

Andrea Gatto

Dipartimento DIEF, Università di Modena e Reggio Emilia, Via Vivarelli 10, 41125 Modena
andrea.gatto@unimore.it

Paolo Mengucci

Dipartimento SIMAU, Università Politecnica delle Marche, I-60131 Ancona
p.mengucci@univpm.it

autore

Massimo Rogante

Studio d'Ingegneria Rogante, Contrada San Michele 61, I-62012 Civitanova Marche
main@roganteengineering.it

autore

autore

Nano-caratterizzazione multistadio di leghe metalliche

Nano-caratterizzazione multistadio di leghe metalliche prodotte mediante Laser Powder Bed Fusion (LPBF), combinando tecniche classiche con tecniche neutroniche. Di questo ci parleranno i nostri esperti grazie ai quali avremo il privilegio di seguire lo sviluppo di una tecnica estremamente interessante che consente la soluzione di numerose problematiche

1. PRESENTAZIONE DELLO STUDIO D'INGEGNERIA ROGANTE

Lo Studio d'Ingegneria Rogante <http://www.roganteengineering.it> è un punto di riferimento per le "Applicazioni Industriali delle Tecniche Neutroniche®" per la caratterizzazione avanzata e non distruttiva di diversi tipi di materiali e componenti, ed è fornitore qualificato di industrie ed Enti a livello internazionale. Queste tecniche contribuiscono alla soluzione di importanti quesiti e problematiche connesse alle restrizioni metodologiche dei sistemi d'analisi normalmente impiegati: complementari a tali metodi d'indagine, forniscono un aiuto concreto per ottimizzare il prodotto finito e incrementarne le prestazioni. Per le applicazioni industriali, lo Studio d'Ingegneria Rogante ha messo a punto particolari approcci metodologici con opportune procedure d'elaborazione e trattamento dati da misurazioni neutroniche.

Riguardo ai carburi (precipitati) e agli altri difetti presenti nei materiali metallici (tipo nano-porosità), ad es., possono essere fornite informazioni su dimensioni, concentrazione, frazione volumica e superficie totale d'interfaccia materiale-difetto. I dati sono mediati entro il volume di misura, che può essere convenientemente scelto. Tali informazioni possono essere ottenute, ad es., riguardo ai materiali costitutivi di parti impiegate nei settori Automotive, Biomedico, Oil & Gas, Pipeline, Offshore, Elettrodomestici, Metalmeccanico e Plastico in generale.

La mission dello Studio comprende da sempre l'impegno nell'ambito della Scienza applicata ai vari settori industriali, completando le strutture di ricerca quale strumento per migliorare il prodotto e la produttività.

vità e coinvolgendo con successo l'Industria nella scelta e nell'impiego più efficace degli strumenti scientifici per il proprio avanzamento.

2. ILLUSTRAZIONE DEL PROBLEMA

Il Dipartimento DIF-UNIMORE utilizza leghe metalliche Co25Cr5Mo5W e Ti6Al4V per produrre parti finite mediante tecnologia di produzione additiva (*Additive Manufacturing* - AM) per applicazioni biomediche (in particolare, utilizzate in odontoiatria e ortopedia), ne studia le proprietà meccaniche correlandole alle relative nanostrutture. Queste leghe, in particolare, sono prodotte mediante fusione laser sulla base di processi denominati a letto di polvere (*Laser Powder Bed Fusion* - LPBF), ovvero una tecnica AM basata su una fonte d'energia laser che fonde materiali in polvere utilizzando un modello CAD 3D. Tale tecnica è impiegata anche per la produzione di parti mediche e dentistiche, dove è richiesto un alto livello di personalizzazione. I componenti meccanici prodotti con questa procedura mostrano tipicamente una porosità residua più elevata e proprietà meccaniche differenti da quelle ottenute con le tecniche di fabbricazione tradizionali. La diffrazione dei raggi X (XRD), la microscopia elettronica a scansione (SEM), quella a trasmissione (TEM) e quella a scansione in trasmissione (STEM) sono tecniche eccellenti per lo studio della nanostruttura e forniscono informazioni strutturali sia a livello di strati superficiali che di bulk. Con riferimento a campioni ottenuti mediante le tecniche di costruzione additiva sopra indicate, dopo diversi trattamenti termici, il Dipartimento SIMAU, riferimento per la caratterizzazione strutturale dei materiali, ha collaborato impiegando tali tecniche insieme all'analisi chimica mediante spettroscopia a dispersione d'energia (EDS). Riguardo alla lega Co25Cr5Mo5W, il trattamento laser induce una fusione della polvere di Co-Cr, generando una transizione dalla fase cubica γ (fcc) alla fase esagonale ϵ (hcp): il rapido raffreddamento della polvere fusa produce la formazione di nano-lamelle ϵ all'interno della fase γ , che formano una rete complessa, responsabile dell'aumento della durezza del materiale. I risultati cristallografici e compositivi ottenuti tramite tali tecniche suggeriscono che il trattamento è responsabile della formazione e della crescita di precipitati grossolani e allungati con struttura hcp, con parametri reticolari $a = 0,47347 \pm 0,0002$ nm e $c = 0,76617 \pm 0,0003$ nm e una composizione simile a $\text{Co}_3(\text{Mo,W})_2\text{Si}$, con possibile interscambio di atomi Mo e W nel reticolo cristallografico. L'analisi STEM-EDX effettuata ha mostrato una precipitazione fine di fasi allungate e sferiche che tendono ad aumentare di densità e dimensioni dopo il trattamento termico [1-3]. La Figura 1 mostra la mappa composizionale ottenuta con segnali da Si, Cr, Co, Mo e W.

Dalla Figura 1, risulta che i precipitati grossolani e allungati hanno quasi la stessa composizione mentre i piccoli precipitati sferici sono composti principalmente da Si anche quando sono associati a quelli più grossolani. Rispetto alla matrice Co, i precipitati grossolani e allungati rivelano una concentrazione più elevata di Mo e W [3].

Riguardo alla lega Ti6Al4V, gli elementi d'interesse sono O e H. La Figura 2 mostra i grafici ottenuti dalle misurazioni XRD, in cui sono riportate alcune informazioni relative a α -Ti e β -Ti.

La polvere grezza (spettro XRD qui non riportato) e il campione AP sono completamente formati dalla fase α -Ti a bassa temperatura. Al contrario, il campione trattato termicamente (TT), oltre alla fase α -Ti contiene anche la fase β -Ti ad alta temperatura, come mostrato nella Figura 2, dove i simboli indicano i picchi di diffrazione dovuti a α -Ti e β -Ti, rispettivamente. Dalla stessa Figura 2 è chiaramente evidente che i picchi di diffrazione nel campione AP hanno una larghezza maggiore e una bassa intensità rispetto al campione TT, suggerendo una struttura altamente difettosa del campione AP. I valori dei parametri reticolari della fase hcp ottenuti dall'analisi Rietveld del mo-

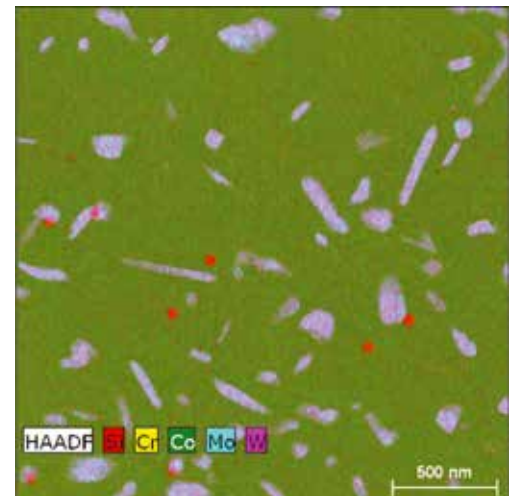


Figura 1: mappatura elementare STEM-EDX ottenuta con segnali da Si, Cr, Co, Mo e W [3]

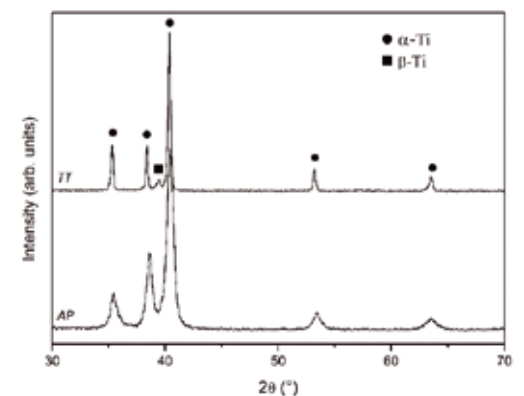


Figura 2: spettri XRD della lega Ti6Al4V nelle condizioni come prodotta (AP) e termicamente trattata (TT) [4]

dello XRD del campione AP sono compatibili con quelli riportati in letteratura per la martensite α' -Ti. I risultati XRD, pertanto, mostrano che il campione AP è completamente formato da martensite α' -Ti, che si trasforma nelle fasi α -Ti e β -Ti durante il trattamento termico. La presenza di α' -Ti martensite nel campione AP è stata confermata dall'analisi STEM. Tale analisi ha mostrato che il trattamento termico riduce la densità dei difetti mediante un meccanismo di ricottura, risultante in una microstruttura finale del campione TT formato da grani α -Ti decorati al bordo di grano dalla fase β -Ti (fase, quest'ultima, discontinua e altamente arricchita in vanadio).

L'analisi sopra esplicitata non esaurisce la necessità di conoscenza dell'intero quadro comportamentale del materiale. Per una conoscenza approfondita che possa tener conto degli strati più interni si è reso necessario individuare e impiegare tecniche di caratterizzazione avanzate e innovative capaci di fornire informazioni a livello di volume investigato, tramite parametri descrittivi della relativa nano- e micro-struttura.

3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE

Con riferimento a campioni ottenuti mediante le tecniche di costruzione additiva sopra indicate, dopo diversi trattamenti termici, onde eseguire confronti con i risultati ottenuti dal Dipartimento SIMAU e fornire nuove informazioni a livello nanoscopico, lo Studio d'Ingegneria Rogante, riferimento per le Applicazioni Industriali delle Tecniche Neutroniche®, ha collaborato impiegando la diffrazione neutronica (DN) e la diffusione neutronica a piccoli angoli (DNPA) [5-7].

L'approccio metodologico è perciò consistito nell'effettuare una nano-caratterizzazione multistadio, combinando tecniche classiche con quelle neutroniche, complementari non distruttive e non invasive.

Grazie a tale attività d'analisi, è stato studiato il comportamento meccanico delle leghe, correlandolo alle particolari

nanostrutture osservate. La metodologia adottata ha consentito di paragonare, per le aree d'indagine sovrapponibili, e integrare sinergicamente, per le aree d'indagine non sovrapposte, le diverse tecnologie adottate.

Riguardo alla lega *Co25Cr5Mo5W*, sono stati considerati due campioni con uno spessore medio di circa 2,5 mm e dimensioni di circa 15 × 12 mm prodotti mediante LPBF, uno sinterizzato (AP), l'altro (TT) dopo trattamento di post-produzione effettuato per ridurre lo stress residuo. Riguardo alla lega *Ti6Al4V*, sono stati considerati i seguenti campioni:

- polvere originale di *Ti6Al4V*, quantità 3 g (campione di polvere di Ti);

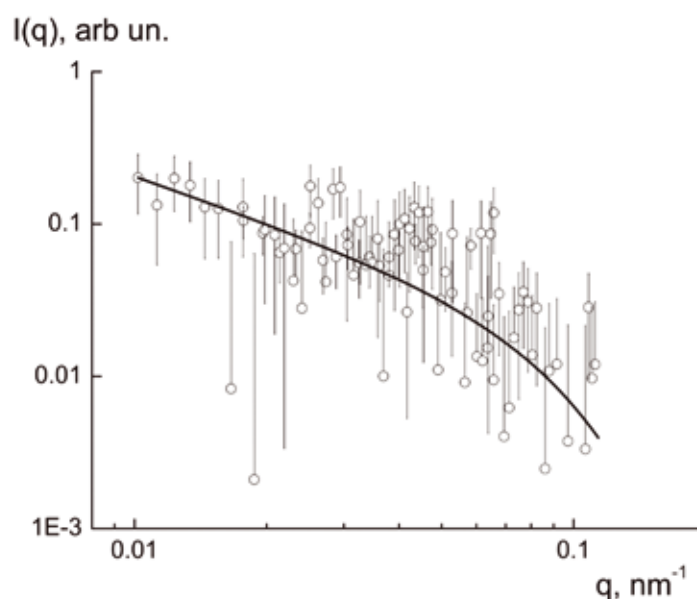


Figura 3: grafico DNPSA del campione AP della lega *Co25Cr5Mo5W* [4]

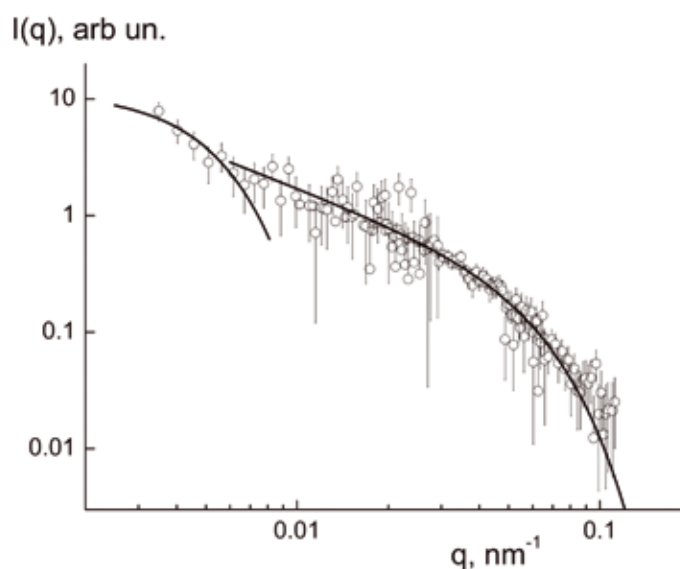


Figura 4: grafico DNPSA del campione TT della lega *Co25Cr5Mo5W* [4]

Parametri meccanici	AP	TT	Riferimento
Carico di rottura (MPa)	1340	1440	700 - 800
Allungamento (%)	13	6	8 - 11
Durezza HR	73	76	48 - 50

Tabella 1: valori sperimentali di parametri meccanici misurati da prove di trazione per il campione non trattato (AP) e trattato termicamente (TT) della lega Co25Cr5Mo5W. I valori tipici della letteratura sono riportati come riferimento

- prodotto da LPBF: n. 5 fette con uno spessore medio di circa 0,8 mm e dimensioni di circa 4 × 1,3 mm (campione AP);
- prodotto da LPBF e trattato termicamente – ciclo di cottura a cinque fasi secondo la norma EN ISO 22674: n. 4 fette con uno spessore medio di circa 0,8 mm e dimensioni di circa 4 × 1,3 mm (campione TT).

5. RISULTATI OTTENUTI

I risultati ottenuti hanno permesso di comprendere i meccanismi attivi su scala nanometrica responsabili delle inaspettate proprietà meccaniche conseguenti ai trattamenti termici.

Riguardo alla lega Co25Cr5Mo5W, la presenza e l'evoluzione dei precipitati sono state confermate dall'analisi DNPA mostrata nella Figura 3 e nella Figura 4 per i campioni AP e TT, rispettivamente.

Tali dati DNPA mostrano la presenza di *cluster* (vale a dire, regioni in cui la densità delle disomogeneità differisce dalla media) sia nel campione AP, sia in quello TT. La diffusione diventa più marcata, a seguito del trattamento termico, che testimonia principalmente una crescita delle dimensioni dei precipitati. Tenendo conto di una funzione modello per cilindro sottile, che sarebbe l'interpretazione più corretta, con riferimento alla Figura 4, la regione a bassa Q (approssimazione di Guinier, ovvero la piccola curva) è collegata alla lunghezza del cilindro, e quella ai valori intermedi di Q (la funzione del modello per cilindro sottile) alla dimensione più piccola del cilindro. È evidente un comportamento dei cilindri con dimensioni inferiori perpendicolari all'asse del cilindro. Nel campione AP, questi piccoli cluster non hanno bordi ben definiti. Quest'ultimo risultato è stato ulteriormente confermato dalla presentazione dei dati Porod, $Q^4/(Q)$ vs. Q^4 . I risultati dall'analisi DNPA, inoltre, hanno mostrato un forte aumento della frazione volumica dei precipitati dopo il trattamento termico. Va notato che le osservazioni STEM di forma, dimensione e densità dei precipitati sono in stretto accordo con i risultati DNPA, riferite al volume di materiale, che ha evidenziato una maggiore densità di precipitati aumentati di dimensioni con bordi ben definiti dopo il trattamento termico. Tali precipitati rappresentano ostacoli al movimento di dislocazione, giustificando così la duttilità inferiore e la maggiore durezza nel campione TT (Tabella 1).

La Figura 5 mostra i due campioni della lega Co25Cr5Mo5W durante l'investigazione mediante DNPA.

I risultati segnano un ulteriore passo verso una conoscenza più approfondita dei meccanismi strutturali che si verificano alla nanoscala e che sono responsabili delle migliori prestazioni meccaniche osservate nelle leghe a base di Co ottenute da tecniche di produzione additiva [4].

L'approccio metodologico è consistito nell'effettuare una nano-caratterizzazione multistadio, combinando tecniche classiche con quelle neutroniche, complementari non distruttive e non invasive

Riguardo alla lega Ti6Al4V, le analisi condotte mediante DN sulla polvere di Ti64 grezza e sui campioni AP e TT hanno fornito risultati originali e inaspettati. Innanzitutto, la DN ha confermato la struttura completamente α -Ti della polvere di Ti64 grezza già osservata mediante XRD. Tuttavia, lo spettro DN del campione AP, riportato in Figura 6, come anche quello del campione TT, riportato in Figura 7, oltre alla fase α -Ti evidenzia effetti di diffrazione dovuti a β -Ti.

Questo risultato è ulteriormente confermato dall'analisi di Rietveld eseguita sul grafico DN che ha fornito il *fitting* del rumore di fondo e i residui riportati sotto il grafico in Figura 6. La presenza di β -Ti residua nel campione AP è un risultato inaspettato, poiché le indagini XRD e STEM non hanno mai rilevato tale fase. Tuttavia, Sha e Malinov [8, 9] hanno già segnalato difficoltà nel rilevare piccole quantità di β -Ti in lega Ti6Al4V usando le tecniche XRD, SEM e TEM convenzionali, dimostrando che questa difficoltà è ulteriormente aumentata in presenza di marlesite. La fase β -Ti residua evidenziata

mediante DN gioca un ruolo chiave nella trasformazione dello stato solido $\alpha \rightarrow \beta$, che si verifica durante il riscaldamento [4].

6. CONCLUSIONI

I risultati hanno evidenziato l'importanza di una completa caratterizzazione delle parti su scala nanometrica per tenere conto delle migliorate proprietà meccaniche. In particolare, a causa delle elevate velocità di raffreddamento durante il processo di produzione, sono state trovate nuove e inattese combinazioni di fasi.

Le due leghe considerate mostrano sempre un comportamento meccanico migliorato sia nelle condizioni di produzione (AP), sia dopo il trattamento termico (TT), rispetto alle stesse composizioni

prodotte con metodi convenzionali.

Nella lega a base di Co, il miglioramento delle proprietà meccaniche è principalmente dovuto alla presenza di una complessa rete della fase ad alta temperatura ϵ -Co all'interno della fase γ -Co. Questa peculiare nanostruttura è presente sia nei campioni AP, sia TT, con lievi differenze tra i due stati. Tuttavia, dopo il trattamento termico, una distribuzione omogenea di precipitati grossolani e allungati oltre alla struttura lamellare provoca un ulteriore miglioramento delle proprietà meccaniche.

Nella lega a base di Ti, la martensite α -Ti altamente difettosa associata a una piccola quantità di β -Ti residua è responsabile del miglioramento del comportamento meccanico nel campione AP. È opportuno sottolineare che la β -Ti residua è stata evidenziata solo dalla tecnica DN, mentre le tecniche XRD, SEM e TEM non sono riuscite a rilevare tale fase nel campione AP. Quest'ultima osservazione suggerisce la necessità di caratterizzare pienamente la nanostruttura della lega mediante diverse indagini complementari, possibilmente includendo tecniche analitiche basate su raggi X, elettroni e neutroni. Il trattamento termi-

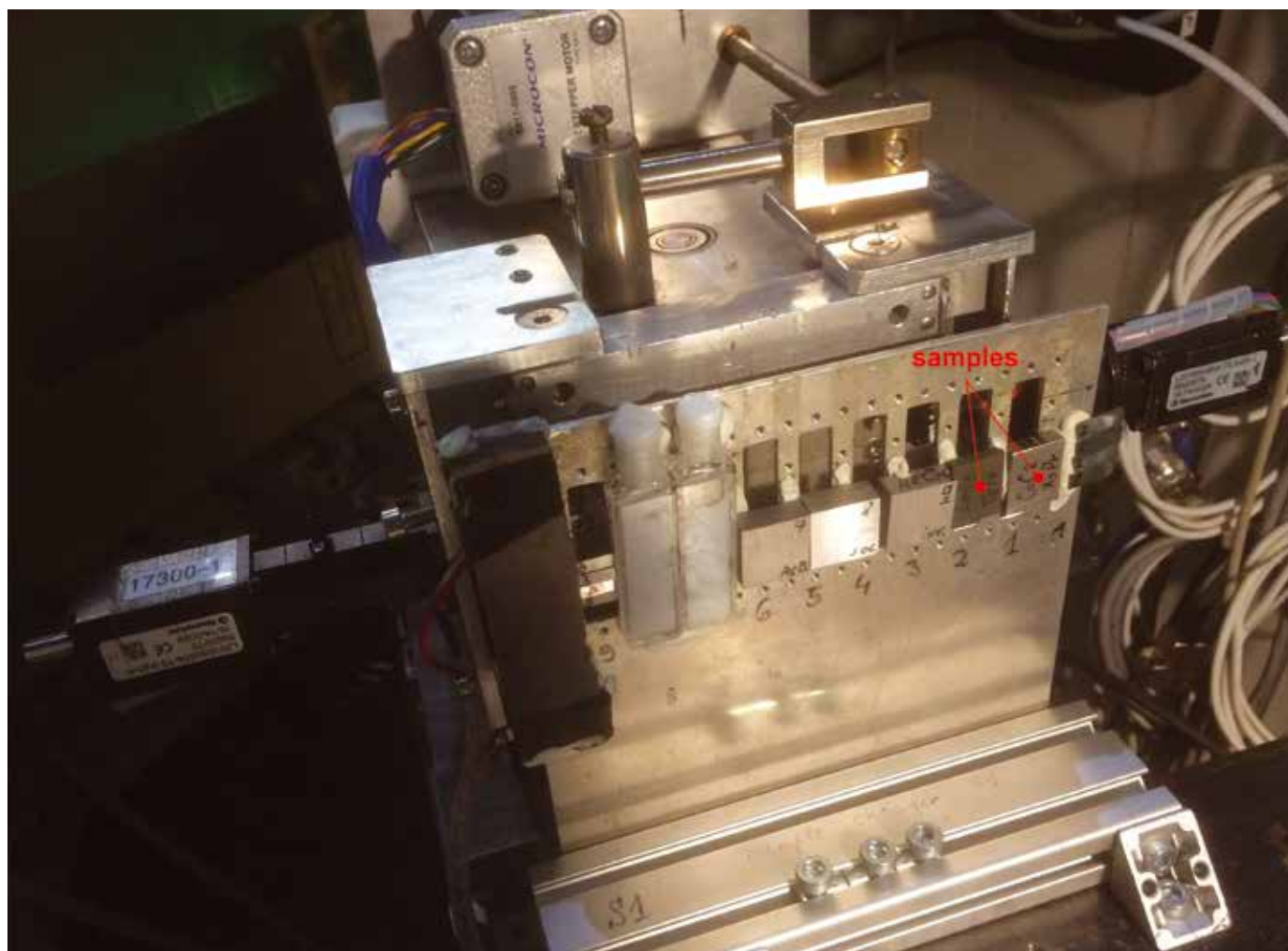


Figura 5: i due campioni della lega $\text{Co}_{25}\text{Cr}_5\text{Mo}_5\text{W}$ durante l'investigazione mediante DNPA [4]

co induce l'annealing dei difetti reticolari e la trasformazione $\alpha \rightarrow \beta$ con conseguente comportamento meccanico leggermente differente del campione TT rispetto all'AP [4].

I risultati complessivamente ottenuti, grazie alla sinergia creata tra il Dipartimento DIFE-UNIMORE, il Dipartimento SIMAU e lo Studio d'Ingegneria Rogante, forniscono un supporto nel progresso delle caratteristiche e nella produzione di leghe metalliche sviluppate per applicazioni biomediche e fabbricate tramite tecnologia di produzione additiva, dimostrando ulteriormente l'utilità di tecniche analitiche complementari, comprese le tecniche a base di neutroni, per studiare a fondo le correlazioni tra nanostruttura e proprietà meccaniche.

7. POTENZIALI AREE APPLICATIVE E DI SVILUPPO

Si prevede di estendere l'attività ad altri ambiti applicativi quali l'automotive, il settore aeronautico e quello dell'Oil & Gas. Parallelamente, si prevede la sottomissione di proposal progettuali in ambito sia nazionale, sia europeo. ■

BIBLIOGRAFIA

1. E. Girardin, G. Barucca, P. Mengucci, F. Fiori, E. Bassoli, A. Gatto, L. Iuliano, B. Rutkowski, *Biomedical Co-Cr-Mo components produced by Direct Metal Laser Sintering*, *Materials Today: Proceedings* 3 (2016), pp. 889-897
2. G. Barucca, E. Santecchia, G. Majni, E. Girardin, E. Bassoli, L. Denti, A. Gatto, L. Iuliano, T. Moskalewicz, P. Mengucci, *Structural characterization of biomedical Co-Cr-Mo components produced by direct metal laser sintering*, *Materials Science and Engineering C* 48 (2015), pp. 263-269
3. P. Mengucci, G. Barucca, A. Gatto, E. Bassoli, L. Denti, F. Fiori, E. Girardin, P. Bastianoni, B. Rutkowski, A. Czyrska-Filemonowicz, *Effects of thermal treatments on microstructure and mechanical properties of a Co-Cr-Mo-W biomedical alloy produced by laser sintering*, *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 60 (2016), pp. 106-117
4. A. Gatto, M. Rogante, E. Santecchia, P. Mengucci, *Nanoscale characterization of metal alloys produced by Laser Powder Bed Fusion (LPBF) technology*, *Proc. 9th International Conference "Mechanical Technologies and Structural Materials" MTSM 2019, Split, Croatia, 26-27 September 2019*, S. Jozi, B. Lela, Eds., *Croatian Society for Mechanical Technologies, Split, Croatia (2019)*, ISSN 1847-7917, pp. 41-47
5. M. Rogante, *Applicazioni Industriali delle Tecniche Neutroniche*, *Atti del 1° Workshop Nazionale per l'Industria "Applicazioni Industriale delle Tecniche Neutroniche"*, Civitanova Marche, 12-14 Giugno 2008, pp. 40-120
6. *Determinazione delle tensioni residue mediante diffrazione neutronica*, Studio d'Ingegneria Rogante, Civitanova Marche, Italy, pagina web http://www.roganteengineering.it/pagine_servizi/servizi1.pdf
7. *Caratterizzazione di materiali e componenti a livello di micro- e nano-scala mediante diffusione neutronica a piccoli angoli*, Studio d'Ingegneria Rogante, Civitanova Marche, pagina web http://www.roganteengineering.it/pagine_servizi/servizi2.pdf
8. W. Sha and S. Malinov, *Titanium alloys: modelling of microstructure, properties and applications*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge (2009), p. 588
9. S. Malinov, W. Sha, Z. Guo, C.C.Tang, A.E. Long, *Synchrotron X-ray diffraction study of the phase transformations in titanium alloys*, *Materials Characterization*, Vol. 48 Issue 4 (2002), pp. 279-295

I risultati ottenuti hanno permesso di comprendere i meccanismi attivi su scala nanometrica responsabili delle inaspettate proprietà meccaniche conseguenti ai trattamenti termici

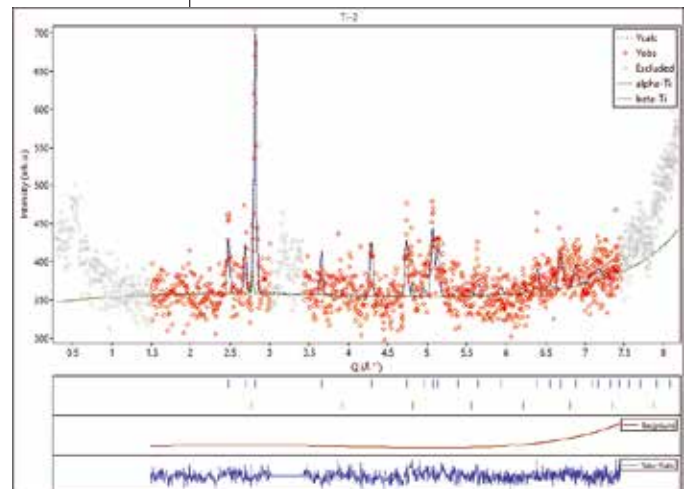


Figura 6: grafico DN del campione AP della lega Ti6Al4V [4]

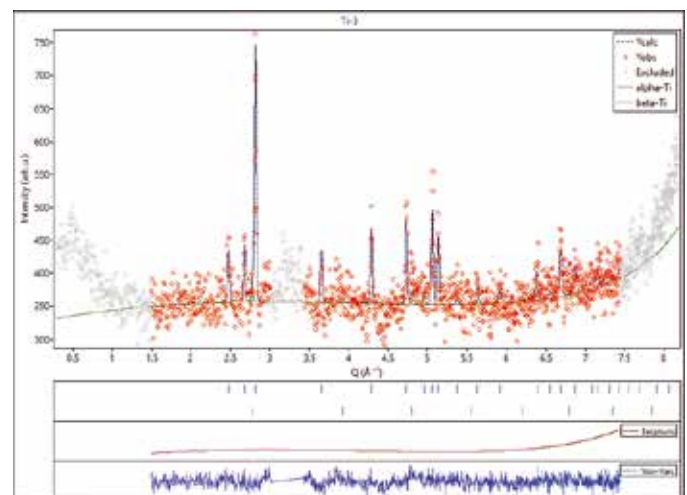


Figura 7: grafico DN del campione TT della lega Ti6Al4V [4]

referee

Giovanni Arcuri, head of Health Technology COU Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Antonio Bray, direttore sanitario aziendale, ASP Reggio Calabria
Maria Caputo, Sala operatoria – Centro Trapianti, Azienda Ospedaliera Policlinico di Bari, past president AICO
Gianfranco Finzi, presidente nazionale ANMDO – direttore sanitario Ospedale Privato Accreditato Villa Erbosa, Gruppo Ospedaliero San Donato
Francesco Gabbriellini, dirigente medico chirurgo, direttore Centro Nazionale per la telemedicina
Antonio Vittorino Gaddi, già professore di Medicina Interna Università di Bologna, direttore del Bologna Center

comitato consultivo

Daniilo Aragno, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria A.O. San Camillo-Forlanini
Franco Astorina, vice presidente FARE
Stefano Bartoli, dirigente medico chirurgo, UOSD di Chirurgia Vascolare d'Urgenza ASL RM-C di Roma, Responsabile formazione e qualità ACOI
Michelangelo Bartolo, dirigente medico, direttore Servizio di Telemedicina dell'Ospedale San Giovanni-Addolorata-Britannico, segretario Global Health Telemedicina, Roma
Luisa Begnozzi, direttore UOC di Fisica Sanitaria Fondazione Fatebenefratelli, past president AIFM
Maria Beatrice Benedetti Michelangeli, coordinatore Centrale di sterilizzazione, Azienda Ospedali Riuniti di Ancona, past president AIOS
Giovanni Bestente, e-Health team manager ISMB, Istituto Superiore Mario Boella di Torino
Alessandro Beux, tecnico di Radiologia, AO Città della Salute e della Scienza di Torino, presidente Federazione Nazionale TSRM
Nevio Boscarol, responsabile economico Servizi e Gestionale UESG, ARIS
Placido Bramanti, direttore IRCCS Centro Neurolesi "B. Pulejo", membro del Consiglio Superiore di Sanità, vice presidente vicario SIT
Federico Cesari, PhD, BiTeB – Health Technology Assessment, AIBIO
Emanuele Carlo Christin, IRCCS Fondazione Salvatore Maugeri, presidente AIBIO
Fabrizio Consorti, professore aggregato Chirurgia Generale, Facoltà di Medicina dell'Università Sapienza, Umberto I Policlinico di Roma
Mario Dal Co, Cborgomeo&Co Consulenza aziendale e istituzionale, già direttore generale Agenzia per la diffusione delle tecnologie per l'Innovazione della Presidenza del Consiglio dei Ministri, componente Comitato di consulenza SIT
Angelo Lino Del Favero, direttore generale dell'Azienda ospedaliera Città della Salute e della Scienza di Torino
Antonella Del Vecchio, Servizio di Fisica Sanitaria IRCCS San Raffaele
Enrico Desideri, già direttore generale ASL 8 di Arezzo, vice presidente Federsanità-ANCI
Francesco Di Stanislao, professore di Igiene e Sanità Pubblica dell'Università Politecnica delle Marche
Mario Fregonara Medici, già responsabile Settore "Servizi Informatici Sanitari", Regione Piemonte
Enrico Frumento, ricercatore CEFRIEL – docente Politecnico di Milano
Gianfranco Gensini, già ordinario di Medicina Interna e di Cardiologia, Università degli Studi di Firenze, presidente nazionale SIT

on Atherosclerosis and Metabolic Diseases
Francesco Lucà, presidente Area Radiologica
Quirino Piacevoli, rappresentante Ufficio Esteri AAROI EMAC presso Bruxelles
Chiara Rabbito, ricercatrice dell'Università degli studi di Bologna, coordinatrice nazionale Gruppo di Studio Sicurezza e Privacy SIT
Palmino Sacco, dirigente medico DAI Diagnostica per Immagini, AO Universitaria Senese
Giorgio Vezzani, responsabile della UO di Riabilitazione Respiratoria, Studio e Cura dei Disturbi Respiratori del Sonno, Azienda Ospedaliera IRCCS Arcispedale S. Maria Nuova di Reggio Emilia

Pierfrancesco Ghedini, direttore Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e Biomediche, Azienda USL di Modena
Ada Giampà, coordinatore Centrale di sterilizzazione, Fondazione IRCCS Policlinico San Matteo (PV)
Massimo Giuliani, responsabile tecnico Esplorazioni funzionali e chirurgia, AOU Ospedali Riuniti di Trieste, presidente ANTAB
Gianpiero Guerrieri, dirigente Uff. VI, Direzione Sistemi Informativi e dell'Innovazione, Ministero del Tesoro, direttore UOC Sistema Informativo e Sistema di Reporting Aziendale ed ICT, Azienda Ospedaliera San Giovanni-Addolorata di Roma
Giovanni Haz, direttore Sistemi Informativi Policlinico A. Gemelli
Agostino Inglese, Coordinatore Quartiere Operativo Presidio Ospedaliero Don Tonino Bello Molfetta - Presidente Società Scientifica AIOS
Carlo Massaroni, ricercatore, Libera Università Campus Bio-Medico di Roma, AIBIO
Fabio Miraglia, docente di Economia Sanitaria, Università Mediterranea Reggio Calabria, coordinatore RSA, AIOP
Luca Moro, dirigente fisico presso Salvatore Maugeri Foundation, coord. commissione AIFM pubbliche relazioni
Giuseppe Mobilia, presidente del Consorzio Edith
Alessia Orsi, Regione Emilia-Romagna – Intercent-ER Agenzia Regionale per lo Sviluppo dei Mercati Tematici
Carlo Ortolani, già ordinario di "Combustione e sicurezza" nella Facoltà di Ingegneria industriale del Politecnico di Milano e docente al Master Cineas in Hospital risk management
Daniela Pedrini, direttore Progettazione, sviluppo e investimenti ospedale S. Orsola Malpighi, Bologna, presidente nazionale SIAIS
Luisa Pierotti, Struttura Complessa di Fisica Sanitaria Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna Policlinico S. Orsola Malpighi
Nicola Pinelli, direttore FIASO
Flomena Polito, presidente APIHM – Associazione Privacy and Information Healthcare Manager
Luigi Presenti, direttore Struttura Complessa Chirurgia Generale, P.O. Olbia
Marcello Romano, UOC di Geriatria, Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale "Garibaldi" di Catania, past president SIUMB
Alberto Sanna, responsabile Unità e Services for Life and HealthScientificInstitute, San Raffaele di Milano
Selene Tomasini, coordinatore Centrale di sterilizzazione, Politecnico delle Marche
Andrea Valentini – Coordinatore Centrale di sterilizzazione, Ospedale Franz Tappeiner di Merano (BZ),
Fabio Valentini – Segreteria nazionale ANTAB
Claudio Vella – Consulente ICT strategy in Sanità e Condirettore scientifico dell'Osservatorio ICT in Sanità della School of Management – Politecnico di Milano

e-Health - Anno XIII - Periodico
N. 81 - luglio/agosto 2021

Direttore Responsabile
 Maria Giulia Mazzoni

Grafica e impaginazione
 Giulia Pissagroia

Redazione
 Antonella Padularosa, Oriana Mazzini

Collaboratori
 Alberto Blasi, Patrizia Grassini

Commerciale
 Massimiliano Genna

Gestione e servizi
 Marco Bompiani

ROC - Registro Operatori di Comunicazione n. 17883 - Pubblicazione bimestrale registrata presso il Tribunale di Roma il 18/12/2008 n. 439

Edisef Roma
 Poste Italiane S.p.A.
 Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) Art. 1 Comma 1 - DCB Roma - Euro 10,00

Abbonamento annuale
 Euro 64,00 - cartaceo
 Euro 48,00 - digitale

BONIFICO BANCARIO
 Banca Popolare di Sondrio Ag. 34
 Via Gregorio VII, 348 - 00165 ROMA
 IBAN: IT25 P056 9603 2340 0000 2599 X40

Siti Internet
www.edisef.it
www.ehealthnews.it

Sede legale
 Corso della Repubblica, 205
 04012 Cisterna di Latina (LT)

Redazione e abbonamenti
 Via Ludovico Micara, 41 - 00165 Roma
 Tel 06 66013885
 Fax 06 6626717
 Redazione: redazione@edisef.it
 Abbonamenti: abbonamenti@edisef.it

Finito di stampare nel mese di
 Luglio 2021 presso:
 Rotoform srl
 Via dei Tamarindi, 14
 00134 Roma (RM)

per collaborare

La collaborazione è sempre gradita, ma deve rispettare alcune caratteristiche tecniche. Articoli: i testi devono essere originali, liberi da diritti d'autore verso terzi e non sottoposti ad altre pubblicazioni. La decisione sull'eventuale pubblicazione è ad esclusiva discrezione della Redazione. I testi devono pervenire in formato elettronico in qualsiasi forma di Word Processing e non devono superare le 15.000 battute (spazi inclusi). Grafici, loghi e immagini a corredo devono pervenire in redazione in formato jpeg, tiff o eps con risoluzione minima di 300 dpi.

Testi e immagini devono essere inviati a:
redazione@edisef.it
 oppure visti in originale a:
 EDISEF - Via Ludovico Micara, 41 - 00165 ROMA

indice inserzionisti

CO-MED	IV cop.	SIS. AV.	II cop.
KARL STORZ	p. 4	ABBONAMENTI	p. 61
GENESI	III cop.		

eHealth

Innovazione e Tecnologia in Ospedale

81 lug/ago 2021

Health
Technology
Assessment

HTA

ISSN 2038 - 4238
Bimestrale - Anno XII - Poste Italiane S.p.A.
Sped. in Abb. Postale - D.L. 353/2003
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) Art. 1 Comma 1 - DCB Roma

ospedale e territorio



La sanità
di domani passa
dal digitale

intelligenza artificiale



Un nuovo approccio
al tumore
del colon retto

radioterapia



La gestione
dei trattamenti
di urgenza

Il protagonista del mese
Gabriele Cipriani

Ex-direttore in pensione
della Corte dei Conti Europea