

## DOSSIER SULL'INDUSTRIA AERONAUTICA

*Si dice aeronautica ma si intende una delle più audaci avventure tecnologiche della civiltà industriale. Ma questo progresso, affinché possa trainare l'intero sistema industriale e le PMI in testa, non può essere lasciato a se stesso. Servono idee, progetti, innovazione e tanta fantasia. Saprà la PMI italiana contribuire a questo sforzo? Ma c'è anche un altro aspetto per cui questo dossier viene scritto. Per poter sopravvivere, sia in un mercato globalizzato, che con costi e pretese crescenti sul materiale, l'unica strada percorribile è stata quella dell'integrazione internazionale per cui un prodotto non è più italiano, inglese o tedesco, ma un mix di aziende che tengono così testa alla competizione mondiale. Australia, Canada, come Francia o Torino sono semplici passaggi di studio ed assemblaggio con cui l'Occidente oggi ha ancora una supremazia totale. Al di là dell'exasperazione nell'intenazionalizzazione dell'industria aeronautica, la PMI italiana può trarre da questo esempio uno stimolo per produrre meglio ed a costi più contenuti, per mercati più ampi? Qui c'è un esempio capace di offrire una possibile soluzione.*

**di Giovanni Carlini**

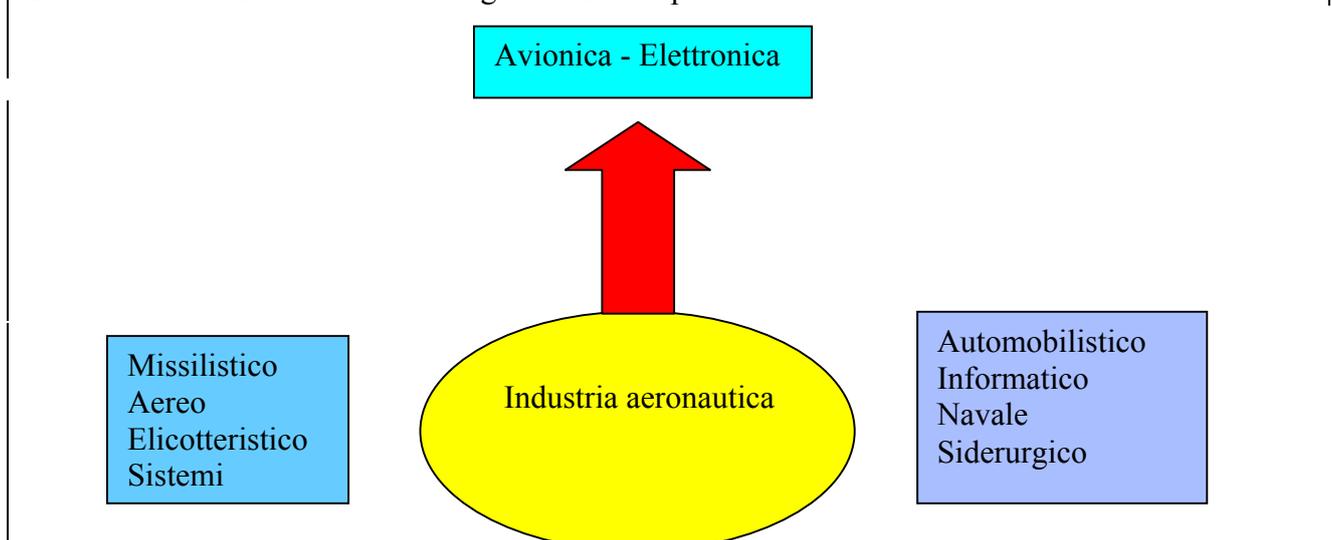
### Il quadro d'insieme

*L'industria aeronautica, più che per gli altri settori produttivi gode di un'integrazione, filiazione e proposizione, nei confronti ad esempio, dell'industria metallurgica, come quella meccanica ed automobilistica e quindi dell'elettronica, più accentuata di qualsiasi altro ramo industriale.*

Per poter esporre la mappa delle interconnessioni che l'industria aeronautica ha con gli altri rami dell'industria e quindi al suo interno, servono due ordini di riflessione che qui sono descritti graficamente. Nel primo grafico si possono osservare i rapporti dell'aeronautica con gli altri rami produttivi, mentre nel secondo quelli all'interno della stessa.

Se al suo interno, l'industria aeronautica è un'anima strutturata su sette diversi aspetti: industria propriamente detta, aviazione generale, intesa come terzo livello con velivoli a corto raggio, aeronautica militare, sistema aeroportuale, compagnie aeree, low cost e spazio, nei rapporti di intensa collaborazione con gli altri sistemi produttivi, emergono costanti contatti con un numero enorme di imprese. Solo per citarne alcuni: siderurgia, informatica, tessile, come non ultima, anche l'industria automobilistica. Pertanto si dice aeronautica, ma si intende innovazione, ricerca, ed avanzamento nello stato della civiltà industriale. Non è un caso che i paesi più avanzati abbiano una forte attività nel settore aeronautico e navale. Da notare come quelle nazioni, che vogliono crescere rapidamente sul piano industriale (è il caso in quest'anni dell'India e della Cina) siano impegnate nella costruzione di un polo tecnologico aeronautico.

Grafico 1: l'industria aeronautica e gli altri settori produttivi

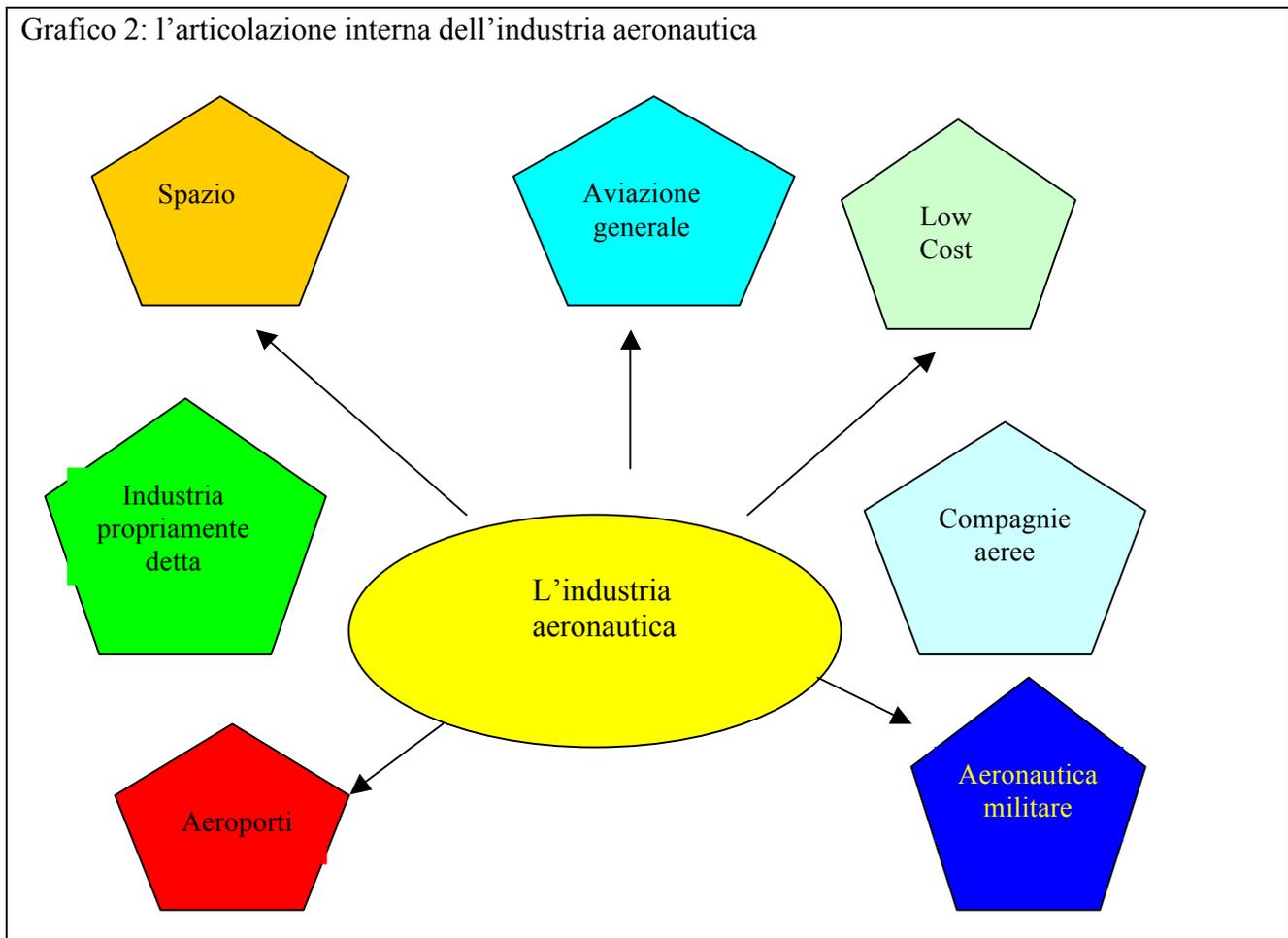




In Italia l'aeronautica è sia un polo tecnologico che anche un distretto industriale. L'azienda leader è la Finmeccanica, che attraverso l'Alenia e l'Aermacchi (quest'ultima dal 1° luglio 2003) spinge l'innovazione nel settore. Gli altri grandi nomi dell'industria, che hanno anche notevolmente contribuito alla storia del paese sono:

- a) in ambito elicotteristico, l'Agusta-Westland,
- b) per il settore spazio l'Alenia Spazio e Telespazio.
- c) Per l'elettronica della difesa la Galileo Avionica, la Marconi Communications, l'AMS ed infine l'Orizzonti sistemi navali.

Grafico 2: l'articolazione interna dell'industria aeronautica

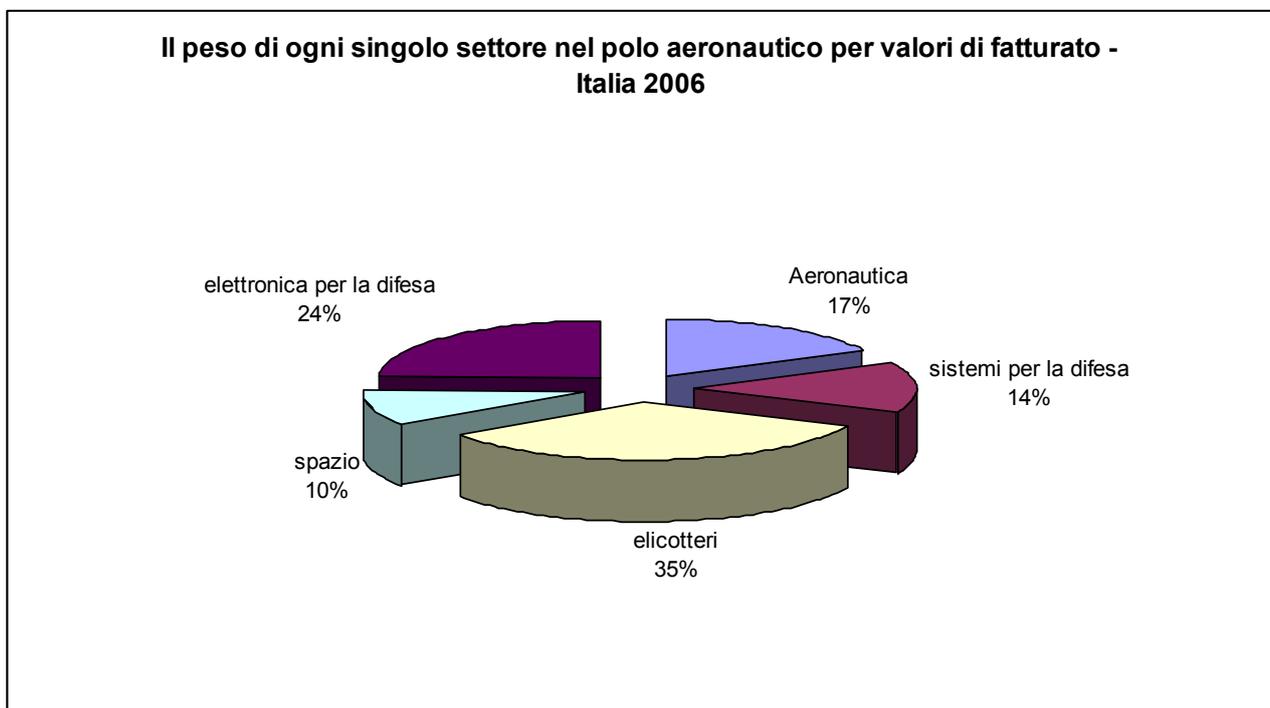


Il gruppo si completa con il settore sistemi per la difesa che include la Oto Melara, Wass e la MBDA. In termini più generali i noti cambiamenti nello scenario politico e strategico degli ultimi 15 anni (caduta della contrapposizione tra un est comunista e l'ovest liberale) e le ricorrenti impennate del prezzo del carburante, hanno prodotto un profondo ridimensionamento della domanda di prodotti aeronautici. Calo della domanda ed innalzamento degli standard di qualità hanno fatto innalzare vertiginosamente i costi di sviluppo di ogni nuovo programma tanto da essere, oggi come oggi, insostenibili sia per una sola impresa o gruppo, che per singola Nazione. Per far fronte a questa situazione, le aziende aeronautiche dei diversi paesi, anche se con modalità differenti, hanno dato vita ad un intenso processo di "Merger & Aquisition". Un tale processo ha in particolare caratterizzato la storia recente dell'industria aeronautica degli Stati Uniti e dell'Europa portando alla creazione dei "Four Big Players" statunitensi (Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Raytheon) e dei corrispondenti colossi europei (EADS e BAE System) che oggi, dopo anni di assoluto dominio nordamericano, gestiscono alla pari la scena mondiale del settore.

Nel processo di revisione complessivo nel modo di progettare e realizzare aeroplani nel mondo, è stato anche riorganizzato il ciclo produttivo coinvolgendo più imprese sparse per il mondo, nel senso che la joint venture tra industrie aeronautiche non riguarda solo la progettazione ma anche la produzione, consentendo fasi di altissima specializzazione nell'assemblaggio del velivolo. E' comune che la fusoliera e parti del carrello siano realizzate da paesi a basso costo di manodopera, mentre le ali e l'avionica siano gelosamente conservate dalle nazioni leader nel progetto. Approfondendo la metodica di lavoro per questi programmi di assemblaggio, l'organizzazione rispetta una struttura gerarchica a forma piramidale costituita da un vertice e da tre livelli produttivi, nella quale trovano posto tutte le imprese che, con diverse competenze e ruoli, collaborano. La riorganizzazione del settore tocca anche gli approvvigionamenti. Per far fronte a ciò è in corso di realizzazione un altro livello produttivo (collocato immediatamente al di sotto di quello principale) costituito da aziende provenienti da diverse aree geografiche, ma unite da un basso costo ed alto livello tecnologico (India) in grado d'offrire ricambistica di qualità.

Un elicottero medio da trasporto del tipo AB 205 ha, per esempio, 45.000 pezzi di ricambio che vanno sostituiti per "ore di moto" il che evidenzia come il reale costo per un aeromobile non sia tanto il prezzo di acquisto quanto la manutenzione. Generalmente il rapporto tra i due valori (quello di acquisto e la manutenzione) pur differenziandosi per modello e tipologia d'impiego comporta un 1:1,9 ovvero al prezzo di realizzazione del prodotto, se ne contrappone quasi il doppio per garantirne la funzionalità ed efficienza nei primi 5 anni di esercizio. In pratica, a conti fatti, l'acquisto e gestione di un aeromobile, nel primo quinquennio, comporta un "doppio acquisto". La partecipazione ai programmi di collaborazione internazionale, unita alle forti competenze mostrate, hanno consentito la crescita anche dell'industria aeronautica italiana e delle singole realtà che la costituiscono, la maggior parte delle quali (Alenia Aeronautica, Aermacchi, AgustaWestland) si sono andate consolidando intorno al gruppo Finmeccanica. Il gruppo, leader in Italia nel settore delle alte tecnologie, ha rafforzato negli anni la propria posizione sia a livello europeo che mondiale, grazie ai risultati conseguiti nel settore "ala rotante" (con AgustaWestland) ed in quello ad "ala fissa" (con Alenia Aeronautica ed Aermacchi). In particolare l'azienda principale del gruppo Finmeccanica, l'Alenia Aeronautica, risulta oggi al quinto posto per fatturato in Europa e tredicesima nel ranking mondiale. Per l'immediato futuro sono in corso collaborazioni tese ad allargare la rete di collaborazioni internazionali migliorando soprattutto il ruolo del Gruppo nella rete.

Grafico 3



## **La storia di un'avventura**

*Nasce con un eccesso d'improvvisazione obbligando lo Stato a massicci interventi per correggere idee sbagliate.*

L'industria italiana nel primo decennio del ventesimo secolo, ed in particolar modo per quella bellica, che aveva nello Stato Italiano il solo cliente, dipendeva dall'estero non solo per i progetti ma anche per le forniture di tutte le materie prime e dei semilavorati. Per questo motivo venne presentato, nel giugno 1912, un disegno di legge alla Camera dei deputati per promuovere l'industria aeronautica nazionale. Nell'ottobre dello stesso anno, fu pubblicato un bando per la fornitura di aeroplani militari da affidarsi all'industria privata contenente tra l'altro le *"Richieste all'industria nazionale di fornire ventotto aeroplani tipo Bristol 80 hp"* Il concorso non ebbe successo in quanto nessuna delle industrie che parteciparono riuscì a consegnare in tempo. Solo la Caproni appariva in grado di poter progettare autonomamente dei velivoli ad ala fissa.

Anche se il concorso si concluse con un nulla di fatto, fornì l'occasione per il definitivo ingresso nel mercato aeronautico di alcune ditte come la Fiat. Infatti, come spesso accade nella storia dell'industria, anche in questo caso lo sviluppo dell'auto è stato fondamentale per quello dell'aeroplano. Tuttavia questo settore dell'industria italiana iniziava il suo cammino in condizioni di generale impreparazione: era opinione diffusa, da parte degli imprenditori, che la costruzione di apparecchi per l'aviazione fosse cosa facile e largamente remunerativa. In questo modo, l'industria aeronautica italiana, all'inizio dimostrò una fortissima tendenza all'improvvisazione e scarso rendimento, tanto che furono sempre più necessari massicci interventi da parte dello Stato.

L'ingegner Gianni Caproni (1886-1957) che fu presente alla prima dimostrazione dei fratelli Wright, restandone folgorato, fu tra i primi ad affrontare in Italia la costruzione di aeroplani. grazie allo stabilimento di Vizzola Ticino (1910) dedicati ai monoplani. Ma i primi apparecchi prodotti non ebbero un'accoglienza favorevole tanto che la Caproni fu salvata dal Ministero della Guerra.

La moderna industria aeronautica italiana è segnata da 3 grandi nomi: l'IRI, l'EFIM e la Finmeccanica. L'IRI (Istituto per la Ricostruzione Industriale) nato nel 1933 per salvare del fallimento 3 banche d'importanza nazionale, rilevando il 20% azionario dell'intero capitale nazionale, giunse al massimo della sua influenza negli anni '50 finché nel 1993 venne dato il via ad un primo programma di privatizzazione. Dopo quasi 70 anni di attività, il 30 giugno 2000 l'IRI concluse il suo iter nell'economia nazionale.

L'EFIM ha avuto una storia molto più ridotta (1962-1993) e particolarmente concentrata sulle imprese del settore aerospaziale coinvolgendo ben 114 società.

La Finmeccanica nasce in ambito IRI per la cantieristica ed il ferroviario, convertendosi solo nei primi anni '70, con Fiat al settore aeronautico. Oggi Finmeccanica è la prima grande realtà italiana operante a livello globale nei settori aerospazio, difesa e sicurezza.

## **Un'arma strategica: la proiezione verso l'estero**

*In questo settore i mercati sono diventati globali e le collaborazioni internazionali rappresentano la regola pena scomparire.*

Chi ha potuto organizzare in forma strutturale la propria presenza all'estero è la Finmeccanica contribuendo a modificare gli equilibri industriali europei e mondiali. In questo modo dal riordino dell'armamento elettronico europeo del 1998, si passò a quello sui missili nell'anno successivo e quindi, nel 2000, all'annuncio a sorpresa, tra Finmeccanica e l'inglese GKN, creando la joint venture paritaria AgustaWestland. Tra i due partner quello in condizioni migliori era l'Agusta che nel dicembre 2000 consegnò il 100° A109 Power e che in soli 19 mesi dalla presentazione del simulacro dell'AB 319 riuscì a farlo volare a livello di prototipo. Per intendersi l'A109 sarebbe la rondine del cielo, l'elicottero in uso attualmente alla polizia italiana, e l'AB 319 rappresenta quello che normalmente si definisce "il mulo del cielo", ovvero una macchina di media potenza, idonea a

sostituire gli AB 205 così diffusi ed anche resi famosi dai film sul Vietnam. Riprendendo l'audace campagna internazionale della Finmeccanica, nel 2004 ci fu una grande novità: ciò che quattro anni prima in AgustaWestland era al 50% divenne d'integrale controllo societario del marchio italiano. Con quest'ultima affermazione clamorosa, la statunitense Bell, ( il primo costruttore d'elicotteri mondiale che permise all'Agusta, di proprietà dell'allora Conte Agusta, negli anni Cinquanta grazie ad una serie d'assemblaggi su licenza, di nascere come industria elicotteristica ) cedette al nuovo gruppo italiano l'integrale realizzazione dell'AB 319 ribattezzato AW139.

Contemporaneamente AgustaWestland ha confermato il suo interesse per il convertiplano (una macchina che decolla come un elicottero e vola come un aereo) BA609 portando la sua quota di partecipazione dal 25 al 40% incrementando gli investimenti nella fase di sviluppo.

L'Italia, non senza polemiche, era nel frattempo uscita dal programma europeo del trasporto A400M (ex FLA) ritirandosi proprio al momento della firma decisiva il 18 dicembre 2001. Un comportamento che l'Europa non gradì e che venne giustificato dai costi del programma Eurofighter considerato un impegno prioritario ed irrinunciabile.

Se l'Italia usciva come paese partner dal programma, AVIO (nuovo nome di Fiat Avio dal luglio 2003) continuava a collaborare con il consorzio europeo EuroProp International realizzando la trasmissione di potenza del motore dell'A400M che era la più grande mai realizzata in occidente, in grado di sviluppare oltre 10.000 cavalli. Il primo motore completo TP400-F6 per l'A400M ha così girato al banco presso la MTU in Germania il 28 ottobre 2004. Sempre in ambito di aerei da trasporto, per il comparto militare, a gennaio 2007 sono iniziate le consegne all'Aeronautica Militare Italiana dei 12 C-27J ordinati. (evoluzione del G222 che fu presentato nel 1972 a Torino dall'Aeritalia). Il velivolo ha anche conseguito un piccolo successo all'estero grazie a vendite alla Bulgaria, Romania, Grecia, e Lituania

Nel 2005 è nato il comparto dell'Elettronica per la Difesa di Finmeccanica che, dopo la firma dell'accordo definitivo con la BAE System, è divenuto il secondo operatore europeo ed il sesto al mondo nel settore, con un fatturato complessivo che supera i 3 miliardi di euro ed impiega circa 19.000 dipendenti. L'operazione, insieme all'acquisizione della totalità di AgustaWestland ed alla creazione della Space Alliance, era uno dei pilastri sui quali Finmeccanica stava realizzando i propri obiettivi di crescita dimensionale, internazionalizzazione e rafforzamento delle aree d'eccellenza e contribuiva in maniera sostanziale alla focalizzazione del Gruppo nel core business dell'Aerospazio e Difesa. Nel frattempo anche Alenia Aeronautica si muoveva sui mercati internazionali. Nel febbraio 2002 aveva firmato l'accordo di collaborazione con Boeing per lo sviluppo del nuovo trasporto commerciale indicato all'epoca Boeing Sonic Cruiser e che sarebbe poi divenuto il Boeing 787 Dreamliner. Si trattava della naturale continuazione della collaborazione che aveva riguardato i modelli 757/767/777 e 717, ma trasferita a livelli tecnologici superiori per la struttura in compositi del velivolo. Sempre in campo civile, nel giugno 2006, Finmeccanica e Sukhoi Aviation Holding, e le loro controllate Alenia Aeronautica e SCAC (Sukhoi Civil Aircraft Company) hanno firmato l'accordo per la partnership strategica sul programma RRJ (Russian Regional Jet) che prevede la progettazione, sviluppo, produzione, marketing e supporto tecnico di una famiglia di jet regionali di nuova generazione di capacità tra i 75 ed i 100 posti.

Ma l'Eurofighter il programma che ha polarizzato in questi ultimi venti anni non solo l'interesse, ma anche i fondi disponibili con un'altalena di frenate e di accelerazioni che hanno messo a dura prova non solo i grossi costruttori europei ma anche i molti componentisti che avevano investito soldi ed energie ingegneristiche in equipaggiamenti e sistemi non trasferibili su altri prodotti, tanto meno commerciali.

Così, nonostante i ritardi, le pressioni dell'industria statunitense e le difficoltà di una collaborazione internazionale a quattro, l'Eurofighter ha raccolto 620 ordini dai partner, ma una sola commessa all'esportazione (Austria) nonostante le numerose campagne commerciali avviate in tutto il mondo. A fine 2006 ne erano stati consegnati oltre 100 e proprio a fine anno ha volato il primo velivolo allo standard finale della Tanche 1 di produzione (il cosiddetto Bloch 5) che amplia l'inviluppo di volo e le capacità operative. Nel programma Eurofighter, seguendo la falsariga del Tornado, sono presenti

come capogruppo per l'Italia, Alenia Aeronautica con una partecipazione del 21% sulla cellula (ala sinistra sezione posteriore) e AVIO con il 20% sul motore Eurojet EJ200 (trasmissione comando accessori, turbina bassa pressione e post-combustore).

Se l'industria nordamericana non è riuscita a far saltare il programma Eurofighter, si è però aggiudicata il passo successivo con il Joint Strike Fighter. Infatti nel giugno del 2002 venne siglato l'accordo di Finmeccanica (quale azienda leader nazionale per le 18 imprese italiane operanti nel settore velivolistico con in testa Alenia Aeronautica), Galileo Avionica ed Elzag per la partecipazione industriale al prodotto JSF.

Ovviamente la cronaca internazionale dell'industria aeronautica italiana potrebbe arricchirsi di ulteriori particolari, ma ai fini di questo dossier, sorge ora la necessità di trarre delle conclusioni ed insegnamenti. Quanto realizzato da questo tipo d'impresa è replicabile nelle altre tipologie produttive, ma soprattutto è necessario seguire questo esempio oppure si tratta solo di un'esasperazione settoriale? Indubbiamente la costruzione di aerei come per le navi ha sempre rappresentato la punta avanzata dell'industria che "realizza i manufatti", anticipando quello che sarebbero poi stati gli standard per gli altri settori. Quindi la vera domanda che si pone a chi produce in Italia, anche per l'esportazione, è: il mercato globalizzato del futuro (entro i prossimi 36 mesi) sarà paragonabile a quello aeronautico per cui chi non si allea con altri partner sia nazionali che esteri è destinato a scomparire dal mercato? L'ipotesi più credibile è che per tutti gli altri operatori economici e le PMI in generale il mercato non sarà paragonabile a quello aeronautico, ma ciò non toglie che per fatturare e vendere di più a costi più bassi non sarà più necessario andare in Cina/India, ma basterà trovare sinergie in Europa. In pratica la delocalizzazione non è l'unica scelta per operare sui mercati internazionali perché allo stato attuale ha consentito di abbassare i prezzi di produzione, ma non ha ampliato i mercati. Serve quindi una nuova politica del prodotto che non si limiti al mero prezzo tale da persuadere i consumatori che la qualità è benessere di vita e che il prezzo risponde a ciò, servono invece prezzi che spieghino il loro onore come civiltà e rispetto del lavoro contrariamente al bisogno di arricchimento degli operatori. Se si entra in questa logica, a costo di uscire fuori tema rispetto al dossier, non si produce soltanto ma si fa cultura della produzione e del consumo. Quindi non serve solo abbattere i costi (vedi delocalizzazione) ma ampliare i mercati e questo è possibile con le produzioni transnazionali tali per cui molti operatori partecipano in percentuale alla realizzazione del prodotto. Questa è la lezione che l'industria aeronautica è in grado di consegnare alle PMI italiane.

## **I particolari che fanno grande un'industria**

*Ma cosa serve all'industria aeronautica?*

L'elenco delle necessità dell'industria aeronautica non è scrivibile come se fosse la lista della spesa, ma un esempio può bastare. L'ultimo modello prodotto dal consorzio Airbus è un velivolo da 500 passeggeri su 2 ponti. Per garantire un confort innovativo alla clientela sono state previste delle novità che impegnano diversi tipi di produttori. Si riporta in stralcio la descrizione del volo augurale del l'A 380 avvenuto in questa primavera 2007 tesa a descrivere i particolari di confort su cui oggi si misurano le compagnie aeree:

“Tutti i posti hanno sia schermi con Pc portatili che visori collegati a tre telecamere in grado di far vivere al passeggero più dimensioni del volo. Le 3 visioni sono: sul carrello d'atterraggio anteriore, una ventrale e l'ultima collocata sulla sommità della deriva (sopra la coda dell'aereo) consentendo di seguire in diretta rullaggi, decolli ed arrivi. In questo modo, la partecipazione del passeggero è paragonabile a quella che si avrebbe se fosse silenziosamente seduto dentro la cabina di pilotaggio. Il visore del passeggero è governabile con telecomando selezionando la visuale gradita.”

Ma a questi particolari che riguardano l'informatica e le trasmissioni d'interni c'è anche dell'altro.

“La silenziosità della cabina conquista all'istante, non solo i passeggeri, ma anche le assistenti di volo, giungono più riposati a destinazione. Tutto ciò è credibile grazie a delle sonde sparse per la cabina in grado di controllare tutti i parametri di volo, ivi inclusa la temperatura ai piedi dei

passaggeri fila per fila. Ma questo non è solo per il confort. Le ultime norme hanno abbassato la temperatura di conservazione del cibo di 5 gradi e ciò comporta refrigerazione e controllo. L'architettura interna, è ovvio, modifica i flussi dell'aria e la ventilazione: l'aria viene fatta ricircolare e deve essere mantenuta alla stessa pressione, sopra e sotto i 2 ponti di volo, con un costante monitoraggio (in coda tende ad aumentare per la maggiore densità dei posti occupati) ”

Secondo questo rapporto qui serve all'industria aeronautica anche quella dell'insonorizzazione e climatica con norme di HCCP.

“Non vi saranno docce, anche se tecnicamente non vi sono ostacoli, ma i bagni sono molto spaziosi e spesso dotati di finestrino sull'esterno”

Come osservato e tratto solo da un repor di volo inaugurale, le necessità dell'industria aeronautica sono così tante ed articolate che c'è posto per tutta la creatività possibile ed immaginabile che le PMI possano progettare, sviluppare ed offrire. Ma c'è questa mentalità di coordinazione?

### **Una materia prima: il Magnesio**

*Elencare le materie prime che rendono leader l'industria aeronautica, trasforma un dossier in un trattato di metallurgia e non è questo lo scopo per cui viene redatto questo rapporto. Però va ricordato il parallelismo tra il successo di un'impresa e la materia prima che ha scelto per competere sui mercati. Solo da questo binomio o comunque coordinazione tra più materiali e processi produttivi, nasce il successo.*

Fra la Prima e la Seconda Guerra Mondiale, il Magnesio fu usato per applicazioni di nicchia nell'industria nucleare (allora sperimentale) e nella produzione di aerei militari. Dopo la guerra la Volkswagen, nota casa automobilistica tedesca, nata sulle macerie dell'industria metallurgica bellica, ha impiegato, per esempio, nell'autovettura “Maggiolino” molte componenti costruite in magnesio il che fu rivoluzionario all'epoca e consentì delle strategie di prezzo tali da ottenere un grande successo commerciale in tutto il mondo.

La sempre maggiore richiesta di ridurre il peso dei componenti dei veicoli, in accordo con la legislazione che limita le emissioni di anidride carbonica (accordo di Nizza del 9 marzo 2007) ha portato ad un nuovo interesse nei confronti del Magnesio. Il consumo di questo metallo che nel 1944 era approssimativamente di 228.000 tonnellate, al termine del secondo conflitto crollò ad appena 10.000 tonnellate/annue. La crisi nell'uso del Magnesio proseguì anche negli anni '70, dove si registrò un forte calo nell'industria automobilistica mondiale, tanto da far pensare che questo metallo non poteva rappresentare il futuro nonostante le sue caratteristiche; le ragioni erano l'elevato e fluttuante costo della materia prima, i costi di trasformazione ed i grossi problemi di resistenza alla corrosione.

Nel 1998, con un rinnovato interesse vero i metalli leggeri, in seguito alla seconda crisi energetica verificatasi alla fine degli anni Settanta, la richiesta di Magnesio è salita a 40.000 tonnellate/annue confermandosi negli anni successivi con una velocità di crescita intorno al 7% annuo. A questo punto è importante elencare i vantaggi nell'impiego del Magnesio e delle Leghe di Magnesio che sono:

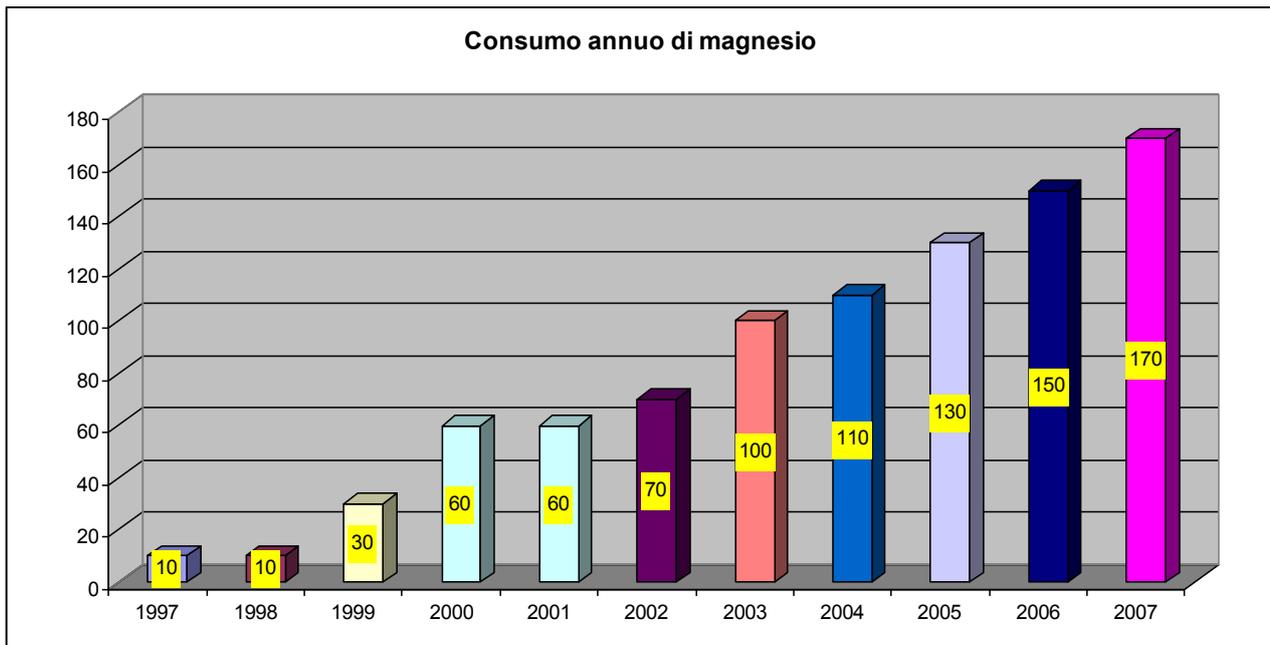
- minore densità rispetto a qualsiasi materiale metallico con impieghi strutturali;
- elevata resistenza specifica;
- buona colabilità, ottenibile con elevate pressioni durante il processo di presso-fusione;
- possibilità di essere lavorato con elevate velocità di taglio;
- buona saldabilità con sistemi ad atmosfera protetta;
- buona resistenza a corrosione delle leghe ad elevata purezza;
- abbondanza in natura;

Comparato con i materiali polimerici, possiede le seguenti qualità:

- migliori proprietà meccaniche;
- resistente all'invecchiamento;
- migliori qualità di conducibilità elettrica e termica;

- ottime caratteristiche di riciclabilità.

Grafico 4



Fonte: Prof. DAN ELIEZER, *WORKSHOP ON LIGHT MATERIALS*, presentazione presso Università di Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali, 19-25 Maggio 2003;

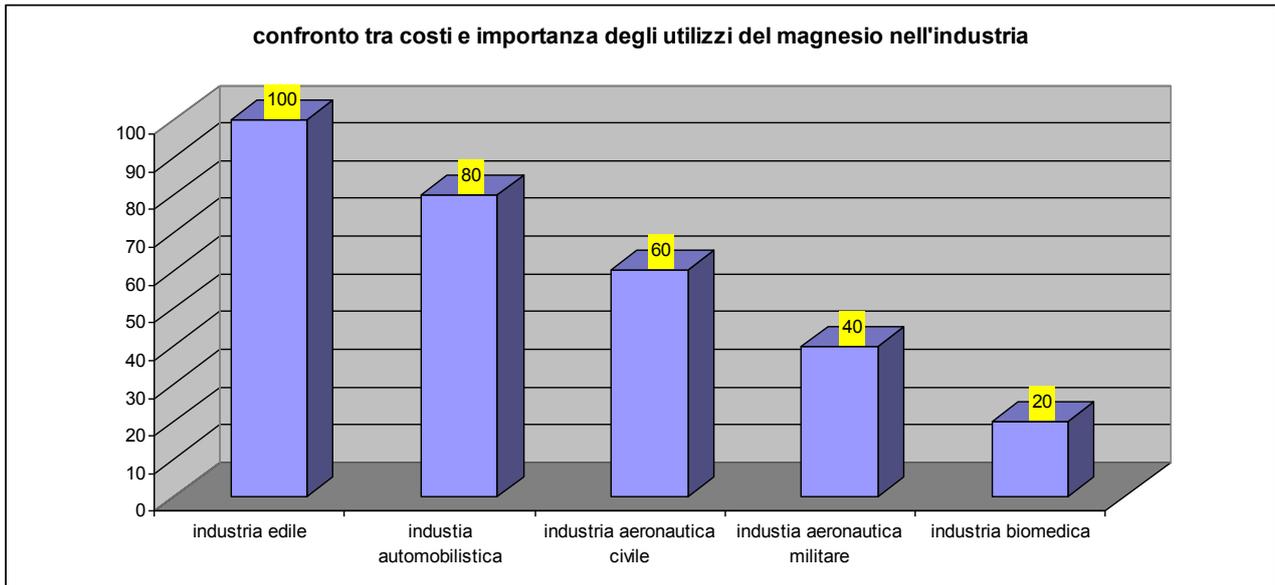
Una delle importanti caratteristiche che fanno del magnesio un metallo unico è la sua bassa densità unita ad un buon modulo elastico ad una elevata resistenza specifica, come normalmente viene evidenziato dalle mappe di Ashby.

Non solo, ma le leghe di magnesio possiedono anche una buona lavorabilità alle macchine utensili grazie alla loro colabilità; inoltre la stabilità dimensionale, conferisce una velocità di ritiro costante durante la solidificazione e la quasi assenza di stress dovuti al ritorno alle dimensioni originarie..

Queste caratteristiche, fanno del magnesio e delle sue leghe, materiali appetibili per l'industria dei trasporti ed aeronautica. La possibilità del suo impiego come materiale strutturale permette di ridurre il peso dei veicoli, e conseguentemente di contrarre il consumo di carburante. Questo in accordo con l'obiettivo che le case automobilistiche Europee e del Nord America si sono prefissate per il 2010 nei termini di una riduzione del 30% delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

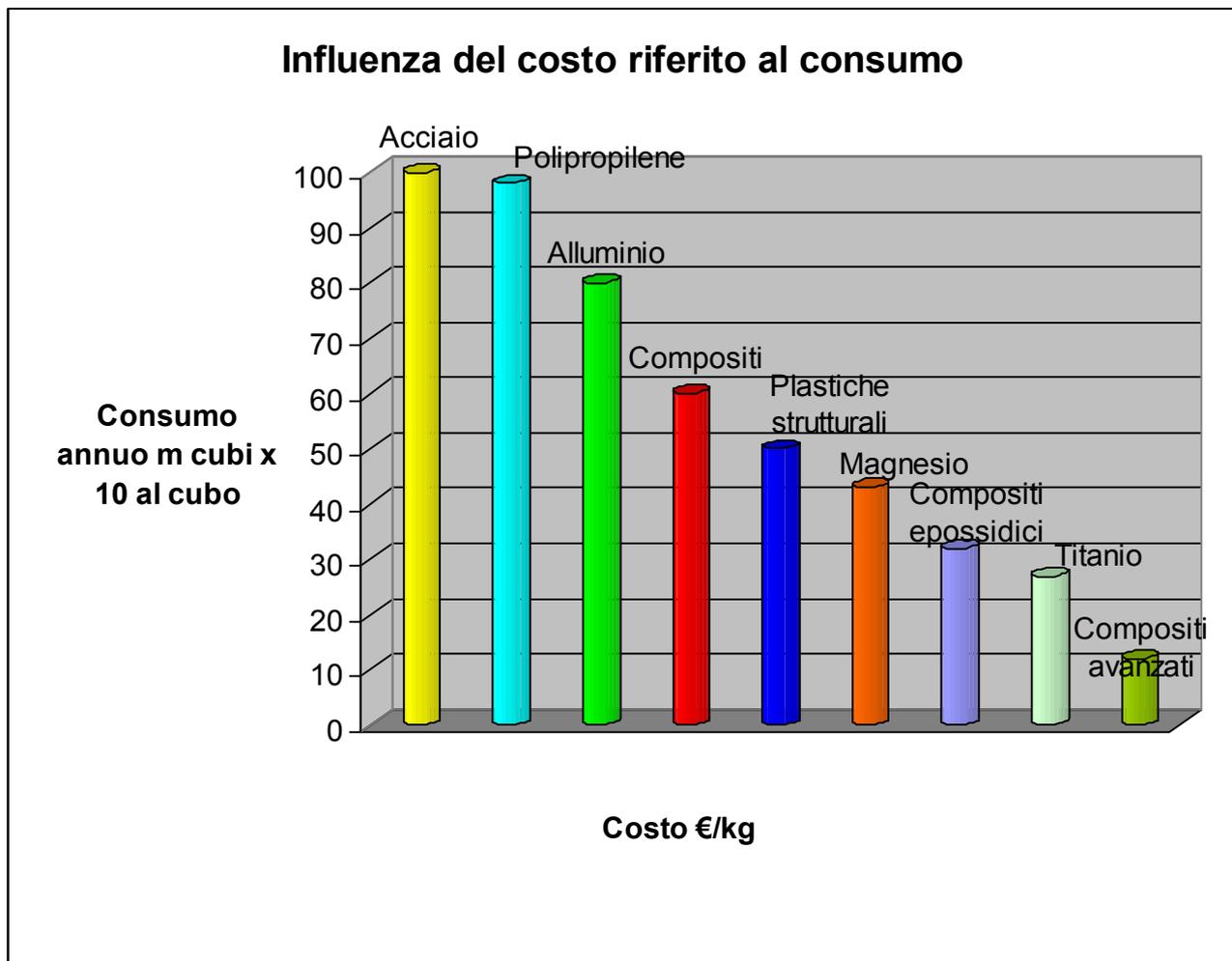
Infine ci sono, non ultime, delle considerazioni economiche che vanno prese in considerazione, specie all'indomani del forte aumento dei prezzi dei metalli dal 2004 ad oggi. La dinamica dei prezzi del Magnesio ha sicuramente favorito il suo grande e recente sviluppo nell'industria attraverso le sue leghe e nuove applicazioni tecnologiche. Si osservino le grafiche predisposte per descrivere il rapporto Costo/performance nei vari settori industriali e l'influenza del prezzo riferito al consumo dei vari materiali:

Grafico 5



Fonte: Prof. DAN ELIEZER, *WORKSHOP ON LIGHT MATERIALS*, presentazione presso Università di Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali, 19-25 Maggio 2003;

Grafico 6



Fonte: Prof. DAN ELIEZER, *WORKSHOP ON LIGHT MATERIALS*, presentazione presso Università di Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali, 19-25 Maggio 2003;

BOX

LE LEGHE PER L'AERONAUTICA

Le qualità che fanno preferire il Magnesio, rispetto ad altre leghe nella produzione di componenti aeronautici, sono la bassa densità e la resistenza specifica, a causa della sempre maggiore richiesta di riduzione di peso e migliore affidabilità. Il Magnesio è utilizzato molto nella parte del compressore nei motori aeronautici, come pure nella struttura portante del velivolo stesso e nei cerchi del carrello. In particolare il Magnesio offre un buon rapporto resistenza/densità nei prodotti ottenuti per colata, ed un rapporto, altrettanto buono, tra rigidità e densità nei prodotti ottenuti per deformazione plastica, uniti alle caratteristiche di resistenza a temperature elevate, ad impatto ed a fatica. Solitamente vengono impiegate le seguenti leghe, che inoltre posseggono ottima resistenza alla corrosione:

**ZE41** (Mg-4.2Zn-0.7Zr-1.3MM)

**QE22** (Mg-0.7Zr-2.5Nd-2.5Ag)

**WE43** (Mg-4Y-3.25Nd-0.5Zr)

I prodotti colati in sabbia trovano impiego nei velivoli corazzati, mentre per presso-fusione si ottengono componenti di radar.

BOX

#### LE LEGHE PER ELICOTTERI

La spinta allo sviluppo della tecnologia sia di produzione che di ottimizzazione delle leghe base Magnesio, è da ricercarsi principalmente nell'industria bellica. Le leghe che solitamente venivano utilizzate erano la **ZE41** e la **QE22** per la proprietà di resistenza ad elevate temperature. Recentemente queste ultime sono state sostituite dalle **WE43** e **WE54**, ovvero leghe contenenti Ittrio, Neodimio e Zirconio, che abbinano un buon comportamento a creep ad una eccellente resistenza a corrosione tramite rivestimenti al plasma, contenuti Cadmio ed alluminio-ceramiche.

BOX

#### LE LEGHE PER LA MISSILISTICA

La resistenza e la rigidità abbinate alla facilità di produzione e alla bassa densità, fanno delle leghe a base di Magnesio un materiale appetibile per l'industria missilistica e spaziale. Tuttavia, i progettisti di sonde spaziali e di impianti missilistici richiedono anche altre caratteristiche dai materiali impiegati; le condizioni di volo nello spazio sono molto problematiche visti gli sbalzi termici dovuti sia al riscaldamento aerodinamico che al passaggio in zone d'ombra, il contatto di alcuni componenti con combustibili liquefatti piuttosto che il bombardamento da radiazioni elettromagnetiche ad onda corta ed alta energia e dai micro meteoriti e la presenza di vuoto con pressioni dell'ordine 10-11 mmHg.

Solitamente vengono utilizzate leghe di Magnesio sotto forma di:

**Laminati:** per coperture, rinforzi, paratie formate e pannelli del piano di comando, anelli, condotti di aria, coni e corpi degli espulsioni, serbatoi del sistema pneumatico delle antenne di radar e dei portelli, traverse.

**Estrusi:** carenature esterne, supporti e staffe, traverse del piano di comando dell'impianto idraulico e dei collegamenti.

**Fusione:** alette di irrigidimento degli anelli del motore, settori delle ali ed elementi di sostegno.

Vengono, per esempio, impiegate leghe **EZ33** per fusione in sabbia nella costruzione del razzo di ricerca "Skylark", però in generale si hanno informazioni scarse sulle leghe impiegate nell'industria missilistica. In linea di massima si può affermare che la tipologia di lega del tipo **ZK51**, contenenti Zinco e Zirconio, e quelle **ZE41** vengono entrambe impiegate per ottenere componenti strutturali per fusione mentre le leghe del tipo **LA141** trovano impiego per le basse temperature.

BOX

#### L'IMPORTANZA DEL MANICHINO

Negli ultimi cinquant'anni, le unità antropomorfe di prova (i manichini per i crash test) hanno cambiato molto la loro figura originaria: da veri e propri manichini sono passati ad assumere una "natura" più collegata all'aspetto e bisogni umani, diventando perfezionati strumenti di valutazione soprattutto nell'industria automobilistica. Infatti, osservando i risultati emersi in questo dossier, la correlazione tra le industrie aeronautica, spaziale e quella automobilistica e siderurgica-plastica sono molto intense e correlate sia per prodotti che scenari.

I primi di questi manichini risalgono agli Anni '40: erano usati come surrogati dei piloti militari nelle prove d'espulsione dalla cabina del velivolo. Nel 2000 la NHTSA (istituita nel 1980 dall'esperienza GM in grado di stabilire gli standard per i manichini per i crash test) ha approvato tre nuovi membri dell'ultima famiglia, denominata Hybrid III, fra cui un manichino-bambino di 3 anni, e di 6 anni con un altro, ancora piccolo, ma di sesso femminile. I lavori continuano per definire un altro grande manichino, ma di sesso maschile ed uno che rappresenti il bimbo di età 10 anni; entrambi dovrebbero entrare "in servizio" nei prossimi mesi.

## **Il futuro**

*I dischi volanti come metodica di volo per le linee aeree commerciali?*

La Boeing, la più importante azienda produttrice di aerei del mondo, ha in corso, sin dalla fine del 2004 studi per la realizzazione di un aereo antigrafità che rappresenta la logica conseguenza delle applicazioni "stheft" (invisibilità ai radar) in uso, da qualche anno, con i bombardieri B2

La compagnia di Seattle, per avanzare in questo progetto, sta cercando la collaborazione di scienziati Russi che hanno già sviluppato l'antigravità in motori durante delle sperimentazioni in Russia ed in Finlandia anche se, ufficialmente questo progetto non esiste per la scienza "ufficiale" Russa. In particolare la Boeing sta cercando una collaborazione con lo scienziato che si occupa del progetto, il Dott. Evgeny Podkletnov, che ha chiamato il suo progetto: "GRASP" – Ricerca sulla Gravità per una propulsione avanzata spaziale, afferma che se si può modificare la gravità.

In pratica (ma allo stadio ancora sperimentale) l'apparecchio protetto dall'attrazione terrestre dovrebbe essere così strutturato:

1° Dei solenoidi creano un campo magnetico

2° Un anello di ceramica di eccellente-conduttore in rotazione

3° Azoto liquido (funge da liquido di raffreddamento)

4° Il scienziato Podkletnov afferma che il peso può essere ridotto del 2% (1 kg = 980 g)

L'obiettivo dell'intero progetto è quello d'esplorare la propulsione senza propellente (la parola usata dall'industria aerospaziale al posto di antigravità). Con questo sistema non ci saranno limiti per le sue applicazioni che includeranno il lancio di astronavi, gravità artificiale sulle astronavi ed elettricità senza propellente, chiamata anche "energia libera".

L'idea nacque da esperimenti condotti dal dott. Podkletnov all'Università di tecnologia di Tampere, in Finlandia nel 1992 dove si osservò oggetti posti sopra un disco in ceramica superconduttore, in rotazione su magneti potenti, perdevano del peso. La diminuzione della gravità era debole, circa il 2 %, ma le implicazioni - ad esempio in termini di riduzione dell'energia necessaria ad un aereo per volare erano immensi. Posto al vaglio di altri scienziati, il lavoro di Podkletnov è stato dichiarato non applicabile alla concreta realtà ma la Boeing la pensa diversamente. Non solo ma il settore militare del gruppo di alta tecnologia britannica BAE Systems, lavora oggi su un programma anti-gravità denominato "progetto Greenglow" (luce verde).

## **Il chi è del mondo aeronautico**

*Per fare affari con un settore produttivo bisogna conoscerne almeno i nomi e l'indirizzo dei principali protagonisti a cui offrire la propria collaborazione, ecco lo spirito di questo breve elenco. Di cosa ha bisogno l'industria aeronautica? Si parla di idee semplici, a basso costo ed alta praticità come ad esempio gli specchietti retrovisori per gli elicotteri da combattimento (l'A-129*

elicottero da guerra dell'Agusta ha prelevato dal modello "Ritmo" della Fiat gli specchietti retrovisori)

Finmeccanica Spa: <a href="http://www.finmeccanica.it">www.finmeccanica.it</a> è l'holding italiana aeronautica più importante del paese;
Alenia Aeronautica Spa: <a href="http://www.alenia.it">www.alenia.it</a> 10 sedi italiane, opera nel settore velivoli militari e civili;
Provest Srl: <a href="http://www.provest.it">www.provest.it</a> distribuisce parti di ricambio meccaniche/elettriche per aerei e spazio;
Air System Srl: <a href="http://www.airsystem.it">www.airsystem.it</a> realizza eliporti "chiavi in mano";
Northern avionics: <a href="http://www.northern-avionics.com">www.northern-avionics.com</a> supporto e vendita di apparati aeronautici;
Fluid-mec-soft Sas: <a href="http://www.fluid-mec-soft.com">www.fluid-mec-soft.com</a> sviluppo di software tecnici;
Avtek Srl: <a href="http://www.avtek.it">www.avtek.it</a> nel campo degli ultraleggeri offre montanti alari ed estrusi, eliche e ruote;
Simonini Flying Srl: <a href="http://www.simonini-flying.com">www.simonini-flying.com</a> produce motori per il volo leggero;
SAM: <a href="http://www.technapoli.it">www.technapoli.it</a> consorzio di piccole imprese del settore aerospaziale;
Atitech: <a href="http://www.atitech.it">www.atitech.it</a> assicura la manutenzione degli aerei;
Aersud Elicotteri Srl: <a href="http://www.aersud.it">www.aersud.it</a> rappresenta in Italia il gruppo Eurocopter;
Aermec 83: <a href="http://www.aermec83.com">www.aermec83.com</a> fornisce parti di ricambio;
Ramphos: <a href="http://www.ramphos.com">www.ramphos.com</a> produce lo scafo anfibia per gli idrovolanti.

#### DOMANDE PER L'INGEGNER RAGNI DI ALENIA AERONAUTICA DA PARTE DELLA TESTATA *UTENSILI TECNICI* DEL GRUPPO TECNICHE NUOVE -SPA

Prima di andare su domande più specifiche, qual è stato il trend nel corso del 2006 e quali sono le previsioni per il 2007 per il settore Aeronautica nel mondo e in particolare per Alenia-Aeronautica?

L'industria aeronautica è in forte crescita nel mondo e sta attraversando un periodo di consolidamento che la trasformerà ulteriormente rispetto ad oggi, con nuovi soggetti aggregati in grado di recitare un ruolo sempre più incisivo sul mercato. Tra questi Finmeccanica che con opera nel settore tramite Alenia Aeronautica e le sue controllate: Alenia Aermacchi, Alenia Aeronavali, Alenia SIA e Quadrics.

Nel 2006 Alenia Aeronautica e le sue controllate hanno registrato **ricavi** per 1.908 milioni di euro con un incremento di 119 milioni (+7%) rispetto ai 1.789 milioni registrati nel 2005. Il **risultato Operativo (EBIT)** è stato pari a 203 milioni di euro, in rialzo (+22%) rispetto ai 166 milioni dell'esercizio precedente. Il **ROS** del settore è al 10,6% rispetto al 9,3% del 31 dicembre 2005. **Gli ordini sono stati** pari a 2.634 milioni di euro, mentre il portafoglio ordini è **pari a 7.538 milioni di euro, in crescita di 673 milioni rispetto al dato di fine 2005 (6.865 milioni)**. **L'organico del gruppo era a fine 2006** di 12.135 unità rispetto alle 11.198 del 31 dicembre 2005, con un aumento di 937 unità.

Il 2007 è un anno di ulteriore crescita con un incremento delle attività in particolare nel settore degli aerei civili.

#### 2. Ci può brevemente fare la storia della Alenia-Aeronautica e dire di cosa si occupa?

Nasce intorno agli anni 68 - 70 con la fusione ed acquisizione da parte dell'IRI di due importanti e storiche realtà operative in Italia, la prima, la FIAT AVIO a Torino dedicata alla progettazione, fabbricazione e consegna dei velivoli militari al cliente istituzionale ( G86, G91, F104, G222, Tornado ), la seconda, l'Aerfer in Pomigliano, dedicata principalmente alla progettazione e fabbricazione di componenti di velivoli civili. Successivamente è iniziato un importante processo di integrazione tra le due realtà che, con successivi processi di reengineering, ha portato alla situazione attuale che vede l'Alenia dotata dell'intera filiera delle competenze e capacità necessarie per giocare il ruolo di Primer nell'industria aeronautica mondiale.

Gli addetti sono circa 9000 ripartiti su vari stabilimenti tutti aventi uno specifico focus progettuale/ produttivo.

In particolare nell'area di **Torino / Caselle** insiste la progettazione dei sistemi, i simulatori di volo, l'integrazione con le linee di montaggio finale dei velivoli, le prove di volo e la consegna al cliente.

Nell'area **campana** sono attivi gli stabilimenti di Pomigliano, Casoria, Nola e Capodichino con la progettazione delle aerostutture, la fabbricazione delle parti ed il montaggio finale di intere porzioni di velivoli civili (barili di fusoliera e superfici aerodinamiche).

Nell'area **pugliese** è presente lo stabilimento di Foggia in cui è concentrata gran parte delle produzioni dei componenti in composito, e lo stabilimento di Grottaglie, operativo da appena un anno, dedicato esclusivamente alla produzione automatizzata dei barili di fusoliera in composito del Boeing 787.

Negli ultimi anni Alenia Aeronautica ha partecipato a tutti i più importanti programmi aeronautici militari e civili, europei e statunitensi. Ai già citati programmi militari bisogna aggiungere l'EFA ed il recente inizio delle attività di produzione dell'ala del velivolo JSF per conto di Lockheed.

In ambito civile si sono prodotti e consegnati alle avio linee circa 1500 velivoli ATR, tra cui alcuni in versione Guardia Costiera, ed inoltre segmenti di fusoliera e di superfici fisse e mobili di quasi tutti i velivoli passeggeri Boeing e Mac Donnell Douglas, fino ai tronchi di fusoliera centrale del velivolo A380. e del Boeing 787 – Dream Liner interamente in composito.

### **3. Quanto del fatturato Alenia Aeronautica viene dedicato alla Ricerca e Sviluppo?**

Nel 2006 Alenia Aeronautica ha investito in **ricerca e sviluppo** 486 milioni di euro rispetto ai 405 milioni del 2005.

### **4. Quali attività svolgete all'interno e quali affidate al lavoro di subfornitori?**

Alcuni anni fa il principio che guidava tale scelta era basato sulla comparazione di due costi: il prezzo da pagare per acquistare un componente da un fornitore ed il costo di fabbricazione - dello stesso componente - risultante dalla somma del costo del materiale da usare e dei costi sostenuti per lavorarlo.

Oggi questa impostazione "classica", sempre valida, deve essere meglio specificata. in quanto acquistiamo all'esterno o lavoriamo internamente, anche in funzione delle macchine ed impianti di cui disponiamo.

Si può dire che la valutazione di "Make or Buy" dipende dalle valutazioni fatte a monte, quando sono state scelte ed acquistate le attrezzature per la fabbricazione. Pertanto, oggi acquistiamo da un fornitore esterno quelle attività che non possiamo fare in casa, anche per mancanza di attrezzature o perché eccedono la capacità produttiva degli impianti disponibili. In questo scenario la scelta tra le soluzioni possibili dipende dalla disponibilità, o meno, di fornitori esterni di adeguata capacità operativa, muniti di macchine ed impianti idonei. Se tali fornitori sono disponibili, ci poniamo l'alternativa tra adeguare l'apparato produttivo interno alle nuove esigenze aziendali o passare le lavorazioni in questione ad un fornitore esterno. Se, invece, non esistono fornitori con le capacità richieste, non rimane altro che provvedere ad adeguare le capacità produttive aziendali.

### **5. Cosa significa diventare fornitore Alenia?**

Nei prossimi anni è previsto che Alenia partecipi ad importanti programmi con utilizzo di tecnologie innovative ed una significativa crescita dei volumi, sia per le produzioni interne sia per quelle dei propri fornitori.

I fattori critici di successo per far fronte ai futuri impegni dipenderanno non solo da un assetto industriale interno ottimale, ma anche e soprattutto dal supporto di una Supply Chain affidabile, competitiva a livello internazionale ed in grado di supportare la crescita complessiva del sistema produttivo.

In questo contesto di grande crescita, essere fornitore Alenia significa:

- disponibilità ad investire per migliorare i flussi produttivi;
- attitudine verso la condivisione del rischio;
- Impegno a migliorare la sua posizione di costo;
- disponibilità alla crescita, anche a livello internazionale, per sfruttare opportunità provenienti da aree geografiche particolarmente competitive.

#### **6. Quali sono gli aspetti determinanti per la scelta dei vostri fornitori in generale e in particolare di macchine utensili?**

La scelta di un fornitore di primo livello dipende - oltre che dall'accertamento della capacità tecnica specifica, necessaria per fornire il prodotto che si intende acquistare (capability assessment) - anche dalla verifica dell'impegno richiestogli in termini di assorbimento della sua capacità produttiva e di incidenza sul suo volume di affari.

Affidarsi in modo incondizionato ad un fornitore, senza aver fatto un "capacity assessment", comporta il rischio, soprattutto in situazioni, come quella attuale, di rump-up dei programmi, che il fornitore non possa rispondere adeguatamente per problemi di struttura. Inoltre, un'incidenza troppo bassa del nostro ordine sul volume di affari del fornitore, può indurlo a far fronte alla fornitura con inadeguati livelli di efficienza ed efficacia.

#### **7. Percentualmente possedete più macchine di produzione straniera o italiana?**

Di produzione straniera.

#### **8. Cosa apprezzate particolarmente di queste macchine e del relativo servizio?**

La consolidata esperienza nel settore, un prodotto già al lavoro per lo stesso impiego, l'assistenza ed il supporto alla produzione.

#### **9. L'introduzione sul mercato di nuovi materiali sempre più performanti, vi obbliga a rinnovare spesso il vostro parco macchine utensili?**

Un nuovo prodotto impone spesso nuovi investimenti, quindi la necessità di essere sempre in prima linea con le nuove tipologie di macchinario e talvolta anche nuovi stabilimenti.

Da questo punto di vista è significativo ed emblematico il caso dell'introduzione dei materiali compositi per le strutture primarie dei velivolo, prima le superfici (ala ed impennaggi) e recentemente anche per le fusoliere.

L'introduzione del materiale composito (Fibra di Carbonio in un sistema di resina epossidica) con i suoi processi tipici della "cocura" e del "cobonding", insieme agli alti ratei produttivi oramai tipici del mercato aeronautico, hanno fatto emergere la necessità di macchine, di sistemi ed in certi casi di vere e proprie celle di produzione, tutte altamente automatizzate ed in alcuni casi da sviluppare sulla tipologia del prodotto. Questi sistemi produttivi sono altamente interconnessi con la qualità della parte che deve essere fabbricata e quindi sempre caratterizzati da un elevato tasso di innovazione tecnologica sia dal punto di vista della qualità della parte che della produttività.

Si tratta ad esempio di sistemi altamente produttivi per la laminazione del composito preimpregnato (tapes o tows), oppure di macchine di taglio e di formatura del preimpregnato, di celle per il controllo non distruttivo US del prodotto dopo la polimerizzazione in autoclave, oppure di sistemi di assemblaggio automatico di parti in composito e metallo, in cui la fase di "Holes preparation" e del successivo "Fastening" è automatica, senza disaccoppiamento delle parti, pur nel rispetto degli elevati standard di qualità richiesti.

Anche le macchine per la contornitura e fresatura pur derivate dai tradizionali sistemi per il metallo, implementano specifici sistemi di protezione dalle polveri e di raffreddamento degli utensili.

Infine tra i filoni di miglioramento è da tener presente la necessità di poter disporre di sistemi di controllo in process delle lavorazioni (soprattutto del composito), di macchine di controllo NDI (Controlli Non Distruttivi agli US) più evolute e produttive.

**10. Può dirci quante e quali macchine utensili per asportazione di truciolo sono presenti in Alenia-Aermacchi ?**

Per quanto riguarda Alenia Aeronautica le postazioni principali per asportazione di truciolo, escludendo quindi le macchine convenzionali) è la seguente: 20 Cincinnati, 15 Forest / Saimp, 15 Jobs, 4 Rambaudi, 2 Droop & Rein, 1 Dixie, 1 Famup, 1 Fpd, 1 Gfm, 1 Mikron, 1 Trumpf, 1 Rouchaud

La situazione di Aermacchi è pari all'incirca al 30 % di quella di Alenia.

**11. Quanto incide attualmente e in previsione futura l'automazione nei processi produttivi? Qual è il vostro livello di automazione?**

L'Alenia ha sviluppato il concetto dei Centri di Eccellenza. (Lamiera, Meccanica, Carboresina, Fusoliere in Carboresina). Le prime due aree hanno un livello basso di automazione. Le ultime due un livello medio, con una automazione spinta dell'handling. Si prevede una automazione sempre più spinta per la crescita dei ratei produttivi che nel settore aeronautico è previsto arrivare fino a 150 serie anno.

**13. Dove vede le maggiori evoluzioni tra i seguenti ambiti tecnologici e per quali motivi?**

- Per quanto riguarda i materiali, sicuramente è da prevedere nel prossimo decennio un elevato margine di innovazione nell'ambito dei materiali e dei relativi processi di trasformazione. In particolare si fa riferimento all'introduzione dei nanomateriali nel composito sia per ampliarne le attuali capacità strutturali sia per arrivare alla realizzazione di effettive strutture multifunzionali, come ad esempio pannelli di fusoliera con capacità strutturale integrata alla capacità di barriera acustica / termica, etc.

- Per quanto riguarda i processi produttivi sicuramente grande sforzo dovrà essere dedicato sia in Alenia ma anche nelle strutture della Supply Chain, alla loro industrializzazione dovuta, come si diceva, agli elevati ratei produttivi che per la prima volta l'aggressività del mercato impone al settore aeronautico.

Ancora di grande rilevanza saranno gli sforzi che la gestione industriale dovrà effettuare per arrivare ad una vera ed efficace struttura Lean.

**14. Cosa vorremmo far sapere ai costruttori di macchine utensili ?**

Per la fabbricazione di componenti aerostutturali è prevista in definitiva un incremento massiccio di impiego di materiali compositi e di titanio. Di conseguenza le macchine utensili dovranno adeguarsi ai requisiti di qualità e di produttività connessi all'impiego di tali materiali, possibilmente sullo stesso mandrino.

Si fa riferimento alla Carboresina che si lavora ad alto numero di giri (> 20000 giri) ed a secco (o quasi), con macchine dotate di sempre più efficaci sistemi di protezione / evacuazione di polveri.

Ed al titanio che richiede elevate coppie ad bassi numeri di giri, con capacità di raffreddamento ad aria ma con con lubrificazione minimale.