

Le conferenze scientifiche del micromanufacturing,
una comunità aperta e ricca di opportunità

Massimiliano Annoni

IL MICRON UNISCE IL MONDO

Era il 2009 quando, dopo aver avviato le attività di MI_crolab, il Laboratorio di Microlavorazioni Meccaniche del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano, decidemmo di approcciare la comunità internazionale delle microlavorazioni partecipando alla conferenza di settore che meglio rappresentava la nostra linea di ricerca, 4M (Multi-Material Micro Manufacturing Conference).

La conferenza europea 4M fu avviata nel 2005 dall'omonima Network of Excellence dell'Unione Europea, un progetto svoltosi tra il 2004 e il 2009, poi rifinanziato tra il 2013 e il 2016 con il nome di 4M2020, che aveva coinvolto 27 partner di 14 paesi europei coordinati dall'Università di Cardiff nella persona del prof. Stefan Dimov e che aveva tra i propri obiettivi quello di proseguire le proprie attività anche dopo la cessazione del finanziamento europeo. Per questo, 4M, si costituì come associazione al termine

del progetto e si pose come obiettivo l'organizzazione di una conferenza annuale sulle microlavorazioni anche negli anni a venire.

Si trattava, e si tratta tutt'ora, di un tipo di microlavorazione applicata a materiali diversi, tipicamente provenienti dal mondo macro, e non soltanto al silicio, come avviene per le tecnologie di microlavorazione tipiche dell'elettronica (LIGA, elettrodeposizione galvanica, dissoluzione selettiva, ecc.), capaci di realizzare soltanto geometrie bidimensionali.

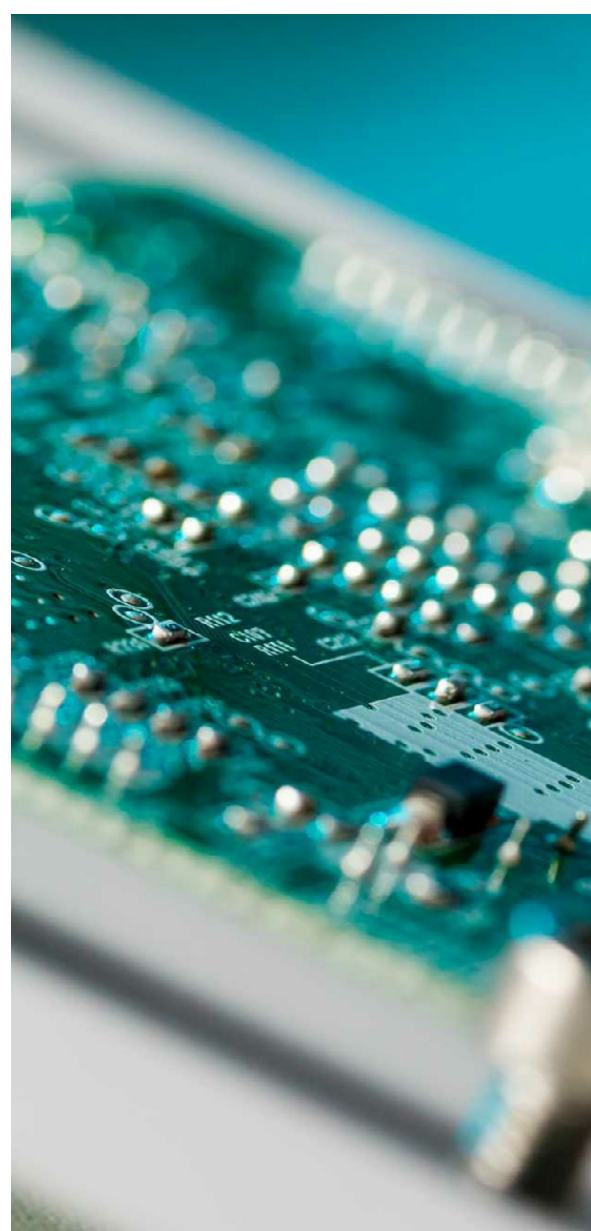
Le tecnologie

Le microlavorazioni rappresentate da 4M sono microfresatura, micro injection moulding, micro EDM, micro ablazione laser e microtaglio laser e tutte le altre tecnologie di lavorazione provenienti dal mondo della meccanica di precisione, rese possibilmente ancora più performanti per realizzare componenti dalla tolleranza mi-

crometrica, tendenzialmente di piccole dimensioni e dalla geometria tridimensionale.

Per questo motivo, l'ambito coperto da 4M era adatto alla linea di ricerca che volevamo intraprendere presso il Politecnico di Milano grazie al laboratorio MI_crolab.

L'intento era infatti quello di usare la nostra conoscenza dell'epoca sui processi convenzionali, come la fresatura e la tornitura, e non convenzionali, come il laser e il waterjet, per spostarci verso un ambito di elevata precisione, inteso come abilitante per alcuni settori in espansione come l'elettronica, il biomedicale e, più in generale, il tooling per il micro injection moulding, capace di coprire un campo vastissimo di applicazioni grazie all'utilizzo di un materiale come la plastica, capace di assumere diverse funzionalità in base alla propria composizione e alla possibilità di miscelazione con fibre di diverso genere.





4M, I2M2 e IFMM, le tre associazioni mondiali di microlavorazioni

Le tecnologie delle microlavorazioni:

- Microfresatura
- Micro injection moulding
- Micro EDM
- Micro ablazione laser
- Microtaglio laser

La nascita del laboratorio

Il progetto 4M e la relativa conferenza erano state fonte di ispirazione per indirizzare la ricerca di MI_crolab ancora prima della sua fondazione, che può essere fatta coincidere con l'acquisto del centro di lavorazione Kern EVO, avvenuto nel 2008.

L'occasione di fondare un nuovo laboratorio coincise con il trasferimento della Sezione Tecnologie Meccaniche e Produzione del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano presso la nuova sede di via Giuseppe La Masa, 1 nel Campus Bovisa.

Oltre a disporre la costruzione della nuova sede del Dipartimento di Meccanica nel sito precedentemente occupato dalla sede dismessa di Orioni Metalli, l'Ateneo decise di destinare dei fondi al Dipartimento, cofinanziato dal MIUR (l'allora Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca), per lanciare nuove linee di ri-

cerca che si sarebbero svolte nella nuova sede a partire dalla fine del 2007.

La Sezione Tecnologie Meccaniche e Produzione ricevette una parte di questi fondi, che decise di investire nelle microlavorazioni mediante l'acquisto di un centro di microfresatura e di un laser per microlavorazioni.

In tempo utile per l'avvio delle attività di ricerca nel 2008, mi occupai dell'analisi di mercato per l'acquisto del centro di lavoro e per l'identificazione di possibili attività di ricerca sostenibili per un laboratorio di nuova fondazione.

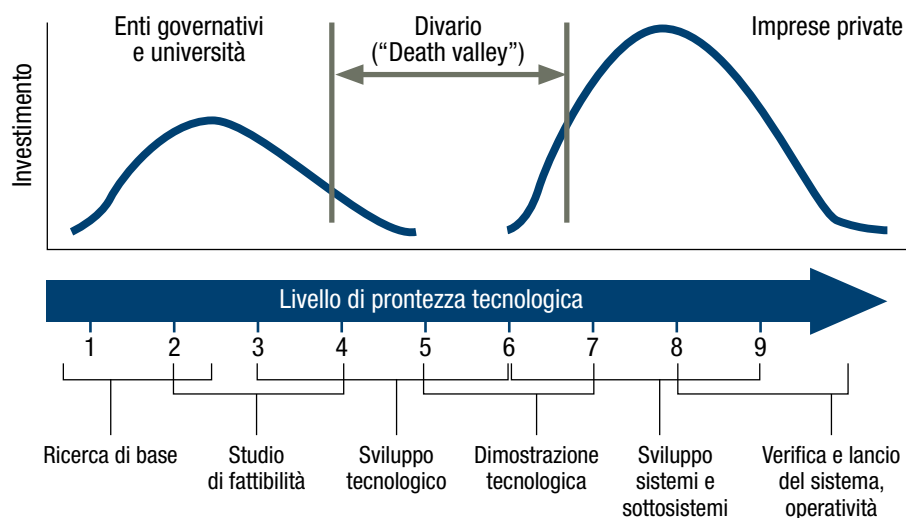
Si tratta di un'occasione che non si ripete molte volte nella carriera di un ricercatore. Non è infatti usuale avere a disposizione dei fondi cospicui per lanciare una nuova attività di ricerca. La sfida era notevole e ricca di opportunità, ma anche di rischi. Le opportunità si possono riassumere nella possibilità di far parte di un filone scientifico rilevante e in crescita. Vale

National Network of Manufacturing Institutes

AFFRONTARE IL DIVARIO DI “SCALE-UP”.

L'obiettivo è quello di affrontare il fallimento sul mercato causato da un'insufficiente attività di ricerca e sviluppo industriale nel mezzo della scala del TRL allo scopo di ridurre i rischi delle nuove tecnologie promettenti

LACUNE NELL'INNOVAZIONE INDUSTRIALE



Scopo degli istituti lanciati dal Presidente degli Stati Uniti Obama nel 2014 (Manufacturing USA) per supportare il settore manifatturiero (adattato da una presentazione del prof. Ehmann, Northwestern University, Chicago)

la pena però di citare anche i rischi, in quanto la loro descrizione può essere utile a coloro vogliano avviare nuove attività di ricerca nel mondo accademico o anche nel mondo industriale. Il punto è: come individuare un tema di ricerca in cui, a risorse limitate, si possa arrivare a produrre lavori scientifici allo stato dell'arte internazionale, guadagnando visibilità e il rispetto dei colleghi già attivi nel settore?

Il vincolo delle risorse limitate non va inteso come una critica agli enti che finanziarono il laboratorio, ma come un normale vincolo quando si intraprende una qualsivoglia attività.

Ricerca applicata e di base

La microfresatura appariva come la tecnologia ideale da trattare in quanto si poteva ereditare almeno in parte la conoscenza della fresatura, si poteva svolgere una ricerca molto vicina all'applicazione industriale, da sempre prerogativa della Sezione, ma allo stesso tempo si poteva svolgere ricerca di base. Tale caratteristica è richiesta a un laboratorio universitario per la sopravvivenza accademica delle persone in esso operanti, che devono avere una produzione scientifica adeguata in termini di articoli.

La ricerca sugli aspetti fondamentali, cosiddetta "di base", si presta meglio di quella applicata per produrre lavori accettabili dalla comunità scientifica di settore attraverso la peer review, il meccanismo che da sempre governa le pubblicazioni scientifiche. Lo stesso meccanismo richiede inoltre di guadagnare reputazione internazionale.

L'analisi di mercato e l'analisi dell'operato dei vari laboratori universitari che si occupavano di microlavorazioni nel primo decennio degli anni 2000 convergevano verso pochi produttori di fresatrici di precisione, tra cui Kern. I centri di lavoro Kern facevano parte della dotazione di diversi laboratori universitari al mondo, alcuni dei quali in grado di produrre ottime pubblicazioni scientifiche (come il Multifunctional Engineering, Dynamics and Automation Laboratory (MEDAL), fondato all'Università di Calgary dal prof. Simon Park nel 2004). L'azienda produttrice Kern era approdata al settore dei costruttori di macchine dopo una lunga esperienza nelle lavorazioni conto terzi di precisione, fattore importante per MI_crolab, che avrebbe potuto disporre dell'esperienza del produttore in termini di utilizzo della macchina, non solo come forn-

tore della stessa. Le caratteristiche di precisione richieste ($\pm 2 \mu\text{m}$ sul pezzo) e la possibilità di disporre dei 5 assi in permisero a Kern di aggiudicarsi la gara per la fornitura di una Kern EVO al Dipartimento di Meccanica, dando vita a MI_crolab nel 2008.

Il dialogo con le altre realtà scientifiche

La ricerca di mercato e lo studio dello stato dell'arte scientifico avevano permesso la conoscenza di altri attori fondamentali del settore scientifico delle microlavorazioni, oltre a quelli europei già ben rappresentati da 4M.

L'"International Assessment of Research and Development in Micromanufacturing" del 2005 (1) fu fondamentale per completare il panorama della ricerca internazionale del settore. L'NSF (National Science Foundation), ente finanziatore della ricerca di base negli Stati Uniti, aveva lanciato, insieme a altri enti americani, uno studio sullo stato dell'arte internazionale nelle microlavorazioni dopo aver constatato che esistesse la necessità di colmare un gap di conoscenza creatosi agli inizi degli anni 2000 tra il mondo delle lavorazioni tradizionali e il mondo delle



POWER MEETS CONTROL

INDUSTRIAL POWERISE® - LA NUOVA CLASSE DI ATTUATORI ELETTRICI

- Design compatto e manutenzione ridotta
- Possibile abbinamento con molle a gas
- Versioni speciali in funzione all'applicazione specifica
- Ampia e comprovata esperienza nell'industria automotive

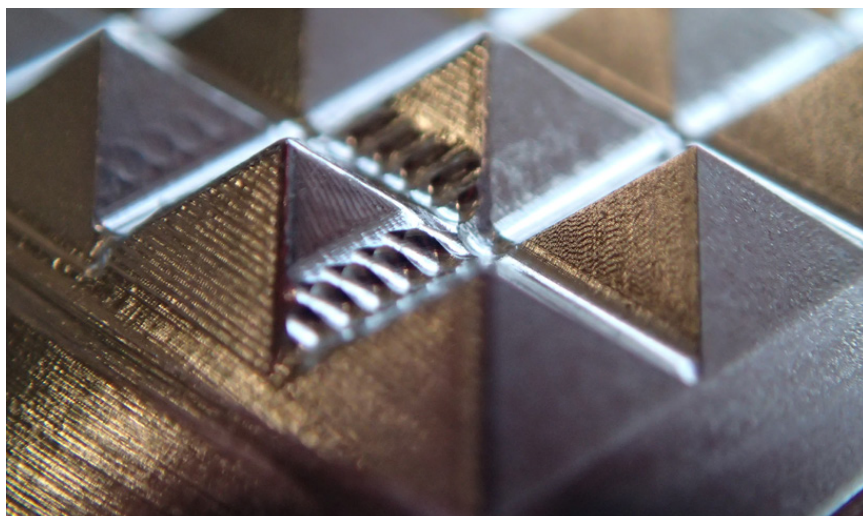
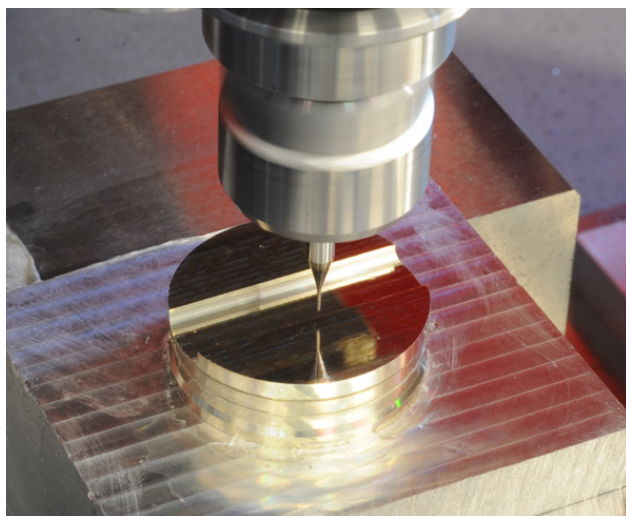


Presented by



STABILUS

YOUR MOTION. OUR SOLUTION.



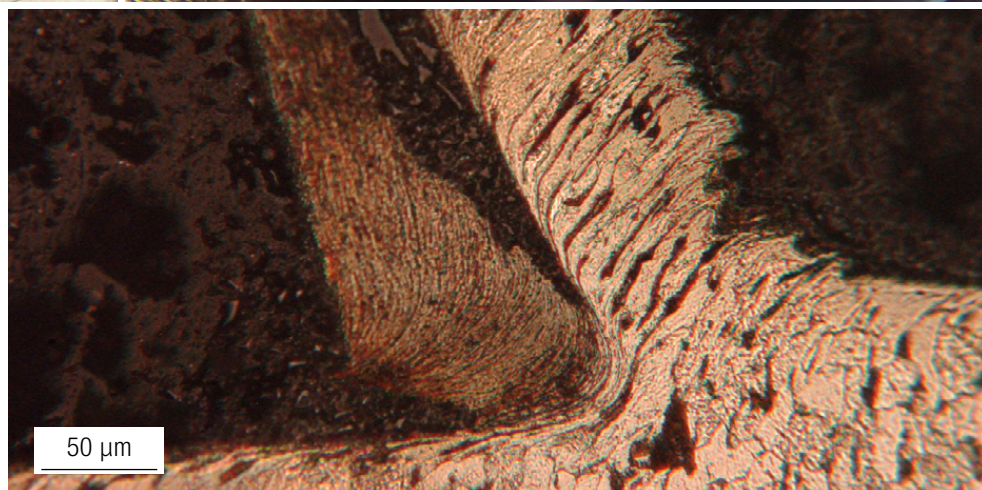
Sopra da sinistra: superficie microfresata (MI_crolab, Politecnico di Milano);
Piramidi microfresate (MI_crolab, Politecnico di Milano)

nanolavorazioni, tipiche dell'elettronica. Serviva un ponte tra le due scale dimensionali per poter creare prodotti su larga scala capaci di sfruttare il potenziale dei MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) e degli altri micro e nanosistemi elettronici di nuova generazione. Quel ponte era rappresentato dalle microlavorazioni, in grado di creare le strutture capaci di ospitare e di interfacciarsi con i sistemi nano, grazie alla loro accuratezza nell'ordine di pochi micron, ma anche di realizzare una connessione con il mondo macro, di cui avrebbero rappresentato il fronte più accurato, già in parte presidiato da tecnologie di lavorazione come l'EDM (Electrical Discharge Machining), mettendo i nanodevice in comunicazione con la scala di interazione con l'essere umano.

Esempio tipico di questo paradigma è l'utilizzo di MEMS come accelerometri e giroscopi all'interno dei telefoni cellulari.

L'industrializzazione di componenti micro

Gli Stati Uniti riconobbero di aver investito in ricerca nel mondo nano trascurando il micro e questo costituiva un freno per l'industrializzazione dei nanodevice all'interno di prodotti consumer, gli unici in grado di avere un impatto industriale rilevante.



Micrografia di un truciolo ottenuto da quick-stop device (materiale: C10, $f_n = 50 \mu\text{m/rev}$, $a_p = 0.5 \text{ mm}$, $vc = 50 \text{ m/min}$)(MI_crolab, Politecnico di Milano)

Per questo finanziarono lo studio del 2005 mettendo a capo dello stesso una compagine di professori universitari operanti in settori affini alle microlavorazioni (David Bourell, Martin L. Culpepper, Thom J. Hodgson, Thomas R. Kurfess, Marc Madou, Kamlakar Rajurkar, Richard E. DeVor (Advisor)). Il prof. Kornel Ehmann (Northwestern University, Chicago) fu scelto come leader della compagine.

Lo studio si svolse in un periodo di un paio d'anni e finanziò la visita di diversi laboratori e aziende internazionali (19 in Giappone, 6 in Corea, 8 a Taiwan, 1 in Austria, 10 in Germania, 2 in Olanda e 4 in Svizzera) per coprire tutte le applicazioni utili, dalla progettazione, ai materiali, alla lavorazione, alla misura, al controllo e alla gestione.

Questo report del 2005 (1) riassume in modo chiaro e conciso quell'esperienza, rappre-

sentando una fotografia dell'attività di ricerca nelle microlavorazioni aggiornata al 2005, fondamentale per la costituzione di un laboratorio come MI_crolab. Era chiaro quindi come fosse importante far parte della comunità scientifica europea, richiedendo di partecipare alla rete 4M, ma anche di quella americana e asiatica, allo scopo di avere una visibilità internazionale. La compagine americana che aveva partecipato al survey dell'NSF sfruttò quell'esperienza fondando I2M2 (International Institute for Micro Manufacturing) e organizzando la propria conferenza ICOMM (International Conference on Micro Manufacturing), tenutasi la prima volta nel 2006. Il mondo statunitense della ricerca era già vicino al mondo asiatico, anche per aver ospitato diverse generazioni di studenti di dottorato orientali nelle proprie università, per cui da subito I2M2 attrasse sia ricercatori americani,

sia ricercatori provenienti da Giappone, Corea, Cina, India, ecc.

Il 2009 fu l'anno giusto per partecipare a entrambe le conferenze 4M e I2M2, che per la prima volta si tenevano congiuntamente, a rappresentare il fatto che le comunità scientifiche dei diversi continenti si conoscessero bene e riconoscessero vicendevolmente l'importanza altrui nella ricerca internazionale.

Due approcci di ricerca sulle rive dell'Atlantico

Un altro motivo rende interessante l'interazione tra le diverse comunità. Si tratta della differenza tra gli obiettivi dei finanziatori europei (l'Unione Europea in primo luogo) e i finanziatori statunitensi (l'NSF in primo luogo). L'Unione Europea finanzia sempre più progetti a TRL (Technology Readiness Level) molto alto, cioè vicini all'applicazione industriale, tendenza soltanto recentemente mitigata con l'introduzione dei progetti ERC (European Research Council), mentre l'NSF finanzia progetti a TRL molto basso operanti nella ricerca di base. Entrambi i sistemi lasciano un gap tra i TRL bassi e i TRL alti, chiamato "death valley", cioè la valle della morte che la ricerca di base deve attraversare per creare prodotti in grado di arrivare sul mercato.

I ricercatori americani sono finanziati per lanciare nuove idee, meglio se avulse dall'applicazione industriale, molte delle quali però faticeranno per trovare compimento industriale oppure periranno nella valle della morte, mentre i ricercatori europei sono finanziati per collaborare con le aziende, essendo quindi guidati dalle necessità del mercato attuale e non di quello futuro, come invece dovrebbe essere per i laboratori universitari.

La conferenza congiunta diventa quindi un terreno fertile di discussione tra ricercatori operanti in sistemi diversi e con diverso background da condividere. La conferenza del 2009 si tenne a Karlsruhe presso il KIT, una delle culle delle microlavorazioni europee.

Non mi parve vero di conoscere gli scienziati autori degli articoli scientifici che avevo studiato. Fui ancora più colpito dalla loro apertura verso i ricercatori più giovani, almeno come appartenenza al settore, di cui ero un rappresentante. Parlai proprio con il prof. Ehmann in una delle pause della conferenza e gli feci delle domande sull'articolo di cui era autore che ave-



Membri del comitato scientifico di 4M, I2M2 e IFMM alla conferenza WCMNM2023 di Chicago

vo preso come riferimento per iniziare l'attività di modellazione delle forze di taglio in microfresatura.

Avevamo selezionato questo argomento insieme al quick-stop device (apparato per "congelare" la formazione del truciolo e poter ottenere micrografie del comportamento del grano cristallino nel passaggio attraverso il piano di scorrimento) come scelta migliore per soddisfare tutti i vincoli del nascente MI_crolab, in breve il miglior compromesso tra sostenibilità scientifica con risorse limitate e il know-how di partenza disponibile, possibilità di pervenire a risultati significativi in tempo relativamente breve (con il prof. Quirico Semeraro, mio mentore nelle microlavorazioni, ci eravamo dati un orizzonte di tre anni) e possibilità di guadagnare visibilità internazionale.

Come dicevo, fui colpito dall'apertura e dalla modestia del prof. Ehmann, che mi disse che forse avrei potuto trovare io le risposte alle stesse domande che gli stavo facendo sulla sua ricerca in quanto era probabile che alcune questioni fossero ancora aperte. Questo incontro mi fece credere di poter assumere un ruolo nel settore, come forse poi accadde veramente. Anche grazie a questa esperienza cerco di ave-

re lo stesso approccio che il prof. Ehmann ebbe con me quando parlo con i giovani ricercatori. Una buona parola al momento giusto è il miglior propellente per qualsiasi attività!

La stessa conferenza mi permise di conoscere un altro ricercatore formidabile con cui sono ancora in contatto e con cui posso dire, come per Ehmann, di aver sviluppato un rapporto che va oltre la professione. Si tratta del prof. Burak Ozdoganlar della Carnegie Mellon University di Pittsburgh.

Le conferenze 4M e I2M2, unitamente a un'altra conferenza americana, NAMRC ("North American Manufacturing Research Conference" organizzata da NAMRI, "North American Manufacturing Research Institution of SME"), molto frequentata anche da ricercatori europei e asiatici, scelta per migliorare la nostra presenza internazionale, mi permisero di rafforzare i rapporti con vari colleghi del settore delle microlavorazioni e del manufacturing in generale come i proff. Shiv Kapoor, Jian Cao, Martin Jun, Simon Park, Stefan Dimov, Guido Tosello, Samuel Bigot, Emmanuel Brousseau, Rhett Mayor, Gracious Ngaile, Frank Pfefferkorn, Ming-Chyuan Lu, Lawrence Kulinsky, Joško Valentinčić Sylvie Castagne, Ramesh Singh, ecc.

MI_crolab verso la notorietà internazionale

Il passaggio fondamentale che permise a MI_crolab di assurgere alla prefissa visibilità internazionale fu l'organizzazione della terza conferenza congiunta tra 4M e I2M2 a Milano nel 2015, di cui fui chairman con la dott.ssa Irene Fassi (CNR-STIIMA) e la prof.ssa Gloria Wiens (Università della Florida).

La meticolosa preparazione della conferenza, attraverso il lavoro locale, ma anche grazie a molteplici riunioni con i colleghi internazionali, ci permise di stringere i rapporti e di lavorare al congiungimento definitivo tra le due conferenze, che diede luogo nel 2017 al World Congress on Micro and Nano Manufacturing, oggi l'unica conferenza sulle micro e nano lavorazioni che mantiene le prerogative iniziali e che riunisce le tre associazioni di riferimento del settore, 4M, I2M2 e IFMM (International Forum on Micro-Manufacturing), l'associazione asiatica che già collaborava con I2M2 alla conferenza ICOMM. La conferenza di Milano ebbe più di 140 articoli e riunì oltre 200 ricercatori da tutto il mondo. Mi resi conto, partecipando io stesso ad alcune sessioni importanti della conferenza che avevo contribuito a organizzare, di come questo evento unisca modi diversi di interpretare la ricerca rappresentando un luogo di discussione aperto in cui le domande al termine delle presentazioni e la discussione che ne conseguono sono persino più importanti della presentazione stessa. Nel 2023, WCMNM si è tenuta alla Northwestern University di Chicago e ha raccolto un centinaio di ricercatori suddivisi tra i vari continenti e 80 articoli riguardanti microfresatura, ECM/EDM, ... additive manufacturing, sensorizzazione, micro/nano compositi, micro-forming, testurizzazione, modellazione e design di processo, trattamento superficiale, tooling. WCMNM mantiene l'apertura verso altri settori che da sempre contraddistinguono l'approccio delle microlavorazioni verso l'applicazione e lo fa grazie ai keynote speaker, che vengono scelti ogni anno tra i ricercatori più rappresentativi delle microlavorazioni, ma anche di aree affini come l'additive manufacturing, il biomedicale, l'elettronica, l'energia, la sostenibilità ambientale, ecc. La sede viene scelta a rotazione tra i tre continenti maggiormente coinvolti (Europa, America e Asia). Nel 2024 si terrà in Thailandia, una nazione in rapido sviluppo in-



Inserto per injection moulding microfresato (MI_crolab, Politecnico di Milano)

dustriale, fortemente interessata a ospitare la comunità internazionale delle microlavorazioni. WCMNM e le tre associazioni organizzatrici

ci rappresentano un ottimo esempio di collaborazione internazionale nella ricerca (<https://sites.google.com/i2m2.org/home/>). Si tratta di una collaborazione nello scambio di idee tra ricercatori, recentemente incentivato con i colloquia (<https://sites.google.com/i2m2.org/home/colloquia>), spazi appositamente predisposti affinché un ricercatore esponga i propri risultati in una call internazionale con lo scopo di farsi conoscere e di ricevere validi consigli dai colleghi senior. Non è invece facile collaborare dal punto di vista progettuale con i colleghi oltreoceano in quanto non esistono enti che finanzino partner di altri continenti, se non in piccola parte. Per ragioni politiche comprensibili, l'Unione Europea finanzia le nazioni europee, con piccole eccezioni, e l'NSF finanzia i ricercatori statunitensi, con piccole eccezioni. Una di queste eccezioni è rappresentata dal progetto NSF "IRES Track II: Short Courses on Manufacturing Frontiers Leveraging Unique Facilities in Italy", coordinato dalla dott.ssa Sarah

Wolff della Ohio State University e dal prof. Marco Sortino dell'Università degli Studi di Udine per la parte italiana. Il progetto porterà in Italia un gruppo di studenti di dottorato statunitensi operanti nel manufacturing, che visiteranno alcune sedi universitarie italiane (Milano, Torino, Bologna, Modena, Piacenza, Brescia, Bergamo) e alcune aziende rilevanti, partecipando a corsi sui temi della digitalizzazione, IIoT, simulazione, AR/VR, big data e additive manufacturing. Il laboratorio PoliMill (<https://www.polimill.polimi.it/>), fondato nel 2015 grazie all'esperienza maturata nella fresatura di precisione e focalizzato sulla digitalizzazione, sarà presente. Non si tratta del finanziamento di attività di ricerca congiunte, obiettivo auspicabile per il futuro, ma per lo meno si creano relazioni tra ricercatori che porteranno sperabilmente a collaborazioni scientifiche autofinanziate.

Riferimenti bibliografici

K.F. Ehmann, D. Bourell, M. Culpepper, T. Hodgson, T. Kurfess, M. Madou, K. Rajurkar, R. DeVor, 2006, "WTEC Panel Report on: International Assessment of Research and Development in Micromanufacturing," (K.F. Ehmann Panel Chair), <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA466761.pdf> (sito consultato il 6 gennaio 2024).