

RTM per l'industria. Strategie di marketing

L'uso sempre più massiccio dei materiali compositi richiede un attento business & technological planning e un'adeguata marketing analysis con la quale stabilire le strategie economiche/finanziarie indispensabili, a una realtà industriale, per la messa in opera di tecnologie RTM efficienti e competitive.

Nel corso degli ultimi decenni i materiali compositi hanno acquisito una sempre maggiore fetta di mercato a scapito di quelli metallici. Ciò significa che il loro uso è stato esteso a molti settori (aerospaziale, automotive, navale, elettronica, etc.), introducendo una serie di fattori specifici, sia a carattere tecnico/scientifico che economico. Ad esempio, l'uso del composito negli aerei commerciali ha richiesto che tutte le procedure di certificazione e gestione (produzione/manutenzione/revisione) dei componenti aeronautici in metallo fosse ridefinita anche per i compositi. Mantenendo inalterati gli *standard* di qualità, affidabilità e sviluppando *skill* professionali adeguati. Produrre una struttura primaria o secondaria in composito impone una serie di *step*: design teorico/numerico preliminare, definizione dei materiali base (resine, catalizzatori, fibre, etc.), studio del processo di manifattura, realizzazione di prototipi e dimostratori e loro relativa caratterizzazione, industrializzazione del processo, gestione e controllo del componente in composito nel corso della sua vita operativa. Nell'ambito di tutte queste voci, esistono una serie di fattori e requisiti che devono essere soddisfatti al fine di rendere concreto l'uso del composito. In particolare la definizione dei costi e dei tempi sia di produzione che operativi, la *standardizzazione* di qualità e affidabilità del prodotto, i vantaggi/svantaggi rispetto all'uso di materiali tradizionali, i mercati obiettivo e gli scenari

futuri. Ciò impone, non solo una conoscenza dell'aspetto tecnologico del problema, ma anche una visione economico/gestionale adeguata ai mercati internazionali. Questo diventa tanto più vero, quanto più il discorso compositi si applica, non a piccole realtà (es. Università, Centri di Ricerca), ma a livello industriale. Esistono diverse tecnologie di produzione dei materiali compositi: *hand lay-up*, FW (Filament Winding), RTM (Resin Transfer Molding), Poltrusione, etc. L'RTM consiste nel realizzare una preforma in fibra (carbonio, vetro, etc.) da inserire in uno stampo chiuso all'interno del quale viene iniettato il sistema resina + catalizzatore. Per poi passare alla fase di *curing* e di estrazione del pezzo finito. Questo metodo consente di realizzare manufatti a geometria complessa (con il vincolo sostanzia-

le dei piccoli spessori), di grandi dimensioni, con un grado di finitura superficiale eccellente e un ottimo *tollerancing* geometrico/dimensionale. Il tutto in un'ottica di industrializzazione del processo, ovvero sia per le produzioni "di nicchia" (poche unità), che per quella dei grandi numeri (decine di pezzi al giorno). Se si analizza il problema in termini di sostituire parti metalliche con il composito, ma anche nell'ottica solamente di cambiare la tecnica di produzione del composito stesso, occorre garantire gli stessi *standard* di qualità del manufatto (può essere richiesto anche un miglioramento), ridurre i pesi e incrementare la produttività abbattendo i costi e i tempi. Soltanto una risposta positiva ai precedenti tre punti rende efficace l'uso del composito e della sua tecnologia di produzione. Ciò si traduce

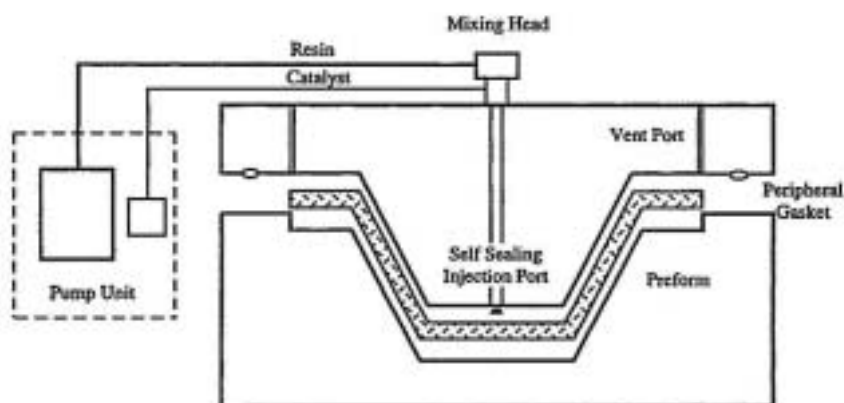


Figura 1: Schema di un sistema RTM



nello sviluppare piani strategici e di *marketing* efficaci. Infatti, in molti settori, la sostituzione del metallo con il composito non rappresenta una soluzione vincente. Nei sistemi elettrici/elettronici i casi realizzati in metallo (tipicamente in alluminio) sono più vantaggiosi di quelli in composito. Quest'ultimo, risultando più leggero impone, per contro, un incremento nei costi ($\Delta\epsilon$) di produzione a scapito di quelli dedicati all'apparato elettro/elettronico stesso. Pertanto, le Case Costruttrici, preferiscono "dedicare" il suddetto $\Delta\epsilon$, all'implementazione della componente operativa dell'apparato, piuttosto che alla sua struttura "portante". I principali mercati obiettivo, a livello internazionale, nel settore dei materiali compositi sono l'aerospaziale, il navale, l'automotive, la difesa e le nanotecnologie. Nel caso delle nanotecnologie, il composito interviene nello sviluppo dei cosiddetti compositi (polimerici, metallici, ceramici) nanostrutturati. In particolare nell'ambito delle proprietà di multifunzionalità (MNCM – Multifunctional Nanostructured Composite Materials). Tutti i requisiti e le specifiche (di progettazione, manifattura e di gestione) richiedono l'uso di un sistema S.A.Q. (*Sistema Assicurazione di Qualità*), in grado di monitorare, passo dopo passo, tutta la vita del componente in composito. Garantendone la tracciabilità e la capacità di realizzare un database che racchiuda tutta "la vita" del componente in oggetto. Ogni attività deve essere soggetta a *certificazione*. Quella aeronautica (FAA, ENAC, etc.) è la più complessa, ma anche la più efficace nell'ottica della sicurezza operativa dei componenti (vedasi il concetto di *Aeronavigabilità*). Un'ulteriore aspetto da investigare è quello della riparabilità. Nel caso di parti in metallo le operazioni di riparazione e ritorno in servizio sono ben note e *standardizzate*. Per contro, nelle parti in composito, o più propriamente nei materiali compositi, l'individuazione/valutazione/gestione/riparazione del danno non sono fasi ancora affidabili al 100%. Tutto ciò diventa cruciale se si pensa ai Progetti Boeing (7E7) e Airbus (A380) dove l'uso del composito è notevole ed esteso a parti strutturali primarie, e quindi critiche, del velivolo.

BUSINESS & TECHNOLOGICAL PLANNING DEL PROCESSO RTM

Il processo RTM (*Resin Transfer Molding*) consiste nell'inserire una preforma secca all'interno di due semi stampi nei quali viene iniettata una miscela opportuna di resina e di catalizzatore. Dopo la fase di cura il pezzo viene estratto dallo stampo. Una delle principali caratteristiche di questa tecnologia consiste nella possibilità di produrre elementi con forme e geometrie 3D pressoché illimitate, mantenendo il vincolo dei piccoli spessori. Come rinforzo possono essere usate fibre di vetro, di carbonio, di kevlar, ma anche particelle micro e nanometriche (da qui notevoli sviluppi vengono introdotti dal settore delle nanotecnologie). Nel caso in cui uno dei due stampi è semi rigido allora si parla di *RTM light*. Mentre, se si fa il vuoto nello stampo, allora si ha configurazione *VARTM* (*Vacuum Assisted Resin Transfer Molding*). Pertanto un impianto RTM è costituito da (figura 1) due semi stampi, un compressore per iniettare, un contenitore sigillato che racchiude la resina e il catalizzatore non miscelati, un mescolatore statico (serve per *by passare* il problema del *pot life* della resina), una pompa per creare il vuoto nello stampo, un sistema di sacco a vuoto.



Figura 2: Disegno CAD del componente in composito da produrre con tecnologia RTM

Per realizzare una struttura in composito mediante tecnologia RTM è necessario:

- l'apparato RTM stesso, la cui portata (litri di resina processabili) sia adeguata al quantitativo richiesto
- forniture (resine, catalizzatori, distaccanti compatibili con la resine, fibre, tessuti. etc.)
- sistema di *preforming*
- stampi (metallici, prototipati, in legno, in composito)
- simulatori per la definizione del comportamento strutturale
- simulatori numerici di processo
- sistemi per il calcolo sperimentale della permeabilità



Figura 3: Modello FEM



Figura 5: Simulazione FEM del fronte di resina (*fill time*) nella preforma nel corso della iniezione

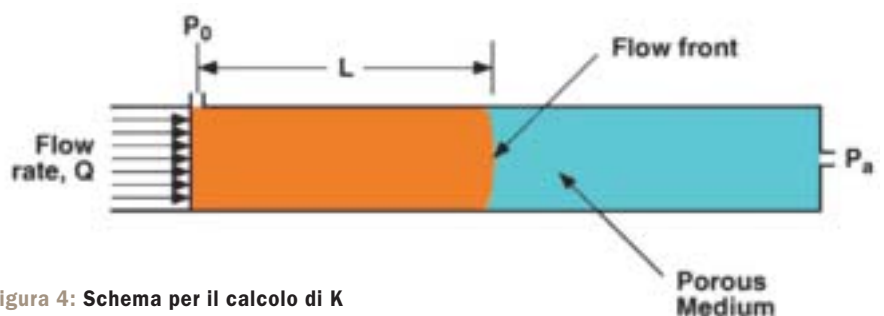


Figura 4: Schema per il calcolo di K

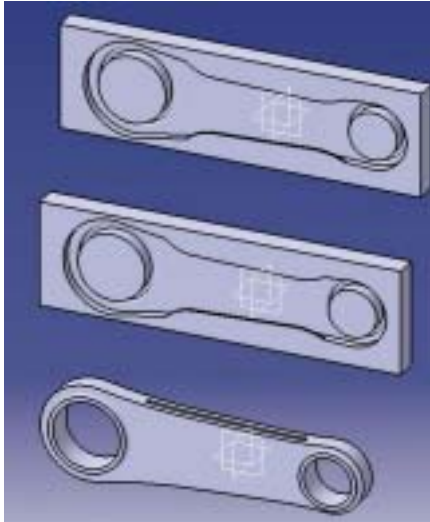


Figura 6: Design dello stampo e del contro stampo (partendo dal modello CAD del componente)



Figura 7: Deposizione delle fibre [†]

- sviluppatori dei materiali base (es. sviluppo di una resina con viscosità estremamente bassa)
- taglio e finitura del componente
- centri di caratterizzazione (meccanica, termica, chimica, dimensionale – *tolerancing*, test distruttivi e non distruttivi, microscopia ottica e elettronica).

A titolo esemplificativo si riportano le fasi principali della progettazione, manifattura (processo RTM) e caratterizzazione di un generico componente in materiale composito. Il primo *step* consiste nel definire il tipo di struttura (figura 2) da realizzare.

La fase successiva consiste nella simulazione numerica e FEM del comportamento strutturale (statico e dinamico) in corrispondenza di un ben definito spettro di carico (figura 3). Ciò consente di determinare il tipo di materiale composito da usare (es. sequenza di laminazione).

Dopo questa attività preliminare puramente dedicata alla progettazione della struttura, è necessario studiare il processo. Definita il tipo di preforma, ne va calcolato, mediante prova sperimentale, e con l'ausilio della formula di *Darcy*, il parametro della permeabilità (K) che può essere definito come la capacità della preforma secca di essere riempita (figura 4).

Determinata la preforma e K , si passa alla simulazione numerica del processo da cui individuare tutta una serie di parametri (figura 5) tra cui:

- *fill time* (posizione nel tempo del flusso di resina nella preforma, nel corso del processo di iniezione)
- grado di cura
- distribuzione della resina, della pressione
- cavità e bolle
- linee di saldatura (statiche e dinamiche) tra fronti di resina polimerizzati
- pressioni agenti nello stampo
- parametri di iniezione (tempo, pressione, temperatura)
- posizione dei punti di iniezione (*gates*) e di quelli di uscita (*vents*)

Studiato e ottimizzato il processo, si passa al *design* dello stampo e alla sua realizzazione (figura 6).

Per la manifattura del componente è necessario pulire con acetone lo stampo, applicare su di esso il distaccante (tipicamente siliconico a spray o liquido) e preparare le preforma oppure deporre le fibre e i tessuti precedentemente tagliati a misura e in quantità tali da ottenere una determinata frazione volumetrica V_f (figura 7).

Fase successiva è la preparazione del sacco a vuoto (figura 8) e l'inserimento della resina e del catalizzatore (dopo precedente degassaggio nel contenitore sigillato collegato al compressore e al sistema di mescolamento statico).

Dopo la fase di iniezione si passa a quella di cura e post – cura secondo le specifiche del sistema resina + catalizzatore (*data sheet* del fornitore) e all'estrazione dallo stampo.

Il passo successivo consiste nel caratterizzare il componente realizzato mediante prove distruttive e controlli non distruttivi (NDT).

E nello specifico prove meccaniche, termiche, chimiche, vibrometria laser, ultrasuoni, microscopia ottica ed elettronica, termografia, ricostruzione laser 3D, etc. Nelle figure 2.9÷14 si riportano alcuni esempi di *test*.

Quanto descritto costituisce a grandi linee la sequenza delle azioni da compiere per progettare, realizzare e caratterizzare un manufatto in composito prodotto in RTM.

ANALISI DI MARKETING

La possibilità da parte di un'industria di mettere a punto una linea di produzione di materiali e strutture in composito, mediante la tecnologia RTM, risiede tutta nella capacità di sviluppare una adeguata analisi di *marketing*. Il primo *step* consiste nel definire opportune *decisioni di marketing*, ovvero individuare un piano strategico industriale che sia adeguato alle richieste del mercato. L'RTM è un processo tecnologico che richiede un *marketing concept* univocamente determinato nell'individuazione del *cliente*, del *beneficio* ottenuto dall'azienda proponente, nonché dalla *domanda* e dall'*offerta*. È necessario adeguare le proprie capacità tecnologiche e produttive in maniera elastica. L'RTM consente tutto questo, in quanto (vedasi paragrafo precedente) a meno di alcune

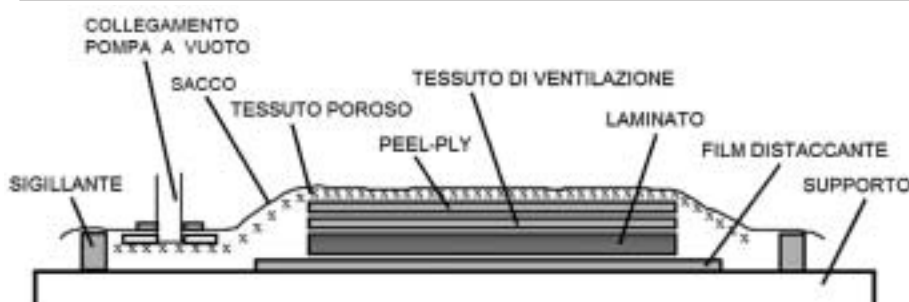


Figura 8: Schema di un sacco a vuoto [†]

Tecnologie



Figura 9: Test di trazione [†]

parti del sistema che sono fisse e comuni a ogni manufatto prodotto, la diversificazione si basa sostanzialmente nella variazione dello stampo e della preforma (ovviamente, resine e catalizzatori rientrano nelle voci dei materiali base da impiegare, insieme a quelli di consumo). Stabilito l'elemento da produrre, è necessario che si verifichi tra industria e committente uno *scambio* utile a deter-

minare non solo gli aspetti tecnici del manufatto, ma anche, e soprattutto, una *proposta di valore* da assegnare al bene in oggetto. Questo significa cercare per entrambi le parti il valore aggiunto (economico e tecnologico) ottenuto con una determinata produzione (*prodotti*). Tutto ciò va sotto il nome di strategia *B2B* (*Business to Business*) finalizzata all'ottenimento di un guadagno sia per il committente che per il produttore. Affinché le strategie risultino vincenti serve stabilire un *marketing mix* adeguato e competitivo basato sul prodotto, sulle aspettative di vendita, sulla filosofia di *pricing* da applicare e sulla promozione. La scelta del prodotto naturalmente nasce su una specifica richiesta di un committente che consente anche di stabilire quali sono le aspettative di vendita e i relativi margini di utile. Nel caso della tecnologia RTM, la filiera di produzione dovrà essere adeguata al numero di manufatti

da realizzare, dalla loro complessità e dalla qualità dei materiali da usare. Grandi produzioni consentiranno una strategia di *pricing* che punta a vendere un prodotto di qualità, ma principalmente a basso costo. Per contro, la produzione di poche unità impone livelli di costo elevati che siano in grado di garantire la completa copertura economica, con margini di guadagno comunque sufficienti. Pertanto, serve una *pianificazione di marketing* (*business plan*) in grado di scegliere un *mercato obiettivo* e, al suo interno un ben definito *segmento*. Per quanto concerne le tecnologie dei compositi e dell'RTM, i principali mercati sono:

- *aerospaziale*:

in questo settore la produzione è legata alla manifattura di componenti di dimensioni medio/grandi sia in termini di molte unità che di pezzi singoli. I problemi legati alle certificazioni internaziona-

li, impongono che la linea produttiva sia del tutto conforme alle normative vigenti in termini di affidabilità, ripetibilità di processo e qualità del manufatto. Il costo può divenire un fattore secondario

• *navale:*

come nel precedente caso, il settore delle barche è da considerarsi di nicchia e fortemente specializzato. Le dimensioni dei manufatti sono medio/grandi (es. gli scafi), e possono differenziarsi in termini di prodotti commerciali e prodotti da competizione

• *automotive:*

il settore automobilistico, se si esclude quello delle macchine da competizione e di lusso, è quello più legato a una produzione di grandi numeri. Quindi, il vincolo fondamentale è l'abbattimento dei costi su prodotti comunque di qualità e sicuri. Il non soddisfacimento a tali requisiti rende l'uso del composito non redditizio. All'RTM si possono anche associare

altre tecniche come lo stampaggio, l'RFI (*Resin Film Infusion*) e i sistemi di iniezione (*Injection Molding*)

• *sistemi elettrici ed elettronici:*

in questo caso l'uso del composito è finalizzato alla realizzazione di rivestimenti, canaline ed elementi di supporto. Tecniche come la poltrusione possono essere più idonee rispetto all'RTM. Anche per la sostituzione di parti in metallo con il composito, non sempre si riescono a definire soluzioni tecnologiche efficaci

• *nanotecnologie:*

questo rappresenta un settore in piena espansione e fortemente multidisciplinare. L'uso dell'RTM può essere interessante nell'ambito della realizzazione o di compositi tradizionali in fibra con rinforzo micro e nanometrico, oppure, per i *Multifunctional Nanostructured Composite Materials* (MNCM).

L'impresa dovrà stabilire verso quali ap-

plicazioni e settori di mercato indirizzare le proprie attività (*posizionamento*) in base alle proprie capacità (pregresse e attuali), e al proprio potenziale tecnologico. In base a tutto questo, è necessario definire il proprio *orientamento verso la vendita* - cercando di conquistare fette di mercato caratterizzate da produzioni di grandi numeri - *verso il cliente* - sviluppando e realizzando un prodotto "ad hoc" per uno specifico cliente. Da qui ne deriva direttamente il tipo di produzione dell'impresa. Una strategia vincente può essere determinata anche dal cosiddetto *e - marketing*, ovvero l'attività di diffusione e propaganda delle proprie attività produttive fatte attraverso *internet*. Per i compositi e l'RTM questo strumento non appare molto utile in quanto, sia la produzione di molte unità che quella "di nicchia" impongono un dialogo continuo tra cliente e fornitore del prodotto. Negli ultimi anni, una delle strategie di

RETI IDRICHE EFFICIENTI E DURATURE CON TUBAZIONI IN VETRORESINA



La NSguassero SpA, fondata nel 1956, vanta un'ampia e consolidata esperienza nel campo delle tubazioni in vetroresina (PRFV) per acquedotti, irrigazione, fognature, condotte forzate ed impiantistica.

Le nostre tubazioni si distinguono per:

- Resistenza alla corrosione e all'abrasione;
- Insensibilità alle correnti vaganti;
- Atossicità;
- Durata nel tempo;
- Elevate caratteristiche meccaniche associate a buon comportamento elastico;
- Giunzioni meccaniche facili ed efficienti;
- Leggerezza e facilità d'installazione.

Forniamo:

- Prodotti certificati;
- Servizi di progettazione;
- Assistenza tecnica;
- Valutazioni tecnico / economiche.

Sede e Stabilimento

Via Pasubio, 36
20037 Paderno Dugnano (MI)
02-9105510 (tel)
02-9183293 (fax)

Uffici e Stabilimento

Via E. Fermi, 15
33058 S. Giorgio di Nogaro (UD)
0431-620450 (tel)
0431-620570 (fax)





Figura 10: Vibrometria laser
individuazione di un difetto (evidenziato in giallo) campione (*) [2] [†]



Figura 11: Microscopia ottica di sezioni di
tape in carbonio annegate in resina epossidica (**) [3] [†]

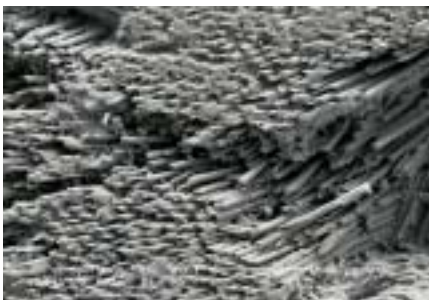


Figura 12: Microscopia SEM dei singoli
filamenti di un tape in carbonio annegata in resina epossidica. Studio dell'interfaccia fibra - matrice (***) [3] [†]

marketing più vincenti è il cosiddetto *marketing dei comportamenti eticamente corretti*. Questo prevede che il produttore fornisca al cliente prodotti efficienti a costi vantaggiosi. Nell'ambito del settore in oggetto questa strategia può diventare particolarmente influente ed essenziale. Per realizzare un manufatto in composito mediante tecnologia RTM (vedasi paragrafo precedente) è necessario una serie di unità operative, e precisamente di progettazione, di ricerca e sviluppo (R&D) ed *SBU (Strategic Business Unit)*. Queste ultime, dette anche *unità strategiche di affari*, interfacciandosi

con le altre, debbono determinare i mercati obiettivi e il *set* di prodotti da realizzare. Spesso nel caso dei compositi e del processo RTM, grazie alla sua notevole versatilità, è possibile rispondere positivamente a diversi settori. Garantendo la produzione di manufatti anche molto diversi tra loro e per le applicazioni più disparate. Quindi, serve una *pianificazione tattica, operativa e interfunzionale*, ovvero la definizione di un *core business* e di una *cooperate* in grado di stabilire e gestire gli obiettivi di mercato predefiniti. Ciò consente di avere un *portafoglio di attività* che consiste in una serie di prodotti che l'impresa è in grado di produrre e di vendere. Se si considera il *trend* positivo del mercato dei compositi, e della già citata versatilità del processo RTM, è possibile prevedere margini di guadagno significativi per un'impresa che operi nel settore in oggetto. Il passo successivo consiste nel definire la *matrice crescita - quota di mercato*. Con essa l'azienda è in grado di stabilire come implementare la sua produzione (e quindi le apparecchiature disponibili) in base alla propria fetta di mercato conquistata e in funzione dei propri *trend* di crescita (*potere di penetrazione*). Questo è strategico, in quanto pianificare l'investimento per l'acquisto di un nuovo sistema RTM (che è costoso e che richiede una logistica adeguata), deve essere giustificato soltanto con margini aggiunti di produzione elevati. Serve una attenta valutazione dell'*ambiente interno ed esterno* all'impresa. Essa dovrà investire in nuove linee di produzione solamente nel momento in cui si creano i presupposti per la creazione di un *vantaggio economico* e di *competitività* (in base al binomio *mercato - prodotto*). La capacità di penetrare il mercato è legata alla possibilità dell'impresa di *svilupparlo* secondo le capacità dell'azienda stessa, imponendo dall'interno verso l'esterno le proprie tecnologie e i propri prodotti. Viceversa ci deve essere una simultanea capacità di *diversificazione* interna in base alla variazione degli *input* esterni provenienti dal proprio mercato obiettivo (*settori di business*). Se si analizzano i vari aspetti strategici del *marketing*, va anche considerato il *consumertismo*, cioè l'insieme di tutti quelle azioni atte alla protezione

del cliente nei confronti di *marketing dannosi*. Considerando l'interfaccia diretta tra il produttore e l'utilizzatore di materiali e strutture in composito realizzate in RTM, questo aspetto appare poco significativo anche in condizioni di mercato quasi monopolistiche (in Italia le ditte/imprese specializzate in questo settore non sono numerose). Per contro, va evidenziato l'importanza dell'*eco - Marketing*, che racchiude l'insieme di tutte le strategie di manifattura di un prodotto tali da renderlo compatibile con l'ambiente. Sia in termini di processo che di materiali utilizzati. Infatti, i materiali base per la realizzazione di un composito (resine, catalizzatori, fibre, particelle) spesso presentano notevoli problemi in termini di impatto ambientale e di tossicità verso gli operatori. Uno dei maggiori vantaggi associabili all'RTM è quello di ridurre drasticamente l'emissione di agenti tossici/inquinanti nel corso del processo di manifattura. I vantaggi per gli operatori e per l'ambiente sono evidenti, anche nell'ottica di una prevenzione rispetto a malattie e patologie del lavoro che hanno una notevole influenza nella società moderna (si considerino anche i problemi di tossicità nell'uso di nanoparticelle e nanostrutture). Ovviamente, la riduzione dei rischi di



Figura 13: C - scan per la
caratterizzazione di un elemento reticolare in composito (**) [2] [3] [†]

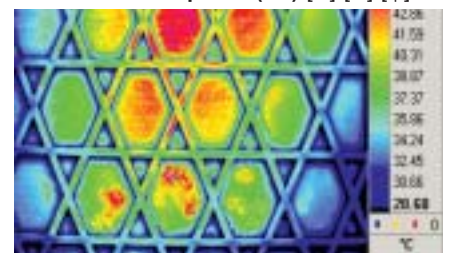


Figura 14: Esempio di termografia di un
pannello reticolare in composito (**) [2] [3] [†]

processo e l'utilizzo dei compositi è legata allo sviluppo di resine e catalizzatori a basso impatto ambientale e ridotta emissione di agenti tossici. Attualmente molti studi sono finalizzati all'utilizzo di fibre naturali (es. la canapa) in grado di offrire prestazioni notevoli e con un impatto eco-ambientale pressoché nullo. Contrariamente a una visione conservatrice che offre livelli di produzione perfettamente corrispondenti ai livelli della richiesta e del trend di mercato, è possibile adottare la cultura del rischio. Essa si basa nel presentare prodotti e solu-

zioni tecnologiche che non presentano al momento della loro realizzazione un mercato perfettamente corrispondente a quanto proposto. Ciò può portare al fallimento del prodotto oppure a un eccellente livello di penetrazione dello stesso nel mercato, in quanto costituisce una innovazione pressoché unica e quindi soggetta, nel breve periodo, a un regime in pratica di monopolio. Considerando la già citata versatilità del processo RTM, adottare una strategia del rischio può rappresentare una scelta vincente con eventuali margini di danno

(tecnologico/economico) non particolarmente elevati se coperti da altre linee di produzione con un elevato margine di guadagno. Parallelamente, possono essere adottate delle strategie di profitto e/o delle persone. La prima si basa soltanto nel realizzare manufatti da cui trarre profitto (il livello di innovazione e tecnologico è tipicamente basso e non in linea con l'attuale stato dell'arte). La seconda si basa nella definizione di prodotti le cui specifiche sono costruite "ad hoc" rispetto ai requirements dei singoli clienti. In questo caso la produzione è caratterizzata da un numero di unità molto ridotte, ma con standard di qualità e di sviluppo tecnologici eccellenti (es. produzione di componenti aerospaziali o per auto da corsa). Per ciascuna delle strategie appena elencate è indispensabile definirle il relativo ciclo economico temporale che va inserito e integrato nella pianificazione globale dell'azienda. A questo fa riferimento il concetto delle aspettative e della fiducia del consumatore (micro e macro economia). Per prodotti commerciali questo è un parametro essenziale perché legato alla produzione dei grandi numeri. Per quanto riguarda applicazioni più di settore e specialistiche, il parametro di maggior riferimento è il soddisfacimento e il rispetto dei parametri di progetto (project requirements). ■

Precisazioni sulle didascalie

(*) – figura 10 prova eseguita presso il Dipartimento di Progettazione Aeronautica dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II"
 (**) – figure 11, 13, 14 analisi eseguite Reparto Chimico del CSV – Centro Sperimentale Volo dell'Aeronautica Militare, Aeroporto "M. De Bernardi" di Pratica di Mare
 (***) figura 12 analisi eseguite presso il Dipartimento di Tecnologie e Salute dell'ISS – Istituto Superiore di Sanità di Roma

Il presente articolo costituisce una review del paper "Business planning e marketing analysis per lo sviluppo e la realizzazione di processi & sistemi RTM (Resin Transfer Molding) su scala industriale" pubblicato su "Rivista Italiana di Compositi e Nanotecnologie, Vol. 3 n° 1, Marzo 2007 [†] nell'ambito del Progetto Sistema (Sistema per l'Innovazione e lo Sviluppo applicativo di Tecnologie dei Materiali Avanzati) del RIDITT – IPI (Istituto per la Produzione Industriale).

Bibliografia

- [1] M. R. Solomon, E. W. Stuart – *Marketing, Real People, Real Choices*, Edizioni Apogeo, 2005
- [2] M. Regi – *Tesi Di Laurea In Ingegneria Astronautica: "Studio e realizzazione di materiali nanostrutturati per applicazioni aerospaziali"*, Scuola di Ingegneria Aerospaziale dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", 2006
- [3] M. Regi – *Assegno di ricerca: "Le nanotecnologie: studio e applicazione per il settore aerospaziale"*, la Scuola di Ingegneria Aerospaziale dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", 2006 – 2007
- [4] R. E. Hall, J. B. Taylor – *Macroeconomia: teoria e politica economica*, Ulrico Hoepli editore
- [5] H. R. Varian – *Microeconomia*, Seconda Edizione Edizioni Cafoscari-na
- [6] A. M. De Filippi – *Fabbricazione di componenti in materiali polimerici*, Biblioteca Tecnica Hoepli Ed. 2008
- [7] V. V. Vasiliev, A. F. Razin – *Anisogrid composite lattice structures for spacecraft and aircraft applications*, *Composite Structures* 76 (2006) 182 – 189
- [8] K. Lau, D. Hui – *The revolutionary creation of new advanced materials-carbon nanotubes composites*, *Composite: Part B* 33 (2002) 263-277
- [9] F. L. Matthews, R. D. Rawlins – *Composite Materials: Engineering and Science*, Woodhead publishing limited
- [10] Y. W. Mai, Z. Z. Yu – *Polymer Nanocomposite*, Woodhead Publishing Limited
- [11] G. Eckold – *Design and Manufacture of Composite Structures*, Woodhead Publishing Limited
- [12] M. Regi, M. Marchetti, L. Aمانتيني, F. Fantini – *Sviluppo gestionale del trasporto aereo*, *Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma*, n° 452 Novembre 2003
- [13] M. Regi, M. Marchetti – *Manutenzione: quanto influisce il "fattore umano"*, *AirPress Volume 18*, 10 maggio 2004
- [14] M. Regi, M. Marchetti, L. Aمانتيني – *Materiali compositi e nanotecnologie: quale impiego in aeronautica?*, *AirPress Volume 46*, 6 dicembre 2004
- [15] M. Regi, M. Marchetti – *Un ponte tra università e industria*, *Progettare*, n° 288 aprile 2005
- [16] M. Regi, M. Marchetti, L. Aمانتيني, S. Laurenzi, F. Valente – *Analisi tecnica del processo di manutenzione di un aeromobile*, *Aerotecnica Missili e Spazio* vol. 84 n° 3
- [17] M. Marchetti, F. Felli – *Tecnologie aeronautiche: i materiali*, seconda edizione, Editoriale ESA 1989
- [18] M. Marchetti, D. Cutolo – *Tecnologie dei materiali compositi*, seconda edizione, Editoriale ESA 1991.