

MANIFATTURA SOSTENIBILE

Descrizione tematiche di interesse in rapporto alle KETs

Ecosostenibilità di prodotti e processi per i nuovi materiali (*definizione e messa a punto di materiali ecosostenibili e messa a punto di processi ad alta sostenibilità energetica e a basso impatto ambientale per la preparazione di nuovi materiali e la loro trasformazione*)

Nella produzione e diffusione di molti materiali le problematiche di sostenibilità ambientale sono particolarmente sentite. Spesso si producono infatti formulazioni complesse che prevedono la presenza di componenti chimici che il più delle volte sono sistemi reattivi che devono eseguire delle reazioni chimiche di vario tipo attraverso somministrazione di energia. La ricerca industriale in questo settore deve mirare da una parte alla massimizzazione delle prestazioni dei materiali, dall'altro dall'adozione di cicli e processi produttivi sostenibili, sia dal punto di vista dell'impatto sull'ambiente e sulla salute umana, che dei costi energetici.

Le problematiche di impatto ambientale riguardano sia i cicli produttivi che le tecnologie di applicazione. L'obiettivo è di abbinare alte prestazioni e migliore sostenibilità ambientale. L'uso dei solventi organici pone tuttavia dei problemi legati alla loro evaporazione, e quindi all'emissione di gas con effetto serra in atmosfera, nonché all'esposizione diretta di applicatori e anche utilizzatori finali.

Un ulteriore punto di interesse è rappresentato dallo sviluppo di tecnologie applicative a ridotto consumo energetico. Ciò è particolarmente sentito nel settore manifatturiero della verniciatura industriale di metalli su linea continua (*coil coating*), che viene condotta ad alta temperatura (sino a ca. +250 / +280°C) con rivestimenti sia liquidi che a polvere.

Eco-Design di fabbriche e sistemi di produzione (*definizione di metodologie e strumenti LCA e LCC di supporto alla ecoprogettazione di impianti e/o processi produttivi ad elevata sostenibilità ambientale ed economica. Progettazione di cicli produttivi utilizzando macchine a dispendi energetici più contenuti*)

L'Eco-design tiene conto di diversi metodi e tecniche utilizzate per ottenere un prodotto o servizio "verde". Impianti di produzione, sistemi produttivi e singole macchine possono essere viste come una parte dello stesso ecosistema in cui l'approccio della progettazione ecocompatibile può essere applicato. Per ognuno di essi è necessario effettuare analisi ad un

diverso livello di dettaglio: il metodo Life Cycle Assessment (LCA) può essere eseguito in combinazione con l'analisi del costo del ciclo di vita (LCC) per valutare l'impatto economico del prodotto-sistema. Dal punto di vista scientifico il punto di forza di tali metodologie, rispetto ad altre utilizzate per la valutazione dell'efficienza ambientale ed economica, è la possibilità di valutare rapidamente metodi di produzione alternativi e soluzioni costruttive diverse in termini del loro impatto ambientale, sociale ed economico. Nonostante gli studi scientifici svolti su LCA ed LCC, l'adozione di queste metodologie in ambito industriale attualmente presenta alcune criticità importanti sia per la grande quantità di informazioni specialmente per sistemi devono essere raccolte e modellate nel tempo sia per l'inevitabile grado di incertezza. La messa a punto di questi sistemi diventa fondamentale ai fini della valutazione della sostenibilità

La recente realizzazione, inoltre, di impianti di produzione flessibili, come Reconfigurable Manufacturing Systems e Focused Flexibility Manufacturing Systems richiede nuove metodologie di analisi. Il sistema potrebbe essere descritto come moduli energetici (generazione, accumulo, consumo, ecc.) e moduli legati al sistema di produzione e alle macchine (numero di assi, attrezzature di lavorazione, tipi di mandrini, ecc.). Questi moduli possono essere riconfigurati per arrivare a gestire la variabilità della domanda di produzione. Ma tale riconfigurazione implica cambiamenti anche negli aspetti ambientali ed economici durante la fase di uso delle tecnologie. La definizione di metodi e strumenti di modellazione LCA-LCC che si basi su unità funzionali (moduli) riconfigurabili è un valido supporto per fare un'analisi rapida dell'impianto e/o della macchina, permettendo un confronto tra soluzioni diverse pur tenendo bassi i tempi di calcolo delle stesse.

L'uso di macchine industriali comporta normalmente un livello di consumo non solo direttamente collegato al processo di trasformazione fisica. Per esempio, i tempi di inattività della macchina e di attrezzaggio così come il consumo di alcuni materiali ausiliari come refrigeranti e lubrificanti (cosiddetti "flussi trasversali") può contribuire in modo significativo all'impatto ambientale. Così, l'analisi ambientale dei sistemi di produzione dovrebbe anche includere gli oneri aggiuntivi ambientali che sono meno direttamente collegati alla produzione del prodotto.

I principali strumenti LCA-LCC fanno uso di diversi approcci per la modellazione dei sistemi di produzione. Gli strumenti general-purpose offrono una maggiore flessibilità in termini di dati trattati che possono essere sufficienti nel caso di impianti e macchine standard. Ovviamente l'accuratezza della stima è molto influenzata dalla bontà dei dati introdotti nel database a cui si appoggia il sistema di calcolo. Inoltre, i dati raccolti nelle banche dati di ingresso sono determinati sulla base del monitoraggio delle famiglie generali di processi,

risultando così funzioni di distribuzione con diverse varianze. Questo introduce due ulteriori incertezze: in primo luogo l'incertezza associata con le deviazioni standard di dati e, in secondo luogo, i dati determinati dalle famiglie di processi possono essere diversi rispetto alle singole operazioni effettuate da specifiche macchine. Conseguentemente strumenti LCA-LCC specifici, seppur semplificati, possono portare a stime più significative rispetto a strumenti di analisi general-purpose.

Efficienza energetica (*Sviluppo di macchine, sistemi produttivi ad elevata efficienza energetica, sviluppo di modelli e di codici di simulazione*)

L'attività di ricerca nel dominio si concentra sullo sviluppo di metodologie e soluzioni volte a supportare la progettazione e la realizzazione di sistemi di produzione e impianti ad elevata efficienza energetica con l'obiettivo a) di realizzare ed implementare modelli utili per la progettazione e la simulazione della fabbrica (impianti, sistemi di produzione e macchine) dal punto di vista energetico in modo da poter ottimizzare e realizzare soluzioni per il controllo e il monitoraggio in real time dell'efficienza energetica, b) utilizzare i risultati per ottimizzare macchine impianti e sistemi produttivi in produzioni diverse e sviluppare nuove metodologie e strumenti per una produzione a zero difetti, riducendo o addirittura eliminando gli sprechi di energia e di materiale dovuti a prodotti non conformi. La ricerca si rivolge anche allo sviluppo di tecniche specifiche di monitoraggio dei parametri energetici della "fabbrica" mediante reti di sensori

L'attività di ricerca nel dominio si concentra su azioni che mirano a ridurre la perdita di energia e il consumo di energia in vari settori attraverso lo sviluppo di nuovi materiali, design per l'efficienza energetica e il controllo intelligente dei processi e delle attività che portano a dispendi energetici eccessivi anche a causa di materiali in eccesso utilizzati.

Soluzioni di ricerca sono necessarie per la riduzione dei materiali e dell'energia attraverso la progettazione di prodotti sostenibili sono stati enfatizzati per risolvere problemi di sostenibilità energetica. Allo stesso tempo il miglioramento dell'efficienza energetica dei processi di fabbricazione devono essere studiati con attività di ricerca rivolte alla messa a punto delle tecnologie più efficienti e al loro utilizzo nei cicli di fabbricazione utilizzando quelle energeticamente più favorevoli, al recupero di energia nello stesso processo o al riutilizzo dei rifiuti energetici in processi diversi, alla maggiore efficienza di conversione energetica o alla ottimizzazione delle pratiche operative.

Oltre allo studio per ridurre nei processi industriali l'energia diretta cioè quella utilizzata nei processi produttivi (diretti) va focalizzata l'attenzione su come ridurre l'energia indiretta utilizzata nei processi indiretti di sostegno alla produzione, come ad esempio la ventilazione, l'illuminazione, il riscaldamento e il raffreddamento, ecc.

La progettazione orientata all'efficienza energetica (Design per efficienza energetica) considera tutti gli aspetti energetici, attraverso l'analisi dettagliata dei contributi necessari a produrre un'unità, al fine di ridurre la quantità di energia necessaria per la fabbricazione del prodotto. Il processo di sviluppo può essere considerato secondo due diverse prospettive. La prima riguarda strettamente il processo di fabbricazione: in questo contesto, l'efficienza energetica si ottiene attraverso una corretta selezione dei metodi di produzione e un'attenta progettazione del layout dell'officina stessa. La seconda ha un orizzonte più ampio e considera il macro processo di sviluppo aziendale, che include la gestione del ciclo di vita dei prodotti e la progettazione intelligente della supply chain.

Ulteriore approccio per sostenere l'efficienza energetica nel settore della produzione è lo sviluppo di nuovi materiali per il raffreddamento, lubrificazione, strumenti, strumenti della progettazione stessa, e l'aggiornamento attrezzature.

A livello macchina, attenta considerazione deve essere data non soltanto all'energia diretta utilizzata nei processi produttivi (cioè richiesto per l'asportazione di truciolo o deformazione plastica, assemblaggio delle parti, ecc), ma anche l'energia utilizzata dalle apparecchiature ausiliarie, come ad esempio sistemi di raffreddamento, impianti idraulici e pneumatici: la progettazione ottimale e controllo dei processi ausiliari consentono un notevole risparmio energetico.

Un'ultima strada per raggiungere efficienza energetica e riduzione dello spreco di risorse e materiali consiste nell'ottenere un processo perfetto, caratterizzato da assenza di difetti (zero-defect manufacturing). I metodi Sei Sigma, sempre considerati il principale riferimento per raggiungere l'obiettivo di difettosità nulla, sono costituiti da un insieme di strumenti per monitorare e migliorare la qualità di prodotto e processo (Gauge R&R, Statistical Process Monitoring, Design of Experiments and Analysis Of Variance), arricchiti da una filosofia di gestione e schedulazione delle attività atta a raggiungere l'obiettivo di processo (quasi) perfetto. Oggi il passaggio da soluzioni metrologiche basate principalmente su contatto a soluzioni senza contatto permette lo sviluppo di sistemi ibridi che hanno anche la necessità di prevedere tecniche di fusione dell'informazione proveniente dai diversi sensori. Queste nuove tecniche devono essere in grado di realizzare analisi statistica di una grossa mole di dati multistream quasi in tempo reale, per poter così raggiungere l'obiettivo di ispezione 100% e

rapida segnalazione di allarmi ogni qualvolta un evento imprevisto causa l'incremento del tasso di non conformità.

Progettazione integrata (*Progettazione simultanea prodotto-processo-sistema, prevedendo in progettazione lo smontaggio e il riciclaggio dei materiali*)

La progettazione simultanea prodotto processo consente l'accorciamento del tempo per il lancio della produzione in quanto permette di evitare in fase di ingegnerizzazione le revisioni necessarie al disegno funzionale per la sua trasformazione in disegno di lavorazione. Inoltre consente di prevedere in fase di progettazione la fase finale del ciclo con le regole della progettazione integrata (Design for Disassembly e Design for recycling).

Design for Disassembly. Negli ultimi anni il Design for Disassembly ha cominciato a diffondersi e ad essere preso in considerazione dai progettisti con l'obiettivo di ridurre la quantità di materia destinata a "landfill" e la quantità di materiali vergini da produrre per la realizzazione di nuovi prodotti. A livello scientifico, molte delle attività che hanno come obiettivo la definizione di indici e formule per la valutazione del miglior trattamento a fine vita (riuso, riproduzione, riciclo, landfill, ecc.). Il Design for Disassembly introduce metodologie per progettare prodotti ottimizzati per il disassemblaggio a fine vita, in particolare per il calcolo delle sequenze di disassemblaggio, e del relativo tempo e costo. La ricerca ha fornito una serie di linee guida a supporto della progettazione, in ottica disassemblabilità. Tali guidelines consentono al progettista di ottimizzare il prodotto al fine di favorire le seguenti azioni di fine vita: disassemblaggio (attivo, meccanico o con mezzi automatizzati), il re-manufacturing, il riciclo ed il riuso. Non esistono però sistemi software in grado di fornire un supporto importante all'implementazione di queste linee guida durante la progettazione, combinando anche le esperienze acquisite dai progettisti nel tempo. Tutti gli studi presenti in letteratura sono finiti a se stessi o, al massimo, implementati in applicazioni prototipali e specifici per determinati prodotti.

Design for recycling. Il Design for Recycling è un metodo che implica i seguenti requisiti di prodotto: facilità di smontaggio, facilità di ottenere frazioni "pulite" di materiali che possono essere riciclati (ad esempio ferro e rame sono facili da separare), facilità di rimozione di parti/componenti, che devono essere trattati separatamente, utilizzo del minor numero possibile di materiali diversi, contrassegnare i materiali polimerici, evitare il trattamento di superfici al fine di mantenere la purezza dei materiali. La realizzazione di un processo di progettazione integrata che tenga in considerazione tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto, necessita il ricorso a opportune strategie progettuali.

Demanufacturing (*Progettazione del ciclo di demanufacturing e del relativo sistema di recupero del componente/materiale, Progettazione apparecchiature per le varie fasi di riciclaggio del componente/materiale*)

Le tematiche di ricerca relative all'area demanufacturing includono tecniche di progettazione integrata di prodotto, tecnologie di recupero, chimiche e meccaniche, per tutti i materiali metallici e non metallici, e tecniche di progettazione applicate a tali processi.

Disassemblaggio automatizzato per il riciclaggio. Il disassemblaggio automatico per il riciclaggio, benché sia assai richiesto a causa dei bassi costi e del ritmo di processo elevato, è risultato di difficile implementazione per l'elevato grado di variabilità riscontrato nei flussi di ritorno dei prodotti post-consumer. La variabilità include sia l'ampia gamma di prodotti, sia l'incertezza sulle quantità e sulle condizioni del prodotto stesso. Pertanto, è richiesta alto grado di flessibilità ai sistemi di disassemblaggio, rispetto ai sistemi di assemblaggio. Sistemi di disassemblaggio modulari e sistemi ibridi, con stazioni sia manuali che automatiche, rappresentano una possibile soluzione e, per questo, ad oggi la ricerca è focalizzata su questo tipo di alternativa, in particolare per il disassemblaggio di prodotti elettronici. La ricerca sul disassemblaggio ha integrato ispezioni visive, processi di de-saldatura laser, stazioni robotizzate e a riscaldamento infrarosso per la rimozione di componenti. Ciononostante, una soluzione integrata, in grado di lavorare prodotti eterogenei e complessi come apparecchi casalinghi e RAEE non è stata fino ad ora sviluppata.

Tecnologie di Separazione e Frantumazione Meccanica per il Riciclaggio. Le tecnologie di riciclaggio meccanico rappresentano un passo importante verso l'automazione dei processi di trattamento dei prodotti a fine vita. Tali sistemi sono di tipo multi-stadio e includono processi di triturazione e separazione per liberare materiali diversi e separare la mixture così ottenuta in flussi di materiali puri. Dal punto di vista tecnologico, sono stati sviluppati modelli fisici per la triturazione e la separazione, soprattutto per supportare i processi di trattamento dei minerali dopo l'estrazione. L'obiettivo della modellizzazione della triturazione è la valutazione della distribuzione della dimensione e del grado di liberazione delle particelle prodotte, così come dell'energia richiesta dal processo stesso. Malgrado l'impatto consistente della triturazione sulle prestazioni del sistema di separazione e sul consumo energetico del sistema, quest'area di ricerca è stata poco sviluppata. In letteratura, la modellazione dei processi di separazione ha ricevuto maggior attenzione in ambito scientifico. Per esempio, modelli fisici per la stima delle traiettorie delle particelle sono stati sviluppati per la separazione a correnti indotte la separazione elettrostatica e la separazione basata su densità. Tuttavia, questi modelli sono sempre focalizzati sulla traiettoria delle singole particelle, senza considerare interazione

e urti tra di esse, che, in aggiunta alla presenza di particelle non liberate nel flusso di materiale, diminuiscono l'efficienza del sistema. Altri modelli di sistema che considerano in modo integrato la fase di separazione e la fase di triturazione sono stati sviluppati, pur essendo focalizzati sull'analisi delle prestazioni statiche del sistema. Ciò ne riduce l'applicabilità a sistemi complessi, come quelli utilizzati per il trattamento di RAEE, dove i flussi di materiale sono non-lineari (sono comuni flussi di riprocessamento del prodotto) e le configurazioni ottimali del sistema non sono studiate.

Human centered manufacturing *(progettazione e realizzazione di indumenti sensorizzati e cognitivi per permettere agli operatori di lavorare in condizioni di sicurezza, progettazione di reti sensoriali)*

Questo dominio è relativo allo sviluppo di soluzioni innovative per la realizzazione di prodotti che sono centrati sulle esigenze dei lavoratori in termini di sicurezza, soddisfazione e efficienza del lavoro. Un ambiente sicuro, flessibile e confortevole per gli operatori che effettuano sia le operazioni manuali che quelle di assistenza a macchinari è il modo migliore per ottenere una migliore produttività. In questo contesto, la creazione di una rete di sensori posizionati nella zona del corpo e nuovi paradigmi HMI rappresentano alcuni dei più importanti obiettivi da raggiungere. Il primo si focalizza sulla realizzazione di abiti e scarpe di protezione che consentono il rilevamento del lavoratore in fabbrica (posizione/orientazione), l'identificazione di eventuali alterazioni riguardanti ad esempio il carico di lavoro e la postura assunta e infine l'attivazione di corrette misure volte a fornire un feedback in tempo reale per ripristinare le condizioni ottimali. Il secondo si concentra sull'interfaccia uomo-macchina per assistere i lavoratori in fabbrica nella manutenzione, nella pianificazione del robot e nelle operazioni manuali (ad esempio di montaggio). Essi sfruttano i vantaggi della recente interazione multimodale e delle della Realtà Virtuale.