

## *Scheda di approfondimento Attività di Ricerca*

### *Consiglio Nazionale delle Ricerche - ICMATE*

## **PRODUZIONE, MANUFACTURING E CARATTERIZZAZIONI FUNZIONALI DI MATERIALI E COMPONENTI A MEMORIA DI FORMA**

Le leghe a memoria di forma (Shape Memory Alloys) sono composti intermetallici che esprimono straordinarie proprietà termo-meccaniche quali: la superelasticità e l'effetto di memoria di forma. Le loro performances sono strettamente correlate a tutte le fasi di processo che portano alla produzione e alla realizzazione dei semilavorati e dei componenti SMA per lo sviluppo di applicazioni innovative. L'attività di ricerca mette a frutto la ventennale esperienza di processo di leghe a base di NiTi per sperimentare: i) nuove composizioni ternarie NiTiX (X= Cu, Zr, Hf, Y, Er), a base CuZr, a base Ni<sub>3</sub>Ta e leghe quaternarie tese ad incrementare particolari proprietà funzionali quali temperature di trasformazione, deformazione recuperabile, stabilità a fatica e smorzamento; ii) nuove tecnologie di processo.

Infatti, oltre ai tradizionali metodi per il training e l'ottimizzazione funzionale di componenti SMA, come procedure termomeccaniche mediante stampi realizzati ad hoc, sono in fase di sviluppo metodi di taglio di componenti SMA e trattamenti termici mediante sorgenti in fibra (anche femtosecondi) e nuovi metodi per indurre microstrutture controllate attraverso impulsi elettrici della durata di 10 ms. Si sperimentano nuovi cicli termomeccanici per incrementare le capacità a fatica e funzionali del NiTi denominate High Performance Shape Memory Effect (HP-SME). Dal 2000 circa è iniziata l'attività di studio e ricerca sui sistemi ferromagnetici e magnetocalorici a memoria di forma (FeSMA), anche ad alta temperatura. Questa attività riguarda la preparazione e caratterizzazione di campioni policristallini partendo dalla lega principale NiMnGa fino al sistema quaternario NiMnGaCo. Accanto allo studio di campioni policristallini è inoltre presente l'attività di caratterizzazione microstrutturale e funzionale di cristalli singoli, melt spun ribbons e film sottili di sistemi quali: NiMnGa, CoNiGa, NiFeAl, NiFeGa, NiFeGaCo, NiMnIn, NiMnSn (Co,Cu), NiMnInCo. La sede di Lecco è un riferimento importante per la preparazione di leghe SMA (anche su scala pilota) e di "targets" di elevata purezza impiegati nei processi di deposizione di film sottili.

## ADVANCED MANUFACTURING

L'attività di ricerca riguarda la produzione e le lavorazioni di materiali metallici con tecnologie non convenzionali, principalmente basate sulla tecnologia laser.

Le competenze, presenti nella sede ICMATE di Lecco, riguardano: (i) la valutazione e lo studio dell'interazione tra fascio laser e materiale e della caratterizzazione dell'effetto della lavorazione laser sulle caratteristiche e funzionalità del materiale; (ii) sviluppo di processi di lavorazione.

Attualmente sono attive attività di ricerca riguardanti i seguenti processi:

- Saldatura laser per realizzare delle giunzioni ad elevato impatto tecnologico, come ad esempio la saldatura multimateriale tra un materiale massivo ed uno a struttura porosa.
- Taglio laser per la realizzazione di mini-micro elementi, principalmente in Nitinol, intesi come dimostratori/prototipi di elementi per il campo del biomedicale e della microattuazione che consentano di verificare loro prestazioni funzionali.
- Modifica superficiale laser per indurre un cambiamento morfologico della superficie trattata.
- Trattamenti termici laser sia massivi che superficiali per indurre modifiche microstrutturali
- Sintesi autopropagante ad alta temperatura attivata con fascio laser per la sintesi di campioni, densi oppure porosi in funzione delle condizioni operative, partendo dalla polvere degli elementi distinti.
- Sintesi per fusione laser selettiva a letto di polvere (Selective Laser Beam Melting, SLBM) per la realizzazione di componenti di geometria complessa. Tale tecnologia consente di aprire un nuovo filone di ricerca a vari livelli, tra cui: (i) studio dell'interazione tra fascio laser e polvere; (ii) sintesi di materiali con una sorgente di calore ad elevata densità di potenza; (iii) realizzazione di componenti metallici con geometrie complesse.

## PROGETTAZIONE E SVILUPPO DI SOLUZIONI APPLICATIVE PER L'INNOVAZIONE INDUSTRIALE

La sede di Lecco dell'Istituto ICMATE ha competenze nella progettazione e realizzazione di dispositivi/componenti attivi o passivi e sensori impieganti materiali SMA (mediante software CAD 3D e 2D, Stampante 3D, torni e frese, con possibilità di approfondimenti di simulazione mediante piattaforma Comsol), nella caratterizzazione calorimetrica e chimico-fisica del singolo elemento SMA, nonché nella caratterizzazione funzionale del dispositivo finale con la progettazione di set-up sperimentali specifici. Negli ultimi anni, sono stati sviluppati diversi dispositivi a livello prototipale per diversi settori industriali quali Biomedicale, Aerospaziale, Astrofisico, Meccanico Avanzato, Civile.

Alcuni prototipi attualmente in fase di studio sono:

- damper per uso civile;
- attuatori antagonisti per applicazione nel rover Nemesys;
- attuatore peristaltico ad alta frequenza;
- dispositivo bidirezionale modulare (pin/puller);
- movimentazione di laminati compositi corrugati mediante elementi SMA (morphing);
- elementi pseudoelastici per il supporto di ottiche e specchi telescopici di media grandezza;
- sistemi di sutura e di fissaggio
- dispositivi impiantabili
- strumentazione diagnostica e chirurgica

## **SINTESI E LAVORAZIONE DI LEGHE METALLICHE**

Questa attività riguarda lo sviluppo di sistemi metallici innovativi, in particolare nuove leghe metalliche e materiali metallici/semimetallici funzionali.

Lo studio di nuovi materiali non può prescindere dalla possibilità della verifica sperimentale delle proprietà degli stessi: la sede di Lecco dispone delle competenze e delle attrezzature per la gestione integrata di tutte le operazioni, dalla sintesi del materiale, alla lavorazione a caldo e a freddo, fino alla realizzazione dei semilavorati, per consentirne lo studio accurato.

Tali capacità hanno consentito e consentono la partecipazione a progetti di ricerca sia di tipo industriale che di base, a livello nazionale ed europeo. Tra i materiali investigati si citano: leghe a memoria di forma, schiume metalliche, compositi a matrice metallica di Al, leghe per assorbimento di idrogeno, leghe termoelettriche, leghe preziose e particolari leghe biodegradabili.

## **TECNICHE DI CARATTERIZZAZIONE METALLURGICA AVANZATE**

L'attività di ricerca consiste nella caratterizzazione, mediante tecniche di microscopia elettronica ad alta risoluzione e tecniche microanalitiche ad esse associate, degli stati microstrutturali di materiali metallici adibiti ad applicazioni ad elevate temperature per la sede di Milano, e materiali metallici funzionali per la sede di Lecco. Le tematiche di ricerca risiedono nell'ambito della produzione di energia e dell'industria metallurgica.

La sede ICMATE di Lecco è dotata di un microscopio ad alta risoluzione SU70 dell'Hitachi di ultima generazione equipaggiato con detector in camera convenzionali e detector in colonna per l'alta risoluzione, con sistema microanalitico a spettroscopia a dispersione di energia (EDS) con LN-free SDD detector di ultima generazione per velocità di acquisizioni fino a 100.000,0 conteggi/s ed un sistema per la caratterizzazione cristallografica superficiale di campioni massivi mediante l'analisi dei pattern di diffrazione da elettroni retrodiffusi (Electron Back Scattered Diffraction - EBSD).

Un detector adibito per il rilevamento degli elettroni trasmessi (STEM) permette di caratterizzare la struttura interna dei materiali, come strutture dislocative e precipitati rinforzanti la matrice metallica.

I principali ambiti di studio riguardano la caratterizzazione di:

- microstrutture orientate prodotte mediante tecniche di deformazione plastica e trattamento termico;
- leghe metalliche sottoposte a trattamenti con LASER, modifiche superficiali, taglio, saldatura;
- microstrutture di leghe metalliche prodotte mediante tecniche di sintesi non convenzionali.

## **MATERIALI E TECNOLOGIE TERMOELETTRICHE**

L'impiego dei generatori termoelettrici per la conversione diretta dell'energia termica in energia elettrica è volto all'ottenimento di migliori efficienze di sistemi o impianti grazie al recupero di del calore disperso. In particolare, i generatori termoelettrici sono dispositivi a stato solido che non possiedono parti in movimento e, non richiedendo quindi particolari manutenzioni, risultano affidabili e silenziosi e recenti studi hanno dimostrato la fattibilità nel combinare tale tecnologia con diversi tipi di sorgenti di calore derivanti da dispersioni di processi industriali a temperature intermedie.

La sede di Lecco ha come attività primaria la sintesi di materiali e lo sviluppo di tecniche di processing sugli stessi. L'ambito è quello dei materiali bulk: si parte dalla sintesi, con metodi che vanno dalle tecniche fusorie a quelle di metallurgia delle polveri (mechanical alloying e solid state reaction), passando per la produzione di polveri (mulino planetario), per arrivare al processo di sinterizzazione delle stesse.

Nell'ambito più tecnologico, la sede svolge attività di sviluppo di dispositivi per la generazione, in particolare pensati per sistemi portatili, accoppiando la tecnologia termoelettrica a sistemi a combustione catalitica. Partendo da elementi termoelettrici commerciali sono stati realizzati dispositivi prototipali per la generazione in collaborazione con aziende nazionali.

## **APPLICAZIONI DI MATERIALI, TECNOLOGIE E METODI PER LA RIABILITAZIONE E LE NEUROSCIENZE**

Il settore della neuroriabilitazione è strategico perché è strettamente legato a temi di interesse economico e sociale come l'invecchiamento attivo, il benessere ed il coinvolgimento sociale delle persone con disabilità. L'utilizzo di materiali e tecnologie innovative in questo campo sta portando e porterà ad una gestione migliore e più sostenibile della cura. In particolare lo studio di soluzioni che impiegano proprietà ottimizzate e personalizzate di materiali con caratteristiche funzionali e/o non lineari permette di affrontare problemi neuromotori complessi in modo personalizzato e capace di interagire dinamicamente con lo stato del paziente durante la sua evoluzione clinica.

La nostra attività in questo campo consiste nella ricerca di materiali, tecnologie e metodi che possano migliorare l'approccio alla cura di patologie neurologiche, motorie e muscolari mettendo a sistema gli strumenti della scienza dei materiali e della bioingegneria.

Nei nostri laboratori abbiamo sviluppato una filiera che copre:

- la progettazione e modellazione neuromeccanica di sistemi attivi (con attuatori) o passivi (con molle, elementi di richiamo, ecc.) per il trattamento ortesico di vari disturbi neuromuscoloscheletrici;
- la caratterizzazione e l'ottimizzazione dei materiali e dei componenti funzionali con metodi sperimentali e modellistici;
- la realizzazione di prototipi con geometrie anatomicamente compatibili (da elaborazione di bioimmagini) tramite tecniche di stampa 3D e/o assemblaggio;
- lo sviluppo di sistemi di sensori indossabili che supportano l'azione dei dispositivi ortesici;
- la valutazione dei prototipi in prove tecniche;
- la collaborazione con partner clinici durante la sperimentazione sul campo;
- l'analisi dei dati e dei segnali raccolti nelle prove tecniche e cliniche.

## **PRODUZIONE E CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI PER LO STOCCAGGIO DI IDROGENO**

Uno dei limiti all'impiego dell'idrogeno come vettore energetico emerge dalla mancanza di un mezzo che ne permetta lo stoccaggio in modo pratico, sicuro ed efficiente. Una possibile soluzione a questo problema è l'impiego di materiali intermetallici, in grado di immagazzinare idrogeno sotto forma di idruro e di rilasciarlo mediante azione termica. In questo contesto, le leghe a base Ti-Cr sono particolarmente apprezzate per la loro capacità di assorbire idrogeno reversibilmente in condizioni operative ( $T$ ,  $p(\text{H}_2)$ ) ragionevoli impiegando metalli non eccessivamente costosi.

La ricerca è improntata su due diversi aspetti: modifiche composizionali e produzione di materiali in forma alternativa rispetto alla polvere. L'aggiunta di elementi ternari, quali Zr e Mn, permette di modulare le caratteristiche di assorbimento/desorbimento del materiale agendo direttamente sulle dimensioni dei siti interstiziali disponibili ad ospitare idrogeno. Gli idruri vengono generalmente impiegati in forma di polvere: ciò favorisce la cinetica di assorbimento rispetto ad un materiale bulk, ma allo stesso tempo riduce la densità gravimetrica del materiale. Inoltre, una polvere può essere più complessa da gestire per ragioni di sicurezza. Per questa ragione vengono esplorate nuove tecnologie per la produzione delle leghe impiegando la tecnologia laser (Self-propagating High-temperature Synthesis, Selective Laser Melting) al fine di ottenere materiali bulk con porosità e/o morfologia controllata.



## *Scheda di approfondimento Attività di Ricerca*

### *Consiglio Nazionale delle Ricerche – CNR ITIA*

## **LA FABBRICA DEL FUTURO HUMAN ORIENTED**

Le attività del gruppo mirano a supportare lo sviluppo e l'introduzione di nuovi strumenti software "human oriented" nelle aziende manifatturiere europee, al fine di favorire l'innovazione di prodotti / processi / fabbriche e, quindi, di migliorare la competitività e la sostenibilità del settore manifatturiero. Le aziende sono in continua evoluzione per poter soddisfare le volubili richieste del mercato globale. Ingegneri e designer utilizzano sempre più strumenti digitali per far fronte alle nuove esigenze. Questo scenario impone una nuova definizione di fabbrica: la fabbrica intesa come prodotto complesso che durante il suo ciclo di vita deve evolversi e interfacciarsi con tecnologie, processi e componenti da realizzare. Idea centrale di questo approccio è la riduzione dell'impiego di risorse e l'accrescimento delle prestazioni, sia tecniche che organizzative: per realizzare ciò è necessario costruire la "Virtual Factory" (VF) in cui i vari strumenti digitali per la progettazione e gestione della fabbrica rendono la sua rappresentazione dinamica e aggiornabile. L'interoperabilità tra i vari strumenti, tra la fabbrica reale e la sua rappresentazione virtuale, è uno dei punti cruciali per il futuro della fabbrica digitale. Il gruppo lavora su questa virtualizzazione, attraverso l'uso della Realtà Virtuale (RV) e della Realtà Aumentata (RA), partendo dal livello superiore (modelli e framework) fino all'implementazione di strumenti specifici (ambienti di RV, interfacce e simulazione). Questo processo deve essere supportato da metodologie e strumenti per la raccolta e sistematizzazione delle informazioni e della conoscenza. Infine, un'attenzione particolare è dedicata ai Fattori Umani che assicurano la posizione centrale dell'uomo nel rapporto con la produzione e con le tecnologie.

### **Attività di ricerca**

Le attività di ricerca a supporto della realizzazione della Virtual Factory sono riconducibili alle seguenti tematiche:

**Virtual Factory Framework, Ontologia e Semantic Web.** La realizzazione della VF richiede lo sviluppo di un framework per supportare l'interoperabilità fra i vari strumenti digitali. Questo framework deve prevedere la definizione di un linguaggio comune per tutti gli strumenti digitali, cioè un Modello di Dati (VF Data Model) condiviso secondo il quale si possano formalizzare i progetti di fabbrica. Tale Modello di Dati è sviluppato come un insieme di ontologie, secondo l'approccio del Semantic Web. I vari progetti di fabbrica possono poi essere salvati, gestiti in sicurezza e resi disponibili a tutti gli utenti grazie al VF Manager (VFM) che offre agli strumenti digitali (VF module) l'accesso ai dati mediante web service. Una particolare categoria di strumenti digitali dovrà occuparsi di raccogliere i dati dal campo per aggiornare il modello virtuale della fabbrica reale, mantenendolo coerente con la stessa.

**Modellazione dell'Impresa Estesa.** È l'implementazione dei cambiamenti organizzativi apportati dall'introduzione di applicazioni ICT e dalla configurazione del network attraverso la modellizzazione e la definizione di nuovi modelli di business.

**Realtà Virtuale Aumentata (RV/RA).** Sono tecnologie capaci di coinvolgere l'utente in un ambiente digitale interattivo; esse adottano videocamere e sistemi di tracciamento per acquisire dati in tempo reale tanto sull'utente quanto sull'ambiente reale. Per ridurre i tempi di sviluppo e per avere un controllo completo, modulare ed estensibile della tecnologia, ITIA ha sviluppato GIOVE (Graphics and Interaction for OpenGL-based Virtual Environments), un set di librerie e strumenti creati per lo sviluppo di ambienti di realtà virtuale collaborativi capaci di seguire l'evoluzione di HW e SW.

**GIOVE Virtual Factory (GIOVE VF).** È un ambiente di RV collaborativo il cui obiettivo è supportare il design del layout della fabbrica, ma anche valutarne l'ergonomia, il monitoraggio, la simulazione di processo, ecc.; esso può essere usato in collaborazione con altri utenti o singolarmente. Gli utenti possono visualizzare la scena su uno schermo in stereoscopia o sul monitor di un PC. GIOVE VF permette a manager, esperti e altre figure professionali di comunicare in modo semplice e intuitivo.

**Il Virtual Hangar.** È un ambiente virtuale immersivo in cui gli addetti alla manutenzione di un velivolo possono essere addestrati in sicurezza. L'ambiente permette agli utenti di apprendere le procedure manutentive stando davanti al loro PC. Con le stesse librerie di GIOVE è possibile implementare e visualizzare ambienti virtuali (prototipi, showroom, sistemi d'illuminazione, musei, ecc.) con i quali interagire.

**Interfacce Utente.** Il Magic Mirror (MM) è un sistema di RA, sviluppato per applicazioni in ambito calzaturiero, che consente di provare una scarpa personalizzata prima che sia fisicamente disponibile. L'utente indossa un paio di calzari speciali con cui può camminare liberamente, mentre, su uno schermo vede il modello di sé stesso che calza il paio di scarpe personalizzato in tempo reale, grazie al FootGlove (FG). Questo è un dispositivo aptico capace di riprodurre il volume interno della scarpa: indossando il FG il cliente può percepire come calzano le scarpe e, qualora non fosse soddisfatto, può modificare tale volume. I nuovi volumi sono forniti al calzaturificio così che possa realizzare le scarpe della dimensione appropriata.

**Fattori Umani.** È un campo ampio che studia l'interazione tra gli esseri umani e tra questi e la tecnologia. Si focalizza sullo stato psicologico umano e su quello emotivo, informazioni preziose per la progettazione di sistemi tecnologici che prevedono l'interazione con l'uomo, sia nella fabbrica che negli ambienti di vita.

## *Scheda di approfondimento Attività di Ricerca*

### *Consiglio Nazionale delle Ricerche – CNR IPCB*

## **MATERIALI E TECNOLOGIE ECOSOSTENIBILI**

### **ATTIVITÀ**

L'Unità di Lecco del CNR IPCB ha una consolidata esperienza nel campo dei materiali funzionali e delle tecnologie sostenibili, tra cui:

- preparazione, funzionalizzazione, processing e caratterizzazione di polimeri e compositi a matrice termoplastica e termoindurente. Impiego di filler e fibre provenienti da diversi settori per la realizzazione di compositi riciclati;
- realizzazione di materiali compositi ecosostenibili, costituiti da matrici termoindurenti e/o termoplastiche da fonti rinnovabili e fibre naturali;
- materiali funzionali a matrice polimerica contenenti principi attivi e micro/nanoparticelle in grado di rispondere a stimoli esterni (luce, temperatura, pH, umidità), impiegabili come vettori per il rilascio controllato;
- coating innovativi per la funzionalizzazione di superfici, fibre e particelle e formulazione di adesivi ad alte prestazioni;
- elettrofilatura di fibre micro e nanometriche a partire da soluzioni e fusi polimerici.

Particolare attenzione è rivolta ai materiali multifunzionale a base di grafene: Materiali multifunzionali compositi a base di grafene con migliorate performances quali potenziali sostituti di materiali compositi tradizionali in diversi settori applicativi: ambiente, energia, trasporti, beni culturali, salute.

Nell'ambito del packaging, la ricerca si focalizza su sviluppo di sistemi per il packaging alimentare innovativo, a rilascio controllato e attivato di principi attivi naturali, per il controllo della shelf-life di prodotti alimentari deperibili.

### **SETTORI DI APPLICAZIONE**

I sistemi polimerici nanostrutturati, multicomponente e multifunzionali sviluppati dalla unità IPCB di Lecco trovano impiego in diversi settori, quali: packaging, tessile, biomedicale, rivestimenti, nautica, cantieristica, e nel settore degli articoli ad elevate prestazioni per lo sport.

### **POSSIBILI TEMI DI COLLABORAZIONE CON LE IMPRESE**

L'Unità IPCB di Lecco offre la propria conoscenza di base e pre-prototipale relativa alla sintesi e caratterizzazione di materiali polimerici nanostrutturati, multicomponente e multifunzionali, nonché sul processing di compositi contenenti fibre naturali e matrici termoindurenti e/o termoplastiche, sia vergini che provenienti dalla filiera del riciclo.

## **MATERIALI INNOVATIVI A MATRICE POLIMERICA PER L'EDILIZIA**

### **ATTIVITÀ**

L'unità UOS IPCB di Lecco ha una consolidata esperienza nello sviluppo di materiali innovativi a matrice polimerica e relative tecnologie per il processo costruttivo in ambito civile ed industriale nonché per la salvaguardia del costruito con specifica attenzione alle problematiche della sicurezza e della eco-sostenibilità.

Le principali attività riguardano: - Sviluppo di compositi a matrice polimerica, materiali per strutture sandwich, materiali alleggeriti, rivestimenti, adesivi, ed espansi con migliorate prestazioni strutturali, funzionali, termo-acustiche, di resistenza al fuoco e durabilità all'invecchiamento. - Sviluppo di materiali multifunzionali basati su nanostrutture con specifiche funzionalità quali ad esempio self-cleaning, attività fotocatalitica, attività antimicrobica, anticorrosione, etc. - Sviluppo di materiali ibridi organici-inorganici per il ripristino e/o il consolidamento strutturale nonché per l'adeguamento energetico di edifici anche di interesse storico-artistico. - Sviluppo dell'edilizia sostenibile utilizzando materiali da risorse rinnovabili e biodegradabili, fibre naturali, materiali a km zero e materiali da riciclo. - Sviluppo di nuove Tecnologie di costruzione e di ripristino del costruito attraverso l'uso di materiali e processi innovativi.

### **SETTORI DI APPLICAZIONE**

Le tipologie di materiali innovativi e relative tecnologie sviluppate dalla UOS-IPCB di Lecco per il settore dell'Edilizia civile-industriale possono trovare applicazione anche in altri settori strategici quali il settore del Manifatturiero Avanzato, dei Trasporti e del Cultural Heritage.

### **POSSIBILI TEMI DI COLLABORAZIONE CON LE IMPRESE**

L'Unità IPCB di Lecco offre la propria conoscenza relativa allo sviluppo di conoscenze di base e prototipale dei materiali polimerici, compositi, ibridi e multifunzionali per qualunque applicazione riguardante il settore dell'edilizia civile-industriale.

## **MATERIALI INNOVATIVI E TECNICHE DI ADDITIVE MANUFACTURING PER LA SALUTE**

### **ATTIVITÀ**

- Sviluppo di materiali multifunzionali per device biomedicali custom-made che supportino la riabilitazione funzionale di individui con diverse disabilità, determinate da danni neurologici, neuromuscolari, ortopedici, o da amputazione.
- Ottimizzazione delle caratteristiche di interfaccia tra dispositivi biomedicali e corpo umano e progettazione di materiali e dispositivi custom-made con un gradiente di funzionalità sfruttando tecniche di Additive Manufacturing (3D Printing ...) e l'approccio tipico del reverse engineering tenendo presente geometrie e specifiche esigenze morfologiche e anatomo-funzionali del paziente.
- Realizzazione di componenti in materiale polimerico o composito a matrice polimerica, totalmente biodegradabili/riciclabili, con superfici ingegnerizzate per il rilascio di sostanze naturali per migliorare l'interfaccia device/tessuto.
- Integrazione di tecniche convenzionali e di Additive Manufacturing per la realizzazione di dispositivi avanzati.

### **SETTORI DI APPLICAZIONE**

I settori di applicazione riguardano essenzialmente il campo della progettazione e dell'ottimizzazione di dispositivi biomedicali mediante processi tecnologici innovativi. I vantaggi principali della tecnologia offerta si potranno concretizzare in una semplificazione delle operazioni di preparazione individualizzata dei device da parte dei tecnici, e in una maggiore versatilità d'uso perché esse conterranno al loro interno un complesso di funzioni pre-organizzate.

### **POSSIBILI TEMI DI COLLABORAZIONE CON LE IMPRESE**

Il design di device biomedicali innovativi oltre che la possibilità di personalizzazione di protesi/ortesi attraverso una procedura controllata, semplice e riproducibile, potrebbe interessare diverse aziende il cui obiettivo ultimo è rappresentato dal miglioramento continuo del prodotto nonché del sistema produttivo aziendale.