere dove sono previsti dei piani per riprendere la produzione.
Una di queste si trova nel nord della Finlandia (Pahtavaara). Uno dei primi giacimenti auriferi, Sirkka, è stato scoperto nella cintura delle rocce verdi della Lapponia ed è stato studiato attivamente tra circa il 1930 e il 1950.
La prima miniera d'oro, Saattopora, situata nella parte occidentale della stessa cintura di rocce verde, è stata operativa negli anni 1988-1995. Il più recente progetto aurifero, Ikkari, conferma, ulteriormente, la possibilità di trovare oro nelle rocce di tipo scisto verde della Lapponia.

potential of the green schist formations in Lapland.
Suurikuusikko or Kittilä gold, the European largest gold mine is impressive. The author of the article had an opportunity to visit the mine on August 18, 2022. Many thanks to the host and guide of the visit, Alexandra Heller (a structural geologist of the mine). Before going to underground there was a presentation on beneficiation processing of gold by senior metallurgist Lauri Veki. It took about six hours to have a glance to three actively operated parts of the deposit (Fig.10).
During the visit underground, there was an introduction to structure of the ore, and see the so-called hanging wall of the ore (west side of the ore), which composes massive mafic volcanic rock, that is intensively deformed in the ore zone with cherts, banded-iron formations (BIF) and argillites.
Footwall side, at the same the east side of the ore shows pillow structured and massive mafic lavas and a graphite-bearing schist against the mineralization, described in detail Armengol, 2015. The mineralization strikes from north to north-east, plunges to north and the dipping is almost vertical (Tommila, 2014).
The mining method is open stoping followed by delayed backfill (ores between filled blocks are extracted afterwards). Overlapping mining levels are every 25 m, i.e., the height of each quarry. The ore is moved to the surface crusher using underground haul trucks, access route via ramps is about 4400 m. Mining started in the year 2009, firstly as an open pit and since 2012 ran as an underground mine.
The depth of the mine was in August 2022 about 1000 meters. Yearly production using the new 1044-metre-deep shaft will be

Fig.10 Visita alla miniera d'oro sotterranea di Kittilä, l'autore dell'articolo nella foto. La foto è stata scattata alla fine del tunnel di accesso a un'area di estrazione, sullo sfondo uno scisto ricco di grafite, tipicamente presente a contatto con la mineralizzazione / *Visit in Kittilä underground gold mine, the author of the story in the picture. Photo was taken in the end of the access tunnel to a stope, in the background a graphite-bearing schist, occurring typically in eastern contact against the mineralization*

Suurikuusikko o Kittilä gold, la più grande miniera d'oro europea, è impressionante. L'autore dell'articolo ha avuto l'opportunità di visitare la miniera il 18 agosto 2022.
Un sentito ringraziamento va alla guida della visita, Alexandra Heller (una geologa strutturale della miniera). Prima di scendere sottoterra, c'è stata una presentazione sulla lavorazione dell'oro da parte del metallurgista Lauri Veki.
Ci sono volute circa sei ore per vedere tre parti attive del giacimento (Fig.10). Durante la visita, è stata illustrata la struttura del giacimento e si è potuta vedere la parete pendente (lato ovest), composta da rocce vulcaniche mafiche massicce, soggette a una deformazione intensa nella zona mineralizzata, con cherts, formazioni di ferro bande (BIF) e argilliti.
Anche la parete a est del giacimento mostra lave mafiche massicce e strutturate a cuscino e scisti ricchi di grafite in prossimità della mineralizzazione. Questa caratteristica è stata descritta in dettaglio da Armengol, 2015.
La concentrazione di oro si estende da nord a nord-est e si inclina verso nord in modo quasi verticale (Tommila, 2014).
Il metodo di estrazione utilizzato è quello a camere e pilastri, con successiva ripiena dei vuoti minerari creati (i minerali tra i blocchi vengono estratti in un secondo momento).
I livelli di estrazione si sovrappongono ogni 25 m, ovvero l'altezza di ogni cava. Il minerale viene trasportato a un frantumatore in superficie utilizzando degli autocarri; il percorso di accesso tramite rampe è di circa 4.400 m. L'estrazione è iniziata nel 2009, inizialmente come miniera a cielo aperto e dal 2012 è stata convertita in miniera sotterranea. La profondità della miniera era di circa 1.000 metri nell'agosto 2022.
La produzione annua, utilizzando il nuovo pozzo profondo 1.044 metri, sarà di 2,7 milioni di tonnellate (2,0 milioni di tonnellate di minerale e 0,7 milioni di tonnellate di roccia di scarto).
Il minerale è ospitato in formazioni idrotermali, in un'area ricca di faglie, caratterizzate da alterazioni carbonatiche, di

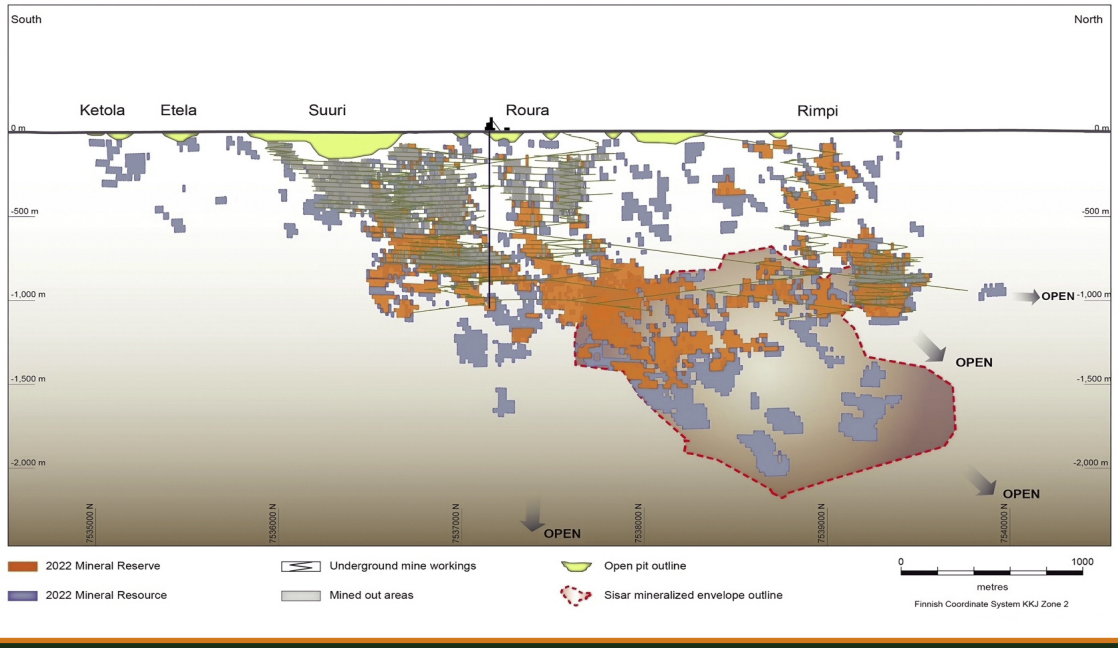


Fig.11 Miniera sotterranea di Kittilä, sezione longitudinale composita
Kittilä underground mine, a composite longitudinal section, © 2024 Agnico Eagle Mines Limited

2.7 million tons per year (2.0 million tons of ore and 0.7 million tons of waste rock).
The ore is shear-zone hosted hydrothermal formation, commonly seen by carbonate-albite-sulfide alteration both in mineralized rocks and in adjacent side wall formations. The gold is refractory, occurring locked inside the fine-grained sulfide minerals, mostly in arsenopyrite (75%), also in pyrite (21%), amount of free gold is 4% (Tommila, 2014).
Gold occurs in six resources along main trend of Suurikuusikko shear zone, named Ketola, Etelä, Suuri, Roura, Rimpi and Sisar, the three largest are Suuri, Roura and Rimpi (Fig.11). There are underground a lunch restaurant, an equipment service, and a spare parts point.
The Kittilä mine has been produced over 2 million ounces gold (over 62.000 kg) since 2009. There is about 1100 employees of which 500 are Agnico Eagle Finland's and 600 employed by contractors and partners. The mine yielded 6747 kg of gold in the year 2022 with turnover EUR 388.1 million.
The latest gold discovery in Lapland is Ikkari deposit in municipality of Sodankylä. Finding the ore is a great success. Bedrock of the research area is covered by thick glacier deposited till layers (5-40 m). The topography is low-lying with large swamp areas. Deposit was located by till geochemistry. Usually, the lowest till layer resembles the elemental concentrations of the bedrock. There was a single 0.2 ppm (g/ton) Au finding by percussion drilling and studies was decided to continue by infill sampling around that weak signal of Au. Additional till analysis showed a small cluster of 1 ppm Au content. That encouraged to invest in diamond drilling program. According to the core drilling it is estimated at this moment (effective date 28 November 2022) that Ikkari

albite e di solfuri. L'oro è refrattario, ossia è intrappolato all'interno di minerali sulfurei a grana fine, principalmente nell'arsenopirite (75%) e nella pirite (21%), mentre la quantità di oro libero è del 4% (Tommila, 2014).
L'oro è presente in sei siti nella miniera di Suurikuusikko, denominati Ketola, Etelä, Suuri, Roura, Rimpi e Sisar; i tre più grandi sono Suuri, Roura e Rimpi (Fig.11).
La miniera di Kittilä ha prodotto oltre 2 milioni di once d'oro (oltre 62.000 kg) dal 2009. Attualmente impiega circa 1.100 lavoratori, di cui 500 sono gestiti direttamente da Agnico Eagle Finland, mentre 600 da appaltatori e partner. La miniera ha prodotto 6.747 kg di oro nel 2022, con un fatturato di 388,1 milioni di euro.
L'ultima scoperta aurifera in Lapponia è il giacimento di Ikkari, nel comune di Sodankylä. Il ritrovamento del minerale è stato un grande successo. Il sottosuolo dell'area di ricerca è coperto da spessi strati di till depositati dai ghiacciai (da 5 a 40 m). La topografia è prevalentemente pianeggiante, con ampie zone paludose. Il giacimento è stato individuato attraverso la geochimica del till. Di solito, lo strato di till più basso riflette le concentrazioni di elementi presenti nel substrato roccioso. Un unico ritrovamento di 0,2 ppm (g/ton) di oro è stato individuato tramite un carotaggio, per cui si è deciso di continuare gli studi con un campionamento intorno a quella piccola presenza di oro. Ulteriori analisi del till hanno mostrato un piccolo cluster con una concentrazione di oro di 1 ppm. Questo ha incoraggiato a investire in un programma di perforazione con utensili diamantati e, in base ai carotaggi, si stima che il giacimento di Ikkari comprenda 30 milioni di tonnellate di minerale, con una concentrazione di oro pari a 0,5 g/ton, estraibile con metodi a cielo aperto.
In aggiunta, si stima che vi siano altri 16,5 milioni di tonnellate con una concentrazione di oro pari a 1,0 g/ton, potenzialmente estraibile con metodi sotterranei.
Le riserve di oro stimate ammontano a oltre 3,5 milioni di once. Le zone mineralizzate sono alterate idrotermicamente con vene di ankerite/dolomite e con sovrapposizioni irregolari di siderite, quarzo e clorite. La zona di alterazione è arricchita in ferro (ossidi e solfuri di Fe). La deposizione dell'oro è strettamente correlata alla zona di faglia, con brecce idrotermali e pirite associate alle vene. L'oro si presenta sotto forma di grani visibili di circa 1 mm. La scoperta dell'oro di Ikkari è avvenuta nel 2020 (la posizione è indicata in Fig.4).

7. LA PRODUZIONE

L'Europa importa la maggior parte della domanda di oro, pur avendo numerosi giacimenti. Nel corso della sua lunga storia, l'oro è stato estratto in regioni come la Penisola Iberica, Gran Bretagna e Irlanda, Francia, Transilvania, Grecia, Turchia e, più recentemente, in Scandinavia. La produzione annuale in

deposit includes 30 million tons ore with cutoff grade 0.5 g/ton Au mineable by open pit methods.
In addition to this it is estimated 16.5 million tons with 1.0 g/ton Au for mineralization potentially extractable by underground methods. Ore reserves counted in gold is over 3.5 million ounces. Mineralized zones are hydrothermally altered with ankerite/dolomite veins and overprinting irregular veins of siderite, quartz and chlorite. Alteration zone is enriched in iron (Fe-oxides and -sulfides). Gold deposition is highly related in shear zone, showing hydrothermal breccias and vein-related pyrite. Gold occurs frequently as ≈ 1 mm visible grains.
Discovery of Ikkari gold was in the year 2020 (location in Fig.4).

7. PRODUCTION

Europe import most of the demand of gold even having numerous deposits. In a long history gold has been mined in regions such as the Iberian Peninsula, Britain and Ireland, France, Transylvania, Greece, Turkey and more recently in Scandinavia. Yearly production in Europe totals 35.5 tons at present, 1% of total global 3 627.7 tons.
The largest mining in the year 2022 was in China, Russian Federation and Australia, each of top three over 300 tons, China takes the top spot, 375 tons per year. Next in top five are Canada 194 tons and United States 172.
The biggest producing countries in EU are Bulgaria (9.0 tons), Finland (8.5), Sweden (7.2) and in other countries (10.8).
Gold mine in Bulgaria is Chelopech mine in Sofia Province, operating Company is Dundee Precious Metals, Dundee Corporation. Kittilä gold mine in Finland produced 6.5 tons and Pampalo 0.4 (summing 6.9 tons, 80% of total in Finland). Operating company of Kittilä mine is Agnico Eagle Finland Oy, the parent company is the Canadian Agnico Eagle Mines Limited. In Sweden gold is obtained as a by-product of several mines: Aitik in Norrbotten County, Kristineberg, Kankbergsgruvan and Renström in Västerbotten, Garpenberg in Dalarna. Björkdalsgruvan mine in Västerbotten is a gold-only type ore. Other countries in EU having gold mines are Spain and Turkey, also ongoing geological exploration for gold deposits in several European countries: United Kingdom, Portugal, Romania, Slovakia, Greece, France, Italy, Slovakia and Austria. According to data, global demand of gold (World Gold Council) was 4448.3 tons in the year 2023, of which highest in jewelry fabrication 2168 (48.7%), followed purchases to central banks 1037.4 (23.3) and investment 945.1 (21.2). Share of consumption for technologies is 297.8 tons (6.7 %). Global supply counts 4898.7 tons, most came from mine production 74.4% (3 644.4), recycling amounts to a quarter, 25.3% (1237.3). Net producer hedging was 0.3% (17 tons). Gold price was EUR 1871.26 per oz (12.02.2024).

8. AFTERWORD

Panning of nugget gold has lasted in Finnish Lapland for 150 years. Goldfields have not that economic importance any more than in the end on 19th century, only for a single person or working groups. Instead mining in industrial scale has a great significance for well-being of municipalities and provinces. The first clue of the gold potential in bedrock in

Europa ammonta attualmente a 35,5 tonnellate, pari all'1% del totale globale di 3.627,7 tonnellate. Le maggiori estrazioni nel 2022 sono state in Cina, Russia e Australia; ognuna supera le 300 tonnellate, con la Cina in testa alla classifica con 375 tonnellate all'anno.
Si possono aggiungere il Canada, con 194 tonnellate, e gli Stati Uniti, con 172 tonnellate. I Paesi più produttivi dell'UE sono la Bulgaria (9,0 tonnellate), la Finlandia (8,5) e la Svezia (7,2). La miniera d'oro più importante in Bulgaria è quella di Chelopech, nella provincia di Sofia ed è gestita dalla società Dundee Precious Metals, appartenete alla Dundee Corporation. La miniera d'oro di Kittilä, in Finlandia, ha prodotto 6,5 tonnellate, mentre Pampalo 0,4 (per un totale di 6,9 tonnellate, l'80% del totale in Finlandia). La società che opera nella miniera di Kittilä è la Agnico Eagle Finland Oy, la cui società madre è la canadese Agnico Eagle Mines Limited.
In Svezia l'oro è ottenuto come sottoprodotto di diverse miniere: Aitik nella contea di Norrbotten, Kristineberg, Kankbergsgruvan e Renström in Västerbotten, Garpenberg in Dalarna. La miniera di Björkdalsgruvan nel Västerbotten è un giacimento di solo oro. Altri Paesi dell'UE che possiedono miniere d'oro sono la Spagna e la Turchia e sono in corso esplorazioni geologiche per la ricerca di nuovi giacimenti nel Regno Unito, Portogallo, Romania, Slovacchia, Grecia, Francia, Italia, Slovacchia e Austria.
Secondo i dati del World Gold Council, la domanda globale di oro nel 2023 è stata di 4.448,3 tonnellate, di cui la quota più alta è stata destinata alla produzione di gioielli con 2.168 tonnellate (48,7%), seguita dagli acquisti delle banche centrali 1.037,4 (23,3%) e dagli investimenti 945,1 (21,2%).
La quota di consumo per le tecnologie è stata di 297,8 tonnellate (6,7%). L'offerta globale conta 4.898,7 tonnellate, la maggior parte delle quali proviene dalla produzione mineraria, pari al 74,4% (3.644,4), mentre il riciclo rappresenta un quarto dell'offerta, 25,3% (1.237,3). Solo lo 0,3% (17 tonnellate) della produzione totale di oro è stata venduta dai produttori attraverso contratti di hedging. Il prezzo dell'oro è di 1.871,26 euro per oncia (12.02.2024).

8. CONCLUSIONI

La ricerca delle pepite di oro nella Lapponia finlandese dura da 150 anni. I giacimenti non hanno più quella rilevanza economica che avevano alla fine del XIX secolo, se non per singoli individui o gruppi di lavoro. L'estrazione su scala industriale, invece, ha una grande importanza per il benessere di comuni e province. Il primo indizio del potenziale aurifero presente nel sottosuolo della Lapponia è stato trovato a Sirkka (nel comune di Kittilä). La ricerca e i test di sfruttamento si svolsero negli anni 1939-53, molto più tardi rispetto alla prima corsa all'oro del 1870.
La prima miniera d'oro redditizia è stata quella di Saattopora (nel comune di Kittilä) negli anni 1988-1995 (a ovest di Sirkka). Attualmente Kittilä è l'unica miniera d'oro attiva in Lapponia. Il primo ritrovamento di oro nella zona di faglia di Kiistala risale al 1986. La costruzione della miniera è iniziata nel 2006 e il primo lingotto d'oro è stato fuso tre anni dopo.
L'origine dell'oro in pepite, però, rimane ancora irrisolta.
In primo luogo, i siti placer conosciuti sono lontani e raramente coincidono con le aree di erosione del substrato roccioso originale, in secondo luogo, la grana è troppo grossa rispetto alle formazioni originali.

Lapland was found from Sirkka (in municipality of Kittilä). Research and beneficiation tests in years 1939-53, which was much later than first gold rush 1870s.
The first profitable gold mine was in Saattopora (in municipality Kittilä) in years 1988-1995 (west of Sirkka). At present Kittilä is only active gold mine in Lapland. The earlies finding of gold in the Kiistala shear zone was in the year 1986.
The construction on mine started 2006 and the first gold bar was casted three years later. But where is the origin of nugget gold remains still unsolved. Already known mining sites hardly are the erosion areas of gold nuggets.
First of all, placer gold is coarse grained and secondly digging areas locate far away from greenstones hosted ores.
This was a short review of the story of Lapland gold from first discoveries to industry. Will the origin of goldfields be remained hidden or who will find it and when - legends keep us dreaming.

9. REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

[1] Armengol, A.A. 2015. Towards Automated Logging of Ore, Positive Identification of Sulphides in the Ores of Agnico Eagle Kittilä and New Boliden Mines. Master's Thesis. Luleå University of Technology, Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering. 61 pages, 5 appendices.

[2] Butt, C.R.M., Hough, R.M. and Verrall, M. 2020. Gold nuggets: the inside story. Ore and Energy Resource Geology 4-5 (2020) 100009. 31 p.

[3] Eilu, P. 2015. Mineral Deposits of Finland 1st Edition - May 23, 2015. Authors: Wolfgang Derek Maier, Raimo Lahtinen, Hugh O'Brien. Chapter 5.1 - Overview on Gold Deposits in Finland. Mineral Deposits of Finland. Pages 377-410.

[4] Eilu, P., Pankka, H., Keinänen, V., Kortelainen, V., Niiranen, T. & Pulkkinen, E. 2007. Characteristics of gold mineralisation in the greenstone belts of northern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 44, 57-106, 31 figures, one table, 4 appendices.

[5] Goldfarb, R.J. & Pitcairn, I. 2023. Orogenic gold: is a genetic association with magmatism realistic? Mineralium Deposita, 58:5-35.

[6] Lehmann, B. 2023. Book review. Neil Phillips: Formation of Gold Deposits. Mineralium Deposita 58:221-222.

[7] Tommila, E. 2014. Mining method evaluation and dilution control in Kittilä mine. Master's Thesis. Aalto University, School of Engineering, Degree Programme in Civil and Structural Engineering Espoo. 53 pages, 3 appendices.

[8] Tuisku, P. & Peronius, A. 2018. Lapin irtokullan alkuperästä. Geologi 70, Geologinen Seura. Sivut 156-185.

[9] Weick, R.J. 1994. Gold Occurrences. The Department of Industry, Energy and Technology (IET), Newfoundland and Labrador, Canada.

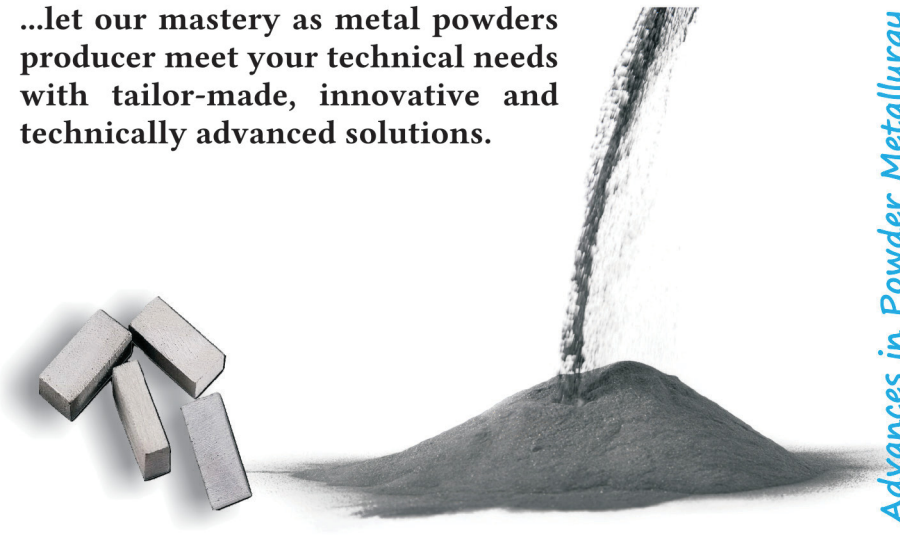
[10] White, N.C. & Hedenquist, J.W. 1995. Epithermal Gold Deposit: Styles, Characteristics and Exploration: Published in SEG Newsletter. No. 23, pp. 1, 9-13.

LINBRAZE®
brazing powders industry

CULNICO®
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®
metal powders solutions

MEPOSO by Linbraze S.r.l.
C.da Torre Chimera- SP180
93019 Sommatino - Italy
Tel. +39 0922 871 694

info@linbraze.com - www.linbraze.com

Organised by EPMA

EURO PM2024 CONGRESS & EXHIBITION

29 Sep - 2 Oct 2024

europm2024.com

Hard Materials

CALL FOR PAPERS

TOPICS

- Powder Production
- Powder Characterisation
- Hard Materials
- Diamond Tools
- Cemented Carbides and Cermets
- Tooling
- Sustainability and Life Cycle Analysis
- Design and Modelling

SUBMISSION DEADLINE

15 JANUARY 2024

Together with many other fields of **Powder Metallurgy**, **Malmö** will be the meeting point for the **Hard Materials** Industry. Submission of abstracts for Technical Sessions of **EuroPM 2024** is now open for a vast range of topics on powder production and characterisation, Cemented Carbides, Cermets, Diamond tools including design and modelling together with Sustainability and LCA aspects.

Please visit europm2024.com, for a full spectrum of topics to present your work on stage.

EURO PM2024 CONGRESS & EXHIBITION

Malmömässan - Sweden

pm2024@epma.com

VADEMECUM

QUADERNO FORNITORI

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

G

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 Resp. Tecnico / Technical Manager	Sig. Danilo Bertoncello 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 multitrattamenti 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

VADEMECUM

M

QUADERNO FORNITORI

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Società / Name	**MEGA DIAMANT S.r.l.**
Stabilimento e Laboratori Plant and Work-shops Indirizzo / Address.....	Via Celia, 32 54100 Massa (MS) - Italy Tel. +39 0585 832483 www.megadiamant.com info@megadiamant.com
Resp. Comm. / Sales Manager Resp. Tecnico / Technical Manager	Marco Bartoli Diamante Iacopetti - Galvanico Francesco Guidi - Gommatura 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

© EPMA - European Powder Metallurgy Association
First published in the EURO PM2023 Congress Proceedings

Fabbricazione a fusione di filamento di leghe non ferrose

di M. Zanon[1], A. Müller[1], D. Kossakowski[1], A. Roch[2], J.R. Croteau[3], T. Pelletiers[3]
[1] Kymera International / Ecka Granules Germany, Germania
[2] AM Extrusion GmbH, Germania
[3] Kymera International / SCM Metal Products, USA

ABSTRACT
Tra le tecnologie basate sulla sinterizzazione, la Fabbricazione a Fusione di Filamento (FFF) si sta dimostrando un approccio per la stampa 3D a basso investimento di capitale e adatto a serie di piccole dimensioni. Ben affermata nell'ambito delle materie plastiche, questa tecnica può essere estesa anche ai metalli, utilizzando dei filamenti compositi con un contenuto di metallo pari a circa il 60% del volume.
La grande quantità di legante, necessaria per la miscelazione e l'estrusione dei filamenti, provoca delle criticità nel processo di deceratura. Ciò è particolarmente vero con materiali reattivi come l'alluminio, ma anche quando si punta ad ottenere un'alta conduttività elettrica nel rame, che è estremamente sensibile alle impurità residue.
Le competenze in materia di polveri metalliche e leganti devono, quindi, essere combinate per consentire a questa tecnologia di essere competitiva nel mercato della stampa 3D.
Questo lavoro presenta i risultati ottenuti con entrambe le suddette classi di polveri non ferrose, mettendo in evidenza l'impatto del processo di deceratura e delle caratteristiche della polvere sulle proprietà finali microstrutturali e di sinterizzazione. Viene, inoltre, analizzato l'effetto del trattamento termico.

1. INTRODUZIONE

La Fabbricazione a Fusione di Filamento (FFF) appartiene alla famiglia dei processi di stampa 3D basati sulla sinterizzazione, più precisamente alle tecnologie di estrusione di materiali. A differenza dei sistemi di fusione a letto di polvere, la polvere metallica viene impastata con polimeri e leganti ed estrusa in un filamento, la cui componente polimerica viene, poi, fusa e ulteriormente estrusa nella forma di un pezzo. Questa tecnologia è l'approccio standard per la stampa 3D di materiali plastici, ma è sempre più applicata

Fused filament fabrication of non-ferrous alloys

by M. Zanon[1], A. Müller[1], D. Kossakowski[1], A. Roch[2], J.R. Croteau[3], T. Pelletiers[3]
[1] Kymera International / Ecka Granules, Germany
[2] AM Extrusion GmbH, Germany
[3] Kymera International / SCM Metal Products, USA

ABSTRACT
Among the sinter-based technologies, Fused Filament Fabrication (FFF) is proving itself as a low capital investment, small series approach to 3D printing. Firmly established for plastics, it can be extended to metals by composite filaments with around 60% metal loading by volume. The large quantity of binder, necessary for the filament compounding and extrusion, poses special challenges to the debinding process.
This becomes especially true with reactive materials such as aluminium, but also when targeting high electrical conductivity in copper, which is extremely sensitive to residual impurities. Metal powder and binder expertise must then be brought together to enable this technology to compete in the 3D printing market. The current joint work presents results with both aforementioned classes of non-ferrous powders, highlighting the impact of debinding procedure and powder characteristics on the final sintered and microstructural properties. Effect of heat treatment is also investigated.

1. INTRODUCTION

Fused Filament Fabrication (FFF) belongs to the family of sinter-based 3D printing processes, more specifically to material extrusion technologies. Unlike powder-bed systems, the metal powder is kneaded with polymers and binders and extruded into a filament, whose polymeric component is then melted and further extruded into the shape of a

anche nell'ambito delle polveri metalliche.
I vantaggi di questa scelta risiedono nell'utilizzo di stampanti 3D per materie plastiche a basso costo e a bassa tecnologia, anziché di sofisticati dispositivi laser o binder jetting, appositamente progettati per i metalli. L'assenza di particelle in sospensione nell'aria, di temperature elevate e di atmosfere protettive rende la fase di stampa intrinsecamente sicura e adatta all'uso anche in un ufficio.
Tuttavia, le parti prodotte mediante FFF devono essere sottoposte a una doppia fase di deceratura, a causa del notevole contenuto di legante necessario alla produzione dei filamenti (circa 35-45% in volume), seguita da una sinterizzazione [1]. Rispetto al binder jetting, la fase di deceratura diventa quindi più critica, a causa dell'elevata presenza di polimeri che, se non correttamente rimossi, potrebbero compromettere la densificazione e le proprietà sensibili alle impurità, come la conduttività elettrica.
Al fine di completare la vasta scelta di materiali presenti sul mercato, è stato intrapreso uno sforzo di ricerca congiunto per rendere disponibili a livello industriale dei filamenti a base di alluminio e rame. Ciascuno di questi metalli presenta delle sfide specifiche. A causa della notoria stabilità del suo strato di ossido di allumina, l'alluminio e le sue leghe sono considerati "intrinsecamente difficili" [2] da lavorare attraverso una stampa 3D basata sulla sinterizzazione. D'altra parte, i componenti PM in alluminio sono stati prodotti per molti decenni su scala industriale, utilizzando la tecnica di pressatura e sinterizzazione [3].
Il gruppo Kymera International è stato in prima linea nello sviluppo dei progressi sopra menzionati con la sua rinomata serie Ecka Alumix. Sfruttando la sua esperienza pluridecennale nella sinterizzazione delle leghe di alluminio, sono stati progettati e già presentati nuovi gradi specificatamente dedicati alla stampa 3D di metalli con tecnologia binder jetting [4]. Il presente lavoro intende, quindi, ampliare le possibilità di utilizzo delle polveri di alluminio nel processo FFF, aprendo nuove strade per la prototipazione e la produzione di piccole serie.
La sinterizzazione del rame presenta problemi relativamente meno gravi e la sua applicazione nei processi basati sulla sinterizzazione non costituisce di per sé una novità.
Tuttavia, la sua sensibilità alla densità e alle impurità ha reso finora estremamente difficile raggiungere livelli di conduttività elettrica costantemente superiori al 90% IACS, con un valore ottenuto sia nel mercato commerciale che nella attività di R&S, in genere intorno all'85% [5, 6].
Lavorando sulla selezione del legante, delle polveri e dei processi, sono state apportate significative migliorie che hanno permesso di superare questo valore di riferimento in modo sistematico.

part. This technology is the standard approach for the 3D printing of plastics but is being increasingly applied to metal powders. The rationale behind this approach is its reliance on low-tech, inexpensive plastics 3D printers instead of sophisticated laser or binder-jetting devices specifically engineered for metals. The absence of any airborne particles, high temperatures and protective atmospheres renders the printing step intrinsically safe and suitable for usage even in an office environment. In turn, the FFF parts need to undergo a double debinding step, due to the substantial binder content necessary to filament production (around 35 to 45 vol%), followed by sintering [1].
Compared to binder-jetting, the debinding step becomes then more critical, due to the higher polymer ratio which if not removed properly would impair densification and impurities-sensitive properties like electrical conductivity.
To complement the diverse choice of materials, present on the market, a joint investigation effort has been undertaken, to bring aluminium and copper-based filament to industrial readiness. Each of these metals presents its own specific hurdles. Due to the notorious stability of its alumina oxide layer, aluminium and aluminium-based alloys have been considered to be "inherently difficult" [2] to be processed via sinter-based 3D printing, due to "general difficulties of sintering". On the other hand, PM aluminium components have been manufactured for many decades on a fully industrial scale by press-and-sinter [3].
The Kymera International group has been at the forefront of the above-mentioned developments with its renowned Ecka Alumix series. By taking advantage of its multi-decade experience in the sintering of aluminium alloys, new grades specifically catered to sinter-based 3D printing were designed and already presented for metal binder-jetting applications [4]. The present work thus extends the aluminium powder technology spectrum to the FFF process, opening new routes for aluminium-based prototyping and small series production.
Copper sintering presents comparatively less serious issues, and its application in sinter-based processes does not constitute a novelty per se. Its sensitivity to both density and impurities has made it however up to now extremely challenging to reach electrical conductivity levels consistently beyond 90% IACS, with around 85% being the typical current market and even R&D level [5],[6]. By working on binder, powder and process selection, substantial improvements beyond this benchmark have been substantiated and systematically reproduced.

2. EXPERIMENTAL

2.1 Materials

Prealloyed aluminium 6061 powder was nitrogen gas atomized at ECKA Granules Germany (Velden, Germany), with the chemistry given in Table 1 measured by ICP-OES.
The powder has a nominal particle size of <63 μm and features proprietary modifications to enhance its reactivity during sintering. The apparent density is 1.53 g/cm^3 and Carney flow is 21.0 s/50g.
Different gas-atomized copper powders were sourced and investigated, to assess mainly the effect of particle size

2. PROCEDURA SPERIMENTALE

2.1 Materiali

Una polvere pre-legata di alluminio 6061 è stata atomizzata con azoto gassoso presso la ECKA Granules Germany (Velden, Germania), con la composizione chimica riportata nella Tab.1 misurata mediante ICP-OES. La polvere ha una dimensione nominale delle particelle minore di 63 μm ed è stata sottoposta a delle modifiche proprietarie per aumentarne la reattività durante la sinterizzazione. La densità apparente è di 1,53 g/cm^3 e la scorrevolezza misurata con l'apparecchiatura di Carney è di 21,0 s/50g.
Sono state selezionate e analizzate diverse polveri di rame atomizzate a gas, per valutare principalmente l'effetto della distribuzione granulometrica e, in secondo luogo, del contenuto di ossigeno. Una panoramica è riportata nella Tab.2.
Nelle particelle con dimensioni inferiori a 32 μm, il contenuto di ossigeno era superiore rispetto a quello tipico del rame atomizzato a gas a causa di un'ossidazione secondaria. La forma delle particelle era in tutti i casi sferica, con una densità apparente determinata principalmente dalle maggiori forze coesive, caratteristiche dei materiali più fini.
Il contenuto di impurità è stato limitato al di sotto dello 0,05%, senza differenze significative tra i tre gradi.

2.2 Stampa

Entrambi i tipi di filamenti FFF sono stati prodotti da AM Extrusion GmbH con un sistema legante proprietario.
Il filamento di rame è stato caricato con più del 94% in peso (circa 61,5% in volume) di polvere di rame, mentre il filamento di alluminio con più dell'82% in peso (circa 61,5% in volume) di polvere Al6061.
I filamenti sono stati mantenuti piuttosto flessibili con un raggio di curvatura di 2,5 cm e caricati solo con la quantità di polvere consentita dal processo di stampa.

Tab.1 Composizione chimica dell'alluminio 6061 prelegato misurata con ICP-OS / *Chemistry of prealloyed aluminium 6061 measured by ICP-OS*

Element	Mg	Si	Cu	Cr	Fe	O	Other	Al
Wt.%	0.97	0.62	0.18	0.11	0.05	0.06	<0.5	Bal.

Tab.2 Proprietà fisiche e chimiche delle polveri di rame impiegate / *Physical and chemical properties of the employed copper powders*

		Cu -10 μm	Cu -32 μm	Cu -36 μm
D10	μm	2.4	6.2	7.7
D50	μm	5.7	16.4	17.8
D90	μm	9.0	31.6	34.3
Apparent Density	g/cm^3	3.64	4.07	4.97
Hall Flow	s/50g	No flow	No flow	No flow
Oxygen	%	0.05	0.19	0.04
Purity, metal basis	%	>99,95	>99,95	>99,95

distribution and secondarily of oxygen content.
An overview is given in Tab.2. In the -32 μm the oxygen was higher than typical for gas-atomized copper due to secondary oxidation. Particle shape was in all cases spherical, with apparent density driven mainly by the increased cohesive forces characteristic of finer materials. Impurity content was limited to below 0,05%, with no significative discrepancies among the three grades.

2.2 Printing

Both FFF filaments were manufactures by AM Extrusion GmbH with a proprietary binder system. The Cu filament was loaded with >94 wt.% (approx. 61.5 vol.%) copper powder and the Al6061 filament with >82 wt.% (approx. 61.5 vol.%) Al6061 powder. The filaments were kept rather flexible with a bending radius of 2.5 cm and only loaded with as much powder as the printing process allowed. The filament diameter was 1.75 mm ± 0.01 mm. A homogeneous diameter is important for continuous material flow during the printing process.
For slicing the test bars, the CURA open-source slicer was utilized. The infill pattern of the test bars was 45°/-45° with an increased flowrate for avoiding voids between printed lines. The printing job were done with the AM-Xfuse1 metal printer, shown in Fig.2. The green part density of the 42.5x8.5x7.5 mm test samples showed an accordance of 99.6-100% of the actual filament density. That shows that the infill and printer

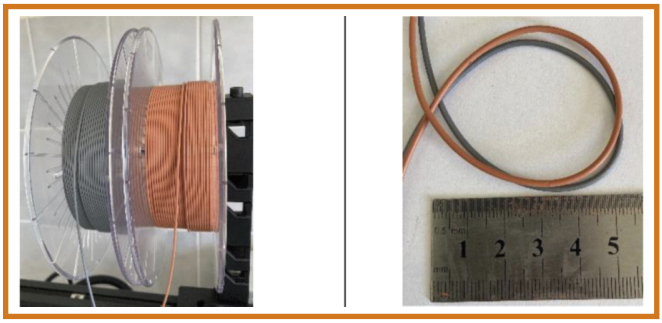


Fig.1 Filamenti fabbricati (sinistra), filamenti piegati per mostrare il raggio di curvatura massimo (destra) / *Manufactured filaments (left), bended filaments for showing the maximum bending radius (right)*

Il diametro dei filamenti è stato di 1,75 mm ± 0,01 mm. Un diametro omogeneo è importante per garantire un flusso continuo del materiale durante il processo di stampa.
Per creare le barre di prova è stato utilizzato il software open-source CURA. Il modello di riempimento è stato progettato con un'alternanza di strati inclinati a 45º e -45º, con un'alta velocità di estrusione del materiale per evitare vuoti tra le linee stampate. La stampa è stata eseguita con una stampante AM-Xfuse1, illustrata nella Fig.2. La densità al verde dei campioni di prova di dimensioni 42,5x8,5x7,5 mm è risultata conforme al 99,6-100% alla densità effettiva del filamento. Ciò dimostra che le impostazioni di riempimento della stampante sono importanti quanto la procedura di sinterizzazione per ottenere campioni ad alta densità.

2.3 Sinterizzazione - Alluminio

Dopo la deceratura con solvente, i campioni FFF sono stati posizionati direttamente nella camera calda di un forno a tubo, purificata con un flusso di azoto. Circa 7 g della stessa polvere a base di Al sono stati sinterizzati senza previa pressatura, sfruttando la forza di gravità, in un piccolo crogiolo di allumina, per avere dei dati di riferimento per valutare l'effetto del legante. Sono stati esaminati tre diversi cicli di deceratura sulle barre di prova, con Al-1 il più lento e raffinato e Al-3 il più rapido e semplice. Le condizioni di sinterizzazione sono rimaste costanti, con 2 ore a 625°C.
La Tab.3 fornisce una panoramica comparativa dei tre cicli. Alla fine di ogni ciclo, i vassoi con i campioni sono stati spostati nella zona di raffreddamento del forno e mantenuti sotto un flusso di azoto per almeno 15 minuti prima di essere estratti. Successivamente, sei campioni FFF per le prove di trazione sono stati sinterizzati utilizzando la procedura più promettente. Sulla metà dei campioni è stato eseguito un successivo trattamento termico T6; questi sono stati solubilizzati a 530°C per 1 ora, temprati in acqua e, quindi, posti in un forno "a scatola" preriscaldato a 160°C per 16 ore in aria.

settings are similarly relevant as the sintering procedure for achieving high density specimen after sintering.

2.3 Sintering - Aluminium

After solvent-debinding, FFF bending samples were placed directly in the hot section of a tube furnace, purged with flowing nitrogen. Ca. 7 g of the very same Al-based powder were gravity-sintered in a small alumina crucible, to provide baseline data against which to assess the effect of the binder.
Three different debinding cycles were screened on test bars, with Al-1 being the slowest and most refined and Al-3 the quickest and simplest.
Sintering conditions remained constant, with 2 hours at 625°C.
Tab.3 provides a comparative overview of the three routines.
At the end of each cycle, the trays with samples were pulled back to the cooling zone of the furnace and kept under flowing nitrogen for at least 15 minutes before being taken out.
Six FFF tensile specimens were subsequently sintered using the most promising routine.
On one half of the tensile samples a subsequent T6 heat treatment was performed; these were solutionized at 530°C for 1 hr, water quenched, and then placed in a pre-heated box furnace at 160°C for 16 hours under air.

2.4 Sintering - Copper

After solvent-debinding, FFF tensile samples were placed directly in the hot section of a tube furnace, purged with flowing 30% hydrogen / 70% nitrogen atmosphere.
Once again, ca. 20 g of the very same Cu-based powder were gravity-sintered in a small alumina crucible, to provide

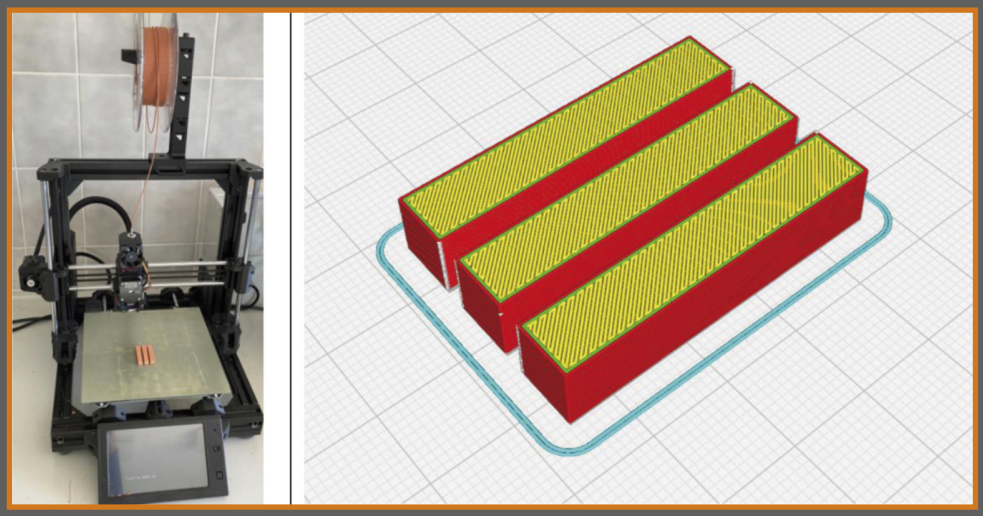


Fig.2 Stampante AM-Xfuse1 (a sinistra), schema di taglio delle barre di prova stampate (a destra) / *AM-Xfuse1 metal printer (left) slicing scheme of the printed test bars (right)*

Cycle Al-1	
T oven [°C]	Time [min]
150	15
Ramp	22
260	60
Ramp	67
490	30
Ramp	68
625	120
	6 h 20 min

Cycle Al-2	
T oven [°C]	Time [min]
*	
260	60
Ramp	67
490	30
Ramp	68
625	120
	5 h 45 min

Cycle Al-3	
T oven [°C]	Time [min]
*	
490	60
Ramp	68
625	120
	4 h 8 min

Tab.3 Panoramica dei tre cicli di deceratura/sinterizzazione utilizzati per i campioni a base di Al
Overview of the three employed debinding/sintering cycles for Al-based samples

2.4 Sinterizzazione - Rame

Dopo la deceratura con solvente, i campioni FFF per le prove di trazione sono stati collocati direttamente nella camera calda di un forno a tubo, purificata con un flusso di idrogeno al 30% e azoto al 70%. Anche questa volta, circa 20 g della stessa polvere a base di Cu sono stati sinterizzati senza pressatura, sfruttando la forza di gravità, in un piccolo crogiolo di allumina, per ottenere dati di riferimento per valutare l'effetto del legante.
Sono stati testati due diversi cicli di deceratura: Cu-1 e 2 sono stati confrontati per valutare l'effetto della temperatura di sinterizzazione, da 1060°C a 1075°C, mentre in Cu-3 si è tentato di abbreviare la deceratura, per risparmiare circa il 20% del tempo di lavorazione.

Cycle Cu-1	
T oven [°C]	Time [min]
150	15
Ramp	22
260	60
Ramp	67
460	30
Ramp	12
550	30
Ramp	75
1060	180
	8 h 11 min

Cycle Cu-2	
T oven [°C]	Time [min]
150	15
Ramp	22
260	60
Ramp	67
460	30
Ramp	12
550	30
Ramp	75
1075	180
	8 h 11 min

Cycle Cu-3	
T oven [°C]	Time [min]
150	15
Ramp	60
*	
460	30
Ramp	12
550	30
Ramp	75
1060	180
	6 h 42 min

Tab.4 Panoramica dei tre cicli di deceratura/sinterizzazione utilizzati per i campioni a base di Cu
Overview of the three employed debinding/sintering cycles for Cu-based samples

baseline data against which to assess the effect of the binder. Two different debinding cycles were tested: by comparing Cu-1 and 2 the effect of sintering temperature was assessed, from 1.060 to 1.075°C, while Cu-3 attempted a shortening of the debinding cycle, to save around 20% of the processing time. At the end of each cycle, the trays with samples were pulled back to the cooling zone of the furnace and kept under flowing atmosphere for at least 30 minutes before being taken out. No secondary heat treatment was performed. Electrical conductivity was assessed via eddy current methodology on a Sigmascope device.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Aluminium

While irrelevant for the binder-free base powder, the benefits provided by a more progressive debinding cycle are evident in Tab.5 when considering the printed test bars.
The improved shape retention offered by the slowest cycle Al-1 is macroscopically visible when looking at the sintered specimens in Fig.3. While Al-1 only shows some inevitable distortion near the corners, already with Al-2 the lower shrinkage degree along the width led to a curved lateral profile. With Al-3 the rate of sintering far outstripped the rate of

Alla fine di ogni ciclo, i vassoi con i campioni sono stati spostati nella zona di raffreddamento del forno e mantenuti in un flusso di atmosfera per almeno 30 minuti prima di essere estratti. Non è stato eseguito alcun trattamento termico secondario. La conduttività elettrica è stata valutata con la metodologia delle correnti parassite con un dispositivo Sigmascope.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Alluminio

Anche se irrilevanti per la polvere di base priva di legante, i vantaggi offerti da un ciclo di deceratura più progressivo sono evidenti nella Tab.5, quando si considerano le barre di prova stampate. Osservando i campioni sinterizzati, la loro capacità di mantenere la forma desiderata è macroscopicamente evidente nel caso del ciclo più lento Al-1 (Fig.3). Mentre Al-1 mostra solo un'inevitabile distorsione in prossimità degli angoli, già con Al-2 un minore ritiro lungo la larghezza ha prodotto una curvatura del profilo laterale. Con Al-3 la velocità di sinterizzazione ha superato di gran lunga quella di deceratura e, comportando una precoce densificazione della superficie, l'ha resa impermeabile alla deceratura. La pressione accumulata ha causato la formazione di bolle interne e l'espulsione laterale del metallo (pop-corning).
I risultati delle prove di trazione sulle barre sinterizzate con il ciclo Al-1, presentati nella Tab.6, hanno confermato il tasso di densificazione praticamente completo, ottenuto nel test preliminare. Le proprietà meccaniche valutate si

Tab.5 Risultati della sinterizzazione su barre di prova e polvere di AA6061 sinterizzata per gravità senza legante
Sintering results on test bars and binderless gravity-sintered AA6061 powder

	Green density g/cm³	Green density, w/o binder %	Sinter density g/cm³	Sinter density %	Δm %	Δl (length) %	Δl (width) %	Δl (height) %
Cycle Al-1	1.78	59%	2.67	98.9%	-11.1	-13.6	-15.2	-18.1
Cycle Al-2			2.68	99.2%	-10.9	-14.2	-10.8	-18.8
Cycle Al-3			n.a.	n.a.	-10.1	n.a.	n.a.	n.a.
Gravity-sintered Al (Cycles Al-1-2-3)	*	ca. 63%	2.69	99.8	*	*	*	*

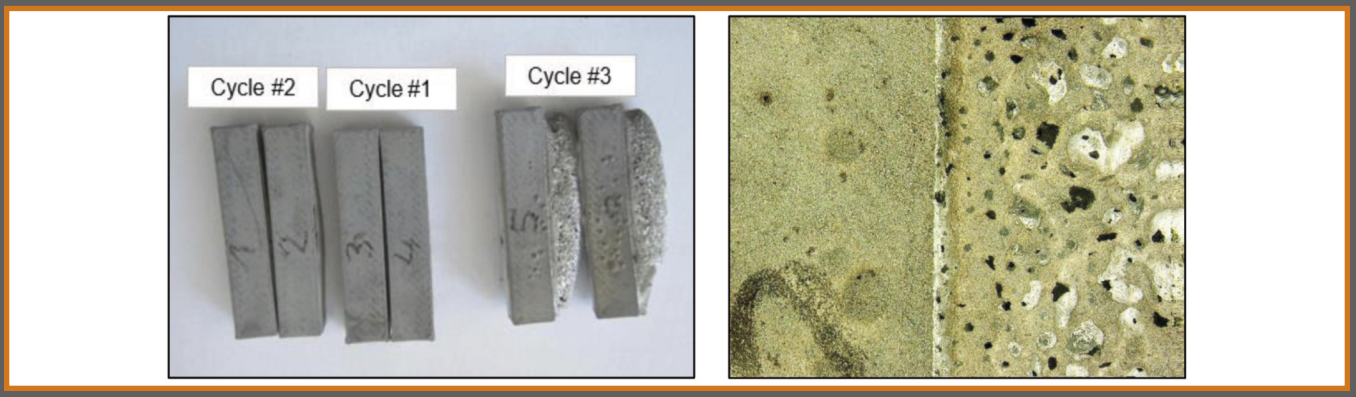


Fig.3 A sinistra: immagine delle barre di prova dopo la sinterizzazione per ogni ciclo. A destra: Superficie di una barra di prova dopo il ciclo Al-3, che mostra l'interfaccia con il materiale espulso lateralmente / *Left: picture of the test bars after sintering with each cycle. Right: surface of one test bar after cycle Al-3, showing the interface with the laterally ejected material*

debinding, so that an early densification of the surface rendered it impermeable to degassing. The pressure built-up degenerated into "pop-corning" and lateral ejection of metal.
Results on tensile bars presented in Tab.6, sintered with the optimal cycle Al-1, confirmed the practically full densification rate obtained on the preliminary test.
The assessed mechanical properties compare favourably with wrought AA6061, especially in terms of tensile strength and yield after T6, whose typical values amount respectively to 310 and 275 MPa [7]. Elongation is instead on a relatively lower level, analogous to what observed for equivalent press-and-sintered aluminium PM grades [8].
Microstructures in Fig.4 confirm the high densification grade reached. The polygonal shape of the grains is indicative as well of an extensive interdiffusion among them, leading to strong metallurgical bonds. No sign of adverse reaction nor degassing problems with the binder are to be observed anywhere, which given the relatively high percentage of residual binder in the brown parts and the notorious reactivity of aluminium with carbon is a remarkable feature.

3.2 Copper

From gravity-sintering experiments several effects become evident, as per Tab.7. The most important one in terms of

confrontano positivamente con quelle dell'alluminio lavorato AA6061, soprattutto in termini di resistenza a trazione e snervamento dopo T6, i cui valori tipici ammontano, rispettivamente, a 310 e 275 MPa [7].
L'allungamento è invece relativamente inferiore, analogamente a quanto osservato per gradi equivalenti di alluminio pressato e sinterizzato [8].
Le microstrutture della Fig.4 confermano l'elevato grado di densificazione raggiunto. La forma poligonale dei grani è indicativa anche di un'ampia interdiffusione tra di essi, che porta a forti legami metallurgici.
Non sono stati osservati segni di reazione avversa o problemi di degassificazione con il legante, il che, data la percentuale relativamente alta di legante residuo nelle parti marroni e la nota reattività dell'alluminio con il carbonio, è un risultato notevole.

3.2 Rame

Dagli esperimenti di sinterizzazione, ottenuta sfruttando la forza di gravità, risultano evidenti diversi effetti, come riportato nella Tab.7. Il più importante in termini di impatto è il programma dei cicli; l'omissione del primo tempo di permanenza intorno ai 260°C, sebbene non sia influente su densità e durezza, compromette in parte la conduttività elettrica. È importante notare che nei campioni sinterizzati per gravità non era presente alcun legante; ciò significa che il problema non può essere attribuito a una decerata non ottimale, ma piuttosto a un minor grado di disossidazione della superficie delle particelle prima di entrare nella fase di sinterizzazione, causata da un'incompleta riduzione dell'idrogeno. Il secondo fattore di maggiore impatto è la dimensione della polvere, con il grado più fine che mostra un miglioramento del 3% nella densità e del 7% nella condutti-

Tab.6 Proprietà dimensionali e meccaniche di FFF-AA6061 dopo sinterizzazione con ciclo Al-1
Dimensional and mechanical properties of FFF-AA6061 after sintering with cycle Al-1

	Condition	Sinter density g/cm³	Sinter density %	ΔI %	Δm %	Brinell Hardness HB2,5/62,5	Rm N/mm²	Rp 0,2 N/mm²	Elongation (plastic) %
FFF-printed Cycle Al-1	T1	2.69	99.7%	-13.10%	-10.5%	71	234	121	12.4
	T6					118	350	302	2.5

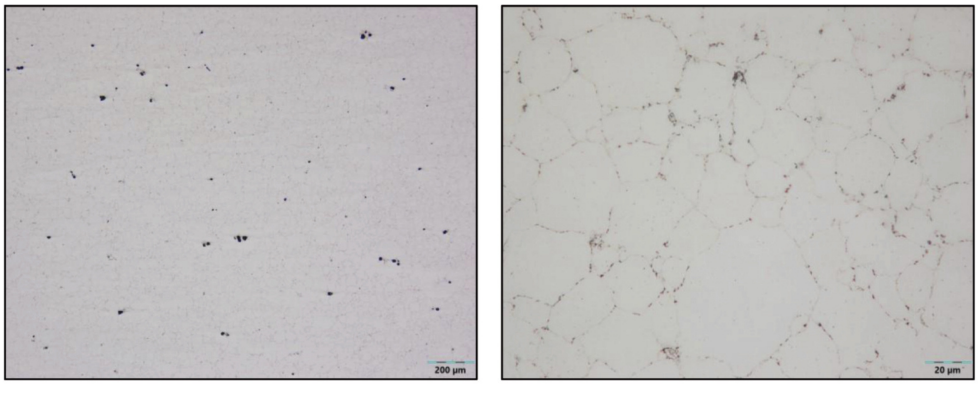


Fig.4 Microstruttura di FFF-AA6061 dopo la sinterizzazione con ciclo Al-1. Sinistra: 50 X. Destra: 500X
Microstructure of FFF-AA6061 after sintering with cycle Al-1. Left: 50 X. Right: 500X

impact is the cycle schedule; the omission of the first dwell time around 260°C, although not influent on density and hardness, does partially jeopardize the electrical conductivity. It shall be remarked that no binder was present in the gravity-sintered specimens, which means that this cannot be ascribed to sub-optimal debinding, but rather to a lower degree of surface deoxidation via hydrogen reduction before entering the sintering phase. The second most impactful factor is the powder size, with the finest grade displaying respectively a 3% improvement in density and 7% in conductivity compared to the coarsest one; the higher specific surface leads as expected to an increased sintering reactivity.
Finally, a higher sintering temperature, close to copper melting point, seems to maximize density and in parallel conductivity, by accelerating the self-diffusion of copper and thus deepening its sintering degree. Hardness is instead slightly lowered, most probably due to grain coarsening.
Tab.8 is organized as Tab.7 but reports the data on FFF-printed brown copper tensile bar samples.
The general trends mirror closely the ones reported for gravity-sintered, binder-free ones, which means that no disruptive interaction with the binder is happening in any case. This is especially remarkable for Cycle Cu-3, which is the shortest one, and highlights the ease of removal for the

vità, rispetto a quello più grossolano. La maggiore superficie specifica porta, come previsto, a una maggiore reattività di sinterizzazione. Infine, una temperatura di sinterizzazione più elevata, vicina al punto di fusione del rame, sembra massimizzare sia la densità che parallelamente la conduttività, accelerando l'autodiffusione del rame e migliorando così il suo grado di sinterizzazione. La durezza è, invece, leggermente diminuita, molto probabilmente a causa dell'ingrossamento dei grani.
La Tab.8 è organizzata come la Tab.7, ma riporta i dati relativi ai campioni in rame stampati mediante FFF.
Le tendenze generali rispecchiano fedelmente quelle riportate per i campioni sinterizzati per gravità e privi di legante, il che significa che in ogni caso non si verifica alcuna interazione indesiderata con il legante. Ciò è particolarmente notevole per il ciclo Cu-3, ossia il più breve, ed evidenzia la facilità di rimozione del sistema legante utilizzato.
Va notato che la differenza di densità o conduttività tra i campioni FFF e quelli corrispondenti sinterizzati per gravità aumenta in positivo al diminuire della dimensione delle

Tab.7 Risultati sulle polveri di rame sinterizzate per gravità
Results on gravity-sintered copper powders

		Sinter density [%]	Hardness [HB2,5/31,25]	IACS [%]
Cycle Cu-1 1.060°C	Cu -36 μm	93.6	34.4	82.8
	Cu -32 μm	94.3	32.4	84.5
	Cu -10 μm	96.6	35.6	89.7
Cycle Cu-1 1.075°C	Cu -36 μm	94.3	32.4	86.2
	Cu -32 μm	94.7	30.0	86.2
	Cu -10 μm	98.2	32.4	93.1
Cycle Cu-3 1.060°C	Cu -36 μm	93.7	34.4	79.3
	Cu -32 μm	94.3	34.4	79.3
	Cu -10 μm	96.6	35.8	87.9

Tab.8 Risultati su rame stampato FFF e sinterizzato
Results on FFF-printed and sintered copper

		Δm [%]	Δl [%]	Sinter density [%]	Hardness [HB2,5/31,25]	Rm [N/mm²]	IACS [%]
Cycle Cu-1 1.060°C	Cu -36 μm	-2.1	-12.8	94.8	37.7	183	81.0
	Cu -32 μm	-2.0	-13.4	95.7	36.2	178	83.6
	Cu -10 μm	-2.3	-14.2	99.1	43.4	200	91.4
Cycle Cu-1 1.075°C	Cu -36 μm	-2.2	-12.5	95.9	35.9	181	82.8
	Cu -32 μm	-2.5	-13.2	95.3	32.5	179	86.2
	Cu -10 μm	-2.3	-14.1	99.2	39.4	196	94.0
Cycle Cu-3 1.060°C	Cu -36 μm	-2.2	-12.9	95.0	38.1	187	78.4
	Cu -32 μm	-2.5	-12.8	94.1	38.9	180	78.4
	Cu -10 μm	-2.4	-14.3	97.3	44.9	192	87.1

used binder system. It is to be noted that the difference of density or conductivity between FFF and corresponding gravity-sintered specimens becomes more positive with decreasing powder particle size. In other words, a finer powder yields better properties after FFF compared to what obtained after gravity-sintering. The reason for this disproportionate improvement is not clear; this leads to densification rates >99% and conductivity up to 94% for the Cu -10 μm, i. e. excellent values. Microstructures in Fig.5a to 5c reflect the above reported density values; grain coarsening is visible, but the relative particle size ranking remains preserved even after 1.075°C sintering.

4. CONCLUSIONS

The viability of FFF technology for non-ferrous metals has been shown in the above presented work. The special grade of aluminium alloy 6061 developed by Kymera International for sinter-based 3D printing was proven to be suitable as well for FFF, in conjunction with a compatible binder system and processing cycle. The powdered alloy was produced at an industrial facility in large quantities, 3D-printed via FFF on a commercial machine, and sintered to near full density. The physical and mechanical properties are comparable to conventionally processed aluminium alloys, although at a lower ductility level.
Copper instead is not new to FFF technology, so that here its successful usage was simply confirmed. The advantages brought by a finer powder were highlighted.
To be underlined is the excellent conductivity up to 94% IACS, against typically reported values in the scientific and commercial literature around 85 to max. 90% IACS.
On the other hand, it was noticed that such fine, spherical

particelle di polvere. In altre parole, una polvere più fine produce proprietà migliori dopo la stampa FFF rispetto a quelle ottenute dopo la sinterizzazione per gravità.
La ragione di questo miglioramento sproporzionato non è chiara; ciò porta a tassi di densificazione superiori al 99% e di conduttività fino al 94% per il Cu -10 μm, cioè valori eccellenti. Le microstrutture nelle Figg.5a-5c rispecchiano i valori di densità sopra riportati; è visibile l'ingrandimento dei grani, ma le proporzioni delle dimensioni delle particelle rimangono simili anche dopo la sinterizzazione a 1075°C.

4. CONCLUSIONI

In questo lavoro è stata dimostrata la validità della tecnologia FFF per i metalli non ferrosi. La speciale lega di alluminio 6061, sviluppata da Kymera International per la stampa 3D basata sulla sinterizzazione, si è dimostrata adatta anche per la FFF, in combinazione con un sistema di leganti e un ciclo di lavorazione compatibili.
La lega in polvere è stata prodotta in grandi quantità presso uno stabilimento industriale, stampata in 3D tramite FFF con una macchina commerciale e sinterizzata fino a raggiungere una densità quasi completa.
Le proprietà fisiche e meccaniche sono paragonabili a quelle delle leghe di alluminio lavorate in modo tradizionale, anche se con un livello di duttilità leggermente inferiore.
Il rame, invece, non è una novità per la tecnologia FFF, per cui in questo caso il suo utilizzo è stato semplicemente confermato. Sono stati evidenziati i vantaggi derivanti dall'utilizzo di una polvere più fine. Da sottolineare l'eccellente conduttività fino al 94% IACS, contro i valori tipicamente riportati nella letteratura scientifica e commerciale intorno all'85-90% IACS. D'altra parte, si è notato che una polvere così fine e sferica solleva dei problemi in termini di stabilità della forma delle parti ottenute; sono in corso ulteriori ottimizzazioni per perfezionare questo aspetto, senza compromettere le proprietà elettriche e di densificazione.
Infine, va sottolineata ancora una volta la notevole compatibilità del sistema legante scelto sia con il rame che con l'alluminio, data la diversa natura e sensibilità alle impurità di questi due metalli.

This article is based on a paper presented at EURO PM2023 Congress held in October 2023 in Lisbon and is printed with kind permission of EPMA, European Powder Metallurgy Association and Authors.
©EPMA - European Powder Metallurgy Association
First published in the EURO PM2023 Congress Proceedings.

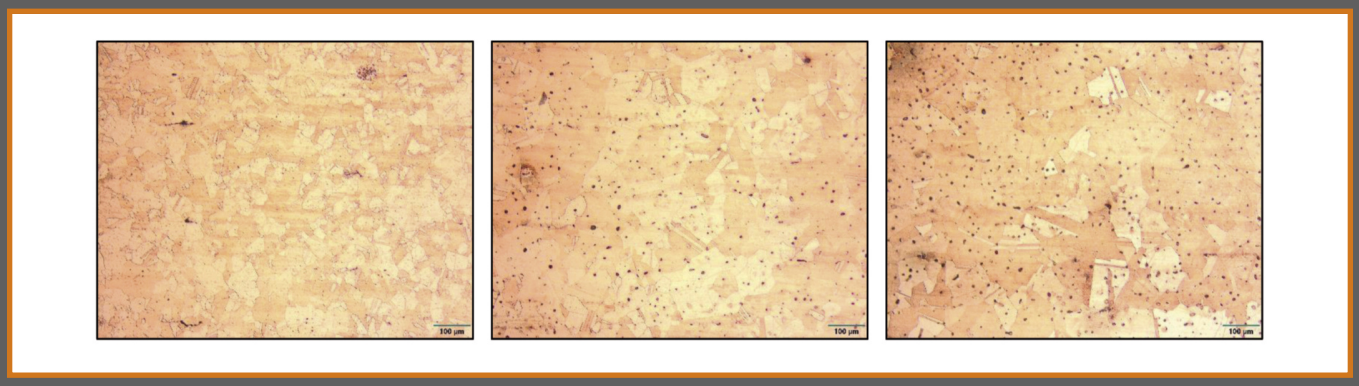


Fig.5 Da sinistra a destra: a) Cu -10 μm, b) Cu -32 μm e c) Cu -36 μm. Microstruttura di FFF-Cu dopo la sinterizzazione con ciclo Cu-1. Ingrandimento 200X, inciso con soluzione di $FeCl_3$ / *From left to right: a) Cu -10 μm, b) Cu -32 μm and c) Cu -36 μm. Microstructure of FFF-Cu after sintering with cycle Cu-1. Magnification 200X, etched with $FeCl_3$ solution*

powder poses challenges in terms of shape stability of the brown parts; further optimizations are ongoing to refine this aspect without impairing the electrical and densification properties. Finally, the remarkable compatibility of the selected binder system with both copper and aluminium shall be once again stressed, given the different nature and sensitivity to impurities of these two metals.

5. REFERENCES / BIBLIOGRAFIA

[1] A. Roch, "FFF Manufacturing of Copper and Copper Alloys", presentation during workshop "Copper AM for Industry", Dresden 12-13/09/2022.
[2] AM Power Insights, "Metal additive manufacturing with sinter-based technologies", 2018, Vol. 3, p. 20.
[3] C. Lall, D. P. Bishop, "Conventional powder metallurgy aluminium alloys", ASM Handbook Vol. 7, 2015, p. 581.
[4] M. Zanon et al., "Metal Binder-jetting Of Aluminium-based Alloys", World PM 2022 conference proc.
[5] https://markforged.com/de/resources/blog/3d-printed-copper.
[6] J. Ott et al., "Influence Of Porosity And Impurities On The Thermal Conductivity Of Pressure-less Sintered Cu Powder Green Bodies", Euro PM 2020 proceedings.
[7] Metals Handbook, Vol.2 - Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, ASM International 10th Ed. 1992, p. 403.
[8] B. Mais et. al., "Recent progress on standard PM aluminum premixes", Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials journal, 2014, Vol. 2, pp. 07.157-07.163.

SALT MINE CORE DRILLING ...WITH BEARS!

Every year between March and April in Louisiana, the black bear begins to emerge from its dormancy. Louisiana black bears are large mammals with black fur and rounded faces. Adult males weigh in at about 300- to 400-pounds, and females weigh substantially less, typically 120- to 200-pounds.

Even so, these are not creatures you would want to find yourself face-to-face with unprepared.

The bears typically breed through summer and begin to prepare for their dormancy through autumn. Louisiana is home to an estimated 500-800 bears, classifying them S2, or imperiled.

Carotaggio in una miniera di sale ...in compagnia degli orsi!

Ogni anno tra marzo e aprile in Louisiana, l'orso inizia a svegliarsi dal letargo invernale. Gli orsi della Louisiana sono caratterizzati da una pelliccia nera, una corporatura robusta e una testa grande e arrotondata. I maschi adulti pesano circa 140-180 chili, mentre le femmine pesano molto meno, di solito dai 60 ai 90 chili. Pur non essendo enormi, non sono certo animali con cui vorresti trovarti faccia a faccia all'improvviso.

Di solito si accoppiano durante l'estate e iniziano a prepararsi al periodo di letargo durante l'autunno.

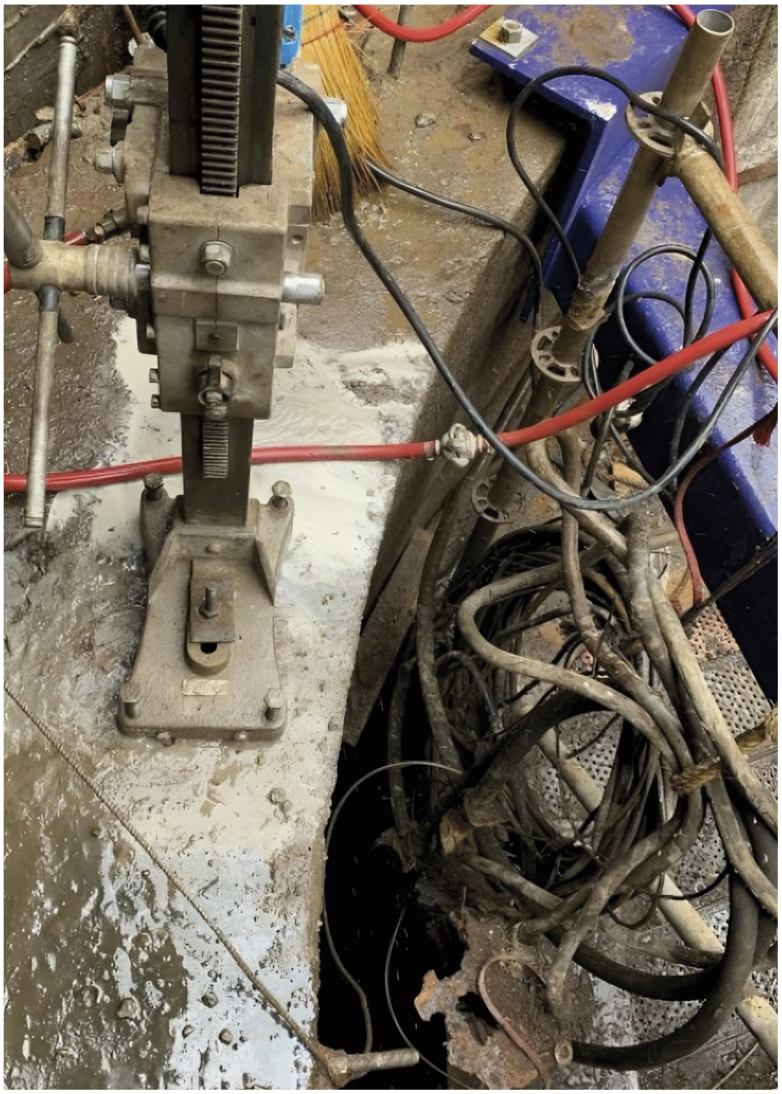
In Louisiana vivono circa 500-800 orsi, classificati come S2, ossia la loro popolazione è considerata a rischio di estinzione a causa della distruzione del loro habitat e della caccia incontrollata. Tuttavia, non è così raro incontrarli e gli operatori della Aggregate Technologies, membro del CSDA, si sono trovati faccia a faccia con alcuni di loro nel 2020.

Nel sud-ovest della Louisiana, la GC Coastal Contractors ha contattato la Aggregate Technologies per la ristrutturazione di una miniera di sale in cattive condizioni.

La Aggregate Technologies ha due sedi, una a Houston in Texas e un'altra a Baton Rouge, in Louisiana. È un'azienda nota per gli operatori altamente qualificati e per la vasta gamma di attrezzature adatte a lavori ad alta complessità.

Questo incarico prevedeva di eseguire il carotaggio di 91 fori nel pozzo di una miniera, con profondità variabili tra 46 e 102 cm. Per eseguire l'intervento era necessario che tutti gli operatori indossassero delle imbracature di sicurezza, in modo da evitare qualsiasi rischio di caduta all'interno del pozzo profondo circa 500 metri.

Il lavoro presentava anche dei problemi aggiuntivi: per prima cosa un enorme uragano si stava abbattendo sul Golfo del Messico e aveva causato lo spostamento degli orsi locali



nell'area della miniera.
In secondo luogo gli operatori hanno dovuto studiare un piano per il carotaggio dei 91 fori nel calcestruzzo rinforzato con barre di acciaio presenti nel pozzo della miniera.
Una volta completato il sopralluogo e valutato le condizioni della miniera, infatti, si sono resi rapidamente conto che il pozzo era troppo stretto per consentire l'installazione della base della torre e, quindi, hanno deciso di allargarlo usando una tagliasuolo.
Utilizzando una Husqvarna 7000 con dischi diamantati della DDM Concut, gli operatori di Aggregate hanno tagliato circa 20 metri intorno all'apertura, per una profondità di circa 25 cm. Ampliato l'ingresso del pozzo della miniera, gli operatori hanno utilizzato delle imbracature di sicurezza con limitatori di caduta integrati, noti anche come yoyos, fissati a una trave, per calarsi in sicurezza insieme alle attrezzature necessarie nel pozzo della miniera.
Oltre alle imbracature di sicurezza con i collegamenti yoyo, sono stati indossati dispositivi di protezione individuale (PPE) tipici, tra cui caschi, occhiali di sicurezza e guanti.

Still, it is more than possible to encounter them, and CSDA member Aggregate Technologies found themselves eye-to-eye with a few of them in November of 2020.
In Southwest Louisiana, GC Coastal Contractors reached out to CSDA member Aggregate Technologies to renovate a deteriorating salt mine. Aggregate Technologies has two locations, one in Houston, Texas and another in Baton Rouge, Louisiana.
They are well-known for their highly skilled operators and extensive fleet of equipment for complex jobs.
This assignment was already complicated because they were commissioned to core drill 91 holes into the mine shaft, ranging from 18-inches to 40-inches deep.
This job would require safety harnesses for all operators to ensure no one is dropped into the 1,600-foot shaft.
However, this job had a couple of extra risk factors: a massive hurricane sweeping through the gulf and displacing the local black bears.
The operators had to figure out a plan for drilling the 91 holes of varying depth and 1-inch width into the rebar reinforced concrete into the mine shaft.
Once the job was surveyed, they quickly realized that the mine shaft was far too small to fit the base of the tower, and thus made the decision to slab saw the mine shaft to widen it.
Using a Husqvarna 7000 slab saw with DDM Concut diamonds blades, Aggregate operators sawed roughly 65-feet around the opening, about 10-inches deep.
Once the mine shaft was widened, operators used safety harnesses with integrated fall limiters, also known as yoyos, secured to a beam to safely lower themselves and the necessary equipment into the mine shaft.
Then, the core drilling could commence.
Along with the safety harnesses with the yoyo tie-offs, typical PPE including hard hats, safety glasses and gloves were worn during this job. The scaffolding was also constantly inspected to ensure it was stable and safe.
Without harnesses, the operators risked a daunting 1,580-foot drop to the bottom of the mine, a fall no one wanted to risk.

Le operazioni di carotaggio potevano, finalmente, iniziare.
L'impalcatura è stata anche costantemente ispezionata per garantire che fosse stabile e sicura. Senza imbracature, gli operatori rischiavano una spaventosa caduta di 300 metri verso il fondo della miniera, un pericolo che nessuno voleva affrontare.
Come detto in precedenza, anche gli orsi nella zona hanno rappresentato un ostacolo. In quel periodo dell'anno è probabile vederli, in quanto si preparano per il letargo; in più la Louisiana era stata appena devastata dall'uragano Zeta, sconvolgendo la maggior parte della fauna selvatica locale. Un operatore ha raccontato di come un orso si sia avvicinato a meno di 20 metri da lui e, che quando l'animale si è eretto sulle zampe posteriori, i suoi occhi e quelli dell'animale fossero alla stessa altezza.
Lavorando nella parte superiore del pozzo della miniera, gli operatori hanno utilizzato delle carotatrici Shibuya con dei foretti diamantati della Diteq, per praticare i fori nelle posizioni desiderate nel calcestruzzo duro.
I fori sono stati poi puliti e aspirati e, una volta pronti, sono stati riempiti con una resina epossidica Hilti e all'interno sono stati inseriti dei ferri d'armatura con un diametro di 2,5 cm. Il personale della Aggregate aveva a disposizione tre giorni per completare la propria parte della ristrutturazione, ma è riuscito a terminare in soli due giorni.
David Rogers, project manager di Aggregate Technologies, si è dichiarato estremamente soddisfatto dei risultati raggiunti nella realizzazione del progetto.
"Tutti i nostri operatori hanno fatto un lavoro straordinario per completare il progetto in tempo e senza incidenti," ha commentato Rogers.
Se ti stai chiedendo cosa fare in caso di incontro con un orso, Jaime Sasjecki, responsabile del progetto, consiglia: "Non scappare mai da un orso. Non avvicinarti e muoviti piano e silenziosamente cercando di abbandonare l'area il prima possibile. Tuttavia, se un orso si avvicina, cerca di sembrare più grande, fai rumore, ad esempio battendo le mani e continua ad allontanarti".

The black bears in the area added another obstacle.
Bears are more likely to be seen this time of year as they get ready for hibernation, and in this case, Louisiana had just been ravaged by Hurricane Zeta, upheaving most of the wildlife in the area.
One operator said a bear approached within 60-feet of him, and when it stood upright, was eye level with him!
Working at the top of the mine shaft, workers used Shibuya core drills with Diteq core bits to drill the holes in the desired locations into the hard concrete.
The holes were then cleaned and roughed. After the holes were prepped, they were filled with Hilti epoxy and

I contractor CSDA sono abituati ad essere chiamati per svolgere dei lavori impegnativi.
La rinomata capacità di risolvere problemi, l'eccellenza e il lavoro di qualità di Aggregate hanno contribuito alla sua selezione per questo incarico e garantiranno all'azienda ulteriori opportunità in futuro, specialmente considerando la loro recente esperienza con gli orsi!

COMPANY PROFILE
La Aggregate Technologies è in attività da ben 23 anni ed è membro di CSDA da otto.
Hanno 35 dipendenti, 31 camion e due sedi distinte, a Houston, Texas, e a Baton Rouge, Louisiana.
La Aggregate vanta un curriculum impressionante, con una vasta lista di competenze che include la demolizione e la rimozione del cemento, la scansione GPR, il carotaggio, l'idrodemolizione, la demolizione con robot, il taglio suolo e il taglio a filo.

7/8" rebar was inserted. Aggregate had three days to complete their portion of the renovation but managed to complete it in only two.
David Rogers, the project manager for Aggregate Technologies, said he was extremely satisfied with the results of the project. "All of the operators did amazing work to get the project done on time with zero incidents," stated Rogers.
If you happen to be wondering what to do if you are encounter a bear, Black Bear Project Leader Jaime Sasjecki advises, "Never run from a bear. Don't approach a bear – just quietly move away and leave the area. However, if a bear does approach you, make yourself look big, make loud noises, clap your hands and continue to back away."
CSDA contractors are used to being called to complete challenging jobs. Aggregate's reputation for problem-solving, excellence and quality work ensured that they were selected for this job and will secure them future work, especially with their new-found experience with bears!

COMPANY PROFILE
Aggregate Technologies has been in business an impressive 23 years and a CSDA member for eight years. They have 35 staff members, 31 trucks and two branch locations.
Their physical locations are in Houston, Texas as well as Baton Rouge, Louisiana. Aggregate has an impressive resumé, with their list of skills including concrete breaking and removal, GPR scanning, core drilling, electric sawing, hydrodemolition, pile cutting, robotic demolition, slab sawing, wire sawing and wall sawing.

RESOURCES
General Contractor:
Coastal
CSDA Contractor:
Aggregate Technologies
Methods Used:
Core Drilling, Slab Sawing.

VADEMECUM

M

QUADERNO FORNITORI

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

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

P

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	Sig. Gabriele Rubini
Resp. Tecnico / Technical Manager	Sig. Paolo Lubatti

SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA
Operativity Market Branch

- Diamante sintetico / Synthetic diamond (1)
- Diamante sintetico rivestito / Coated synthetic diamond (2)
- Nitruro di Boro cubico (cBN) / Cubic Boron Nitride (cBN) (3)
- Nitruro di Boro cubico (cBN) rivestito / Coated cubic Boron Nitride (cBN) (4)
- Diamante industriale in pietre / Industrial diamond stones (5)
- Diamante naturale in polvere / Natural diamond powder (6)
- Micropolveri di diamante sintetico, di cBN e di diamante naturale / Micron powders of synthetic diamond, cBN and natural diamond (7)
- Diamante Policristallino (PCD) / Polycrystalline Diamond (PCD) (8)
- Nitruro cubico di Boro Policristallino (PcBN) / Polycrystalline cubic Boron Nitride (PcBN) (9)
- Diamante CVD / CVD Diamond (10)

SETTORI APPLICATIVI
Application Sectors

(1) 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.

(2) Impiego in lavorazioni gravose che richiedono lunga durata, impiego in leganti resinoidi / Required in demanding and long-lasting processing, used in resin bond.

(3) 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.

VADEMECUM

S

QUADERNO FORNITORI

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Società / Name	**SORMA S.p.a.**
Stabilimento e Laboratori Plant and Work-shops Indirizzo / Address.....	Via Don F. Tosatto, 8 30174 Venezia-Mestre (VE) - Italy Tel. +39 041 959616 Fax +39 02 57760375 www.sorma.net info@sorma.net
Resp. Comm. / Sales Manager Resp. Tecnico / Technical Manager	Riccardo Galluzzi

SETTORE MERCEOLOGICO DI APPARTENENZA
Operativity Market Branch

- ❒ Utensili diamantati per applicazioni nei settori:
  Diamond tools for application in the sectors:
  - ◆ Lapideo / Stone
  - ◆ Vetro / Glass
  - ◆ Meccanica / Mechanics
  - ◆ Ceramica / Ceramics

LINEA PRINCIPALI PRODOTTI
Main Product Lines

- ◆ Dischi lamellari diamantati
  Diamond flap discs
- ◆ Tele diamantate a deposito elettrolitico
  Electroplated flexible diamond cloth
- ◆ Tele diamantate e Cbn a legante resinoide
  Resin bonded diamond and Cbn flexible cloth
- ◆ Dischi sinterizzati ed elettrodepositati
  Sintered and electroplated diamond blades
- ◆ Dischi per lucidatura a secco e ad umido
  Dry and wet polishing pads
- ◆ Mole diamantate e Cbn
  Diamond and Cbn wheels

Stone+tec

Exhibition Center Nuremberg Germany

19 - 22 June, 2024

Int. Competence Forum Natural Stone and Stone Technology Trade Fair + Congress

- natural stone
- machines + tools
- tombstones + grave art
- tiles

Congress:
Find out more now and join us!

New + included
The Design Fair for
Tiles and Technology

Tile+tec Nuremberg

keep informed:
stone-tec.com

AFAG WE MAKE FAIRS

in collaboration with:

DNV Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V.

DENKMALPFLEGE GESTALTUNG GRABMAL BAU
BUNDESVERBAND DEUTSCHER STEINMETZE

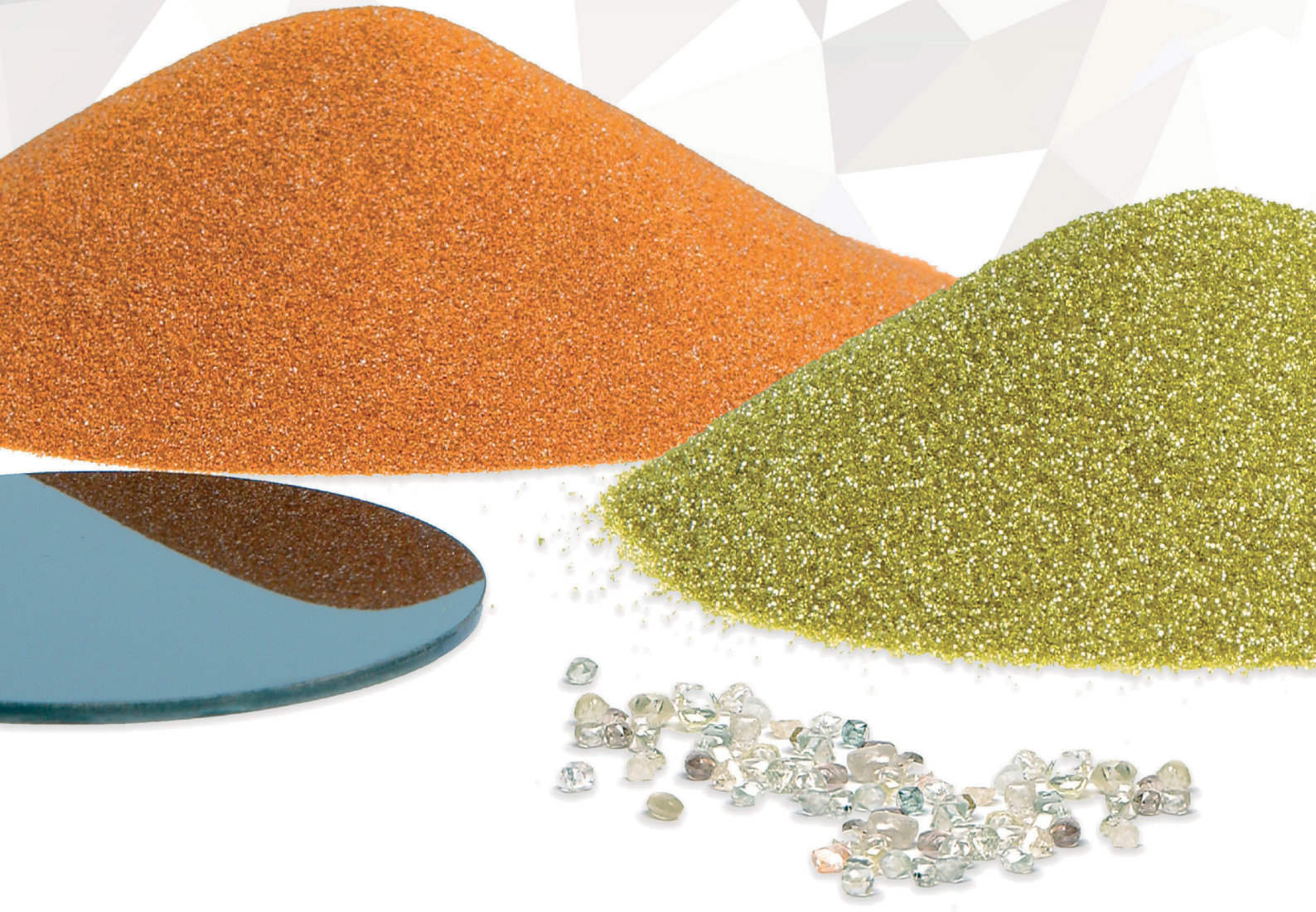
BAYERISCHES LANDESAMT FÜR DENKMAL PFLEGE

NATUR STEIN
Jedes Stück ein Unikat

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