

TRE CASI IN UN'IMPRESA DI DESIGN

RICHARD III
MIMI'
LISA

Philippe Starck
Enrico Baleri
Perry King & Santiago Miranda

BALERI ITALIA S.P.A

Natalia Facoetti

Matr. 750679

Enrico Baleri
Relatore



INDICE

1. INTRODUZIONE, p.9
 - 1.1. ABSTRACT, p.9
 - 1.2. ENRICO BALERI, BALERI ITALIA, p. 11
 - 1.3. IL RUOLO DELL'ART DIRECTOR, p. 13
2. RICHARD III, p.15
 - 2.1. PRESENTAZIONE, p. 16
 - 2.2. LA STORIA DI RICHARD III, p.18
 - 2.3. INNOVAZIONI E PROBLEMI, p.20
3. ANALISI PROGETTUALE, p.22
 - 3.1 DAL PEZZO UNICO ALLA SERIE, p.24
 - 3.2. MATERIALE: POLIURETANO, p.26
 - 3.2.1. DAI PRODOTTI BASE AL POLIURETANO, p. 27
 - 3.2.2. LA SINTESI DEI POLIURETANI, p.28
 - 3.2.3. IL POLIURETANO RIGIDO STRUTTURALE, p. 30
 - 3.2.4. POLIURETANO BAYDUR 60, p.32
 - 3.3. PROCESSO: RIM (Reactive Injection Moulding), p.34
 - 3.3.1. CICLO PRODUTTIVO RICHARD III, p.35
 - 3.3.2. STAMPI RICHARD III, p.36
 - 3.4. SUGGERIMENTI PROGETTUALI, p.37
4. MIMI' , p. 39
 - 4.1. PRESENTAZIONE, p.40
 - 4.2. LA STORIA DI MIMI', p.41
 - 4.3. INNOVAZIONI E PROBLEMI, p.43
5. ANALISI PROGETTUALE, p.45
 - 5.1. DISTINTA BASE, p.46
 - 5.2. ANALISI TELAIO, p.49
 - 5.2.1. COMPONENTI TELAIO, p.51
 - 5.2.2. CONIFICAZIONE, p.52
 - 5.2.3. CROMATURA, p.55
 - 5.3. ANALISI PRINCIPALI COMPONENTI PLASTICI, p.57
 - 5.3.1. STAMPAGGIO A INIEZIONE, p.59
 - 5.4. DETTAGLI PROGETTUALI, p. 71
 - 5.5. MATERIALE: UNA SCELTA COMPLICATA, p.74
 - 5.5.1. IL CALCOLO STRUTTURALE, p.75
 - 5.5.2. IL PRIMO MATERIALE: ZYTEL 330, DU PONT, p.77
 - 5.5.3. TEST DI RESISTENZA E IDONEITA', p.79
 - 5.5.4. IL SECONDO MATERIALE: PC LEXAN, p.87
 - 5.6. SUGGERIMENTI PROGETTUALI, p.89

- 6. LISA, p. 90
 - 6.1. PRESENTAZIONE, p.91
 - 6.2. LA STORIA DI LISA, p.92
 - 6.3. INNOVAZIONI E PROBLEMI, p.94

- 7. ANALISI PROGETTUALE, p.96
 - 7.1. DISTINTA BASE, p.97
 - 7.2. ANALISI DELLA STRUTTURA IN ALLUMINIO PRESSOFUSO, p. 100
 - 7.2.1. PROCESSO DI PRESSOFUSIONE, p.102
 - 7.3. ANALISI DELLA SCOCCA, p.112
 - 7.3.1. PROCESSI, PARAMETRI, p.113
 - 7.3.2. SOFTWARE DI SIMULAZIONE, p.115
 - 7.3.3. DIFETTI DI STAMPAGGIO, p.118
 - 7.3.3. VERNICIATURA A POLVERE, p.120
 - 7.4. MATERIALE: PA66 50%GF, p. 122
 - 7.4.1. LE POLIAMMIDI, p.123
 - 7.4.2. POLIAMMIDI A MINOR IMPATTO AMBIENTALE, p.132
 - 7.5. SUGGERIMENTI PROGETTUALI, p.135
 - 7.5.1. UN ESPERIMENTO: SCOCCA IN FIBRA DI CARBONIO, p.135
 - 7.5.2. PROPOSTE PER UNA POSSIBILE RIPROGETTAZIONE, p.137

- 8. CONCLUSIONI, p.139

- 9. BIBLIOGRAFIA, p.141

INDICE DELLE FIGURE

- Fig. 2.1. - Copertina del libro “Starck”, p.16
Fig. 2.2. - Richard III nella versione argento con cuscino in pelle nera, p.17
Fig. 2.3. - Schizzi ironici realizzati da Philippe Starck, p.19
Fig. 2.4. - Tre poltrone Richard III nella versione color nero, p.20
Fig. 2.5. - Poltrona Richard III accanto a un'altra icona di Starck, lo spremiagrumi Juicy Salif per Alessi, p.21
Fig. 3.1. - Ingombri di massima Richard III, p.23
Fig. 3.2. - Prototipo in legno della Richard III, p.24
Fig. 3.3. - Primo modello in lamiera battuta, p.24
Fig. 3.4. - Modello rivestito in cuoio Hermes, p.25
Fig. 3.5. - Campioni di Baydur 60, p.32
Fig. 3.6. - Schiumatrice ad alta pressione, p.35
Fig. 3.7. - Stazione di finitura e sbavatura, p.35
Fig. 3.8. - Stampa in resina della poltrona Richard III, p.36
Fig. 3.9. - Confronto tra Richard III e Bubble, p.37
Fig. 4.1. - I primi schizzi della sedia Mimì, p.42
Fig. 4.2. - Versione bianca della sedia Mimì, p.43
Fig. 4.3. - Sedie Mimì accatastate, p.44
Fig. 5.1. - Esploso della sedia Mimì, p.46
Fig. 5.2. - Viste della sedia Mimì, p.48
Fig. 5.3. - Viste del telaio, p.50
Fig. 5.4. - Gamba anteriore conificata, p.52
Fig. 5.5. - Gamba posteriore conificata, p.53
Fig. 5.6. - Macchina conifica tubi, p.54
Fig. 5.7. - Tavola tecnica seduta, p.58
Fig. 5.8. - Tavola tecnica cerniera, p.59
Fig. 5.9. - Schematizzazione di una pressa per stampaggio a iniezione, p.61
Fig. 5.10. - Pressa per lo stampaggio a iniezione, p.63
Fig. 5.11. - Componenti di uno stampo per stampaggio a iniezione, p.65
Fig. 5.12. - Vista posteriore del traversino per l'aggancio della cerniera, p.71
Fig. 5.13. - Vista frontale dello schienale, p.71
Fig. 5.14. - Aggancio telaio-schienale, p.71
Fig. 5.15. - Gommini anti attrito, p.72
Fig. 5.16. - Coppette per mascherare il risucchio, p.72
Fig. 5.17. - Sedi per gommini anti attrito, p.72
Fig. 5.18. - Particolare della cerniera, p.73
Fig. 5.19. - Piedini regolabili con bussola, p.73
Fig. 5.20. - Autotensioni sul sedile integro, p.83
Fig. 5.21. - Autotensioni sul sedile (particolare dell'aletta anteriore), p.83
Fig. 5.22. - Ingrandimenti fotografici degli spezzoni utilizzati nella prova di Hopkinson-Davies, p.84
Fig. 5.23,a - Sedile danneggiato in prova, p.86
Fig. 5.23,b - Sedile danneggiato in prova, p.86
Fig. 5.23,c - Ingrandimento della frattura, p.86
Fig. 5.24. - Fessurazioni sul bordo superiore dello schienale dovute all'azione degli agenti chimici, p.88
Fig. 6.1. - Sedia Lisa da tre differenti viste, p.94
Fig. 6.2. - Sedia Lisa nelle versioni blu e argento, p.95
Fig. 7.1. - Esploso Lisa, p.97
Fig. 7.2. - Viste della sedia Lisa, p.99
Fig. 7.3. - Render della struttura, p.100
Fig. 7.4. - Tavola tecnica del componente pressofuso, p.101

Fig. 7.5.a,b -Pani di alluminio, p.102
Fig. 7.6. - Forno esterno, p.102
Fig. 7.7. - Chiusura del forno esterno, p.102
Fig. 7.8.a,b -Al fuso in uscita dal forno, p.102
Fig. 7.9.a,b - Trasporto e immissione Al nel forno, p.102
Fig. 7.10.a,b- Forno a bordo macchina, p.102
Fig. 7.11.a,b- Preparazione dello stampo che viene portato ad adeguata temperatura, p.103
Fig. 7.12. - Schematizzazione della macchina a camera calda, p.103
Fig. 7.13.a,b-Stampi per la pressofusione, p.104
Fig. 7.14.a,b-Azione del lubrificatore, p.104
Fig. 7.15. - Estrazione meccanica del pezzo, p.104
Fig. 7.16. - Prelievo del pezzo da parte di un operatore, p.104
Fig. 7.17. - Tranciatrice automatica posizionata accanto ad ogni stazione di pressofusione, p.105
Fig. 7.18. - Fonderia Effetre S.r.l, p.105
Fig. 7.19. - Schema funzionale di uno stampo per pressofusione, p.106
Fig. 7.20. - Struttura pressofusa, p.111
Fig. 7.21. - Viste della scocca, p.113
Fig. 7.22. - Modifica delle geometrie, p.115
Fig. 7.23. - Orientamento delle fibre, p.116
Fig. 7.24. - Simulazione in tempo reale, p.116
Fig. 7.25. - Raffreddamento transitorio degli stampi a iniezione, p.116
Fig. 7.26.a,b-Simulazione di ritiro, p.117
Fig. 7.27.a,b-Temperatura del materiale fuso, p.117
Fig. 7.28. - Tempo di riempimento, p.117
Fig. 7.29. - Striature argentee in prossimità del punto di iniezione, p.118
Fig. 7.30. - Macchie bianche disperse su tutta la superficie, p.118
Fig. 7.31. - Posizione del punto di iniezione, p.119
Fig. 7.32. - Risucchio, p.119
Fig. 7.33. - Ingrandimento del difetto, p.119
Fig. 7.34. - Vista anteriore e posteriore della scocca realizzata in honeycomb e fibra di carbonio, p.135

INDICE DELLE TABELLE

- Tab. 3.1. - Scheda Richard III, p.23
- Tab. 3.2. - Proprietà del PU Baydur 60, p.33
- Tab. 5.1. - Distinta base Mimi, p.47
- Tab. 5.2. - Processi dei principali componenti, p.47
- Tab. 5.3. - Parametri per lo stampaggio a iniezione del PC, p.70
- Tab. 5.4. - Proprietà dello Zytel 330, p.78
- Tab. 5.5. - Confronto delle principali proprietà meccaniche tra PC e PC/ABS, p.89
- Tab. 7.1. - Distinta base Lisa, p.98
- Tab. 7.2. - Processi industriali dei principali componenti, p.98
- Tab. 7.3. - Parametri pressofusione della struttura, p.111
- Tab. 7.4. - Alcuni dati dello stampaggio a iniezione della scocca, p.114
- Tab. 7.5. - Scheda tecnica PA66 50% GF, p.122
- Tab. 7.6. - Confronto tra PA6 e PA66 caricate e non caricate, p.124

INDICE DEI GRAFICI

- Grafico 5.1. - Resistenza a fatica dello Zytel 330, p.84
- Grafico 7.1. - Curva sforzo-deformazione rh_0 , p.126
- Grafico 7.2. - Curva sforzo-deformazione rh_{50} , p.126
- Grafico 7.3. - Modulo a trazione-temperatura rh_0 , p.126
- Grafico 7.4. - Modulo a trazione-temperatura rh_{50} , p.126
- Grafico 7.5. - Resistenza a trazione-tempo, p.127
- Grafico 7.6. - Urto Charpy-tempo, p.127
- Grafico 7.7. - Modulo Creep-tempo a 23°C, p.128
- Grafico 7.8. - Modulo Creep-tempo a 130°C, p.129
- Grafico 7.9. - Sollecitazione massima-cicli a 23°C, p.129
- Grafico 7.10.-Sollecitazione massima-cicli a 140°C, p.129
- Grafico 7.11.-Scala di grigi-tempo, p.130
- Grafico 7.12.-Confronto proprietà tra PA6, PA6.10 e PA12, p.134

1. INTRODUZIONE

1.1 ABSTRACT

Obiettivo della tesi è l'analisi di tre casi di disegno industriale, tre sedie prodotte da Baleri Italia S.p.a: Richard III (Philippe Starck, 1985), Mimì (Enrico Baleri, 1991) e Lisa (Perry King e Santiago Miranda, 2000)

Tra tutti i prodotti Baleri Italia, ho scelto questi tre casi in quanto, da un lato elementi fondamentali della collezione, progetti di grande rilievo e forza espressiva, dall'altro prodotti che, per motivi differenti, non sono riusciti a raggiungere la grande diffusione.

Il primo caso presentato, seguendo un ordine cronologico, è la poltrona Richard III di Philippe Starck, designer portato alla ribalta proprio dalla Baleri Italia S.p.a.

Si tratta della sua icona più importante, del suo progetto più radicale, una maschera dell'ironia, presente in numerosi musei di tutto il mondo, pubblicata sulle copertine di libri e riviste eppure, proprio per la sua essenza così radicale, destinata a rimanere un prodotto da museo e a non incontrare il successo popolare.

Il secondo caso analizzato è la sedia Mimì, disegnata da Enrico Baleri, sedia di grande impatto tecnologico e innovativo, piccola, leggera, ma robusta e, soprattutto, una delle prime sedie realizzate con un materiale polimerico traslucido.

La Mimì ha tuttavia pagato le conseguenze della sperimentazione, a causa anche di incontri sfortunati, in particolare l'incontro con la Du Pont De Nemours S.p.a, colpevole di avere indicato un materiale totalmente inadatto a soddisfare le specifiche progettuali.

I problemi legati al materiale hanno fatto sì che la sedia non venisse più prodotta.

L'ultimo caso è rappresentato dalla sedia Lisa, capolavoro di precisione di due designer allenati a disegnare prodotti di grande qualità, Perry King e Santiago Miranda.

Una sedia robusta, quasi eterna, era il brief progettuale, ma l'eccesso di zelo ha fatto sì che la sedia pesasse troppo e, per tale motivo, non raggiungesse mai il successo meritato.

Ogni progetto presenta complessità differenti, la progettazione è una scoperta continua che obbliga a confrontarsi con tecnologie, materiali e nuove soluzioni a nuovi e vecchi problemi, ogni oggetto ha una storia, conoscerla aiuta a comprenderlo, ad apprezzarne il valore, a individuarne le criticità, a pensare a soluzioni alternative.

Questa tesi si pone come una panoramica sui processi tecnologici, i materiali e i principali problemi che caratterizzano, o hanno caratterizzato, questi tre casi di disegno industriale.

Di fondamentale importanza, sia per un mio personale arricchimento, sia ai fini di una ricerca progettuale, sono state le visite e gli incontri con aziende e persone specializzate in determinati settori.

La visita all'azienda Effetre S.p.a. mi ha permesso di vedere e comprendere come si svolge il processo di pressofusione dell'alluminio, processo utilizzato per la produzione della struttura della sedia Lisa; la visita all'azienda BM Industria Bergamasca Mobili s.p.a, azienda in cui è stata prodotta la scocca della Lisa, si è rivelata molto utile per approfondire il processo di stampaggio a iniezione; la poltrona Richard III viene realizzata in poliuretano rigido strutturale e viene stampata dall'azienda Linea AR, che mi ha permesso di fotografare gli stampi della poltrona e di vedere in azione il processo di stampaggio RIM (Reactive Injection Moulding).

Incontri molto importanti sono stati anche quelli con il dott. Piercarlo Porta, produttore di poliuretano rigido, e l'ing. Erico Spini, direttore marketing e assistenza tecnica della Radici Group S.p.a, azienda produttrice di tecnopolimeri specializzata nella produzione di poliammidi.

Un ultimo importante incontro è stato infine quello con l'ing. Innocente Rivolta, grazie al quale si è reso possibile un approfondimento riguardante il calcolo strutturale e l'utilizzo dei software di simulazione di riempimento per lo stampaggio a iniezione di materiali plastici.

Grazie al contributo di questa serie di incontri, al materiale recuperato dagli archivi di Baleri Italia e alle parole di Enrico Baleri, il risultato è una panoramica dei diversi elementi che entrano in gioco nella progettazione di prodotti industriali, da come nasce un'idea, dai valori che sorreggono la progettazione, ai

materiali, ai processi di produzione, ai problemi connessi a tutto ciò.

Al termine dell'analisi di ogni sedia, vengono accennati suggerimenti progettuali che potrebbero risolvere i problemi connessi ai tre casi, suggerimenti non approfonditi, non verificati nè sperimentati in alcun modo, che si pongono quasi come provocazioni per affermare il fatto che si tratti di progetti ancora aperti, in cui i problemi potrebbero essere risolti, e i prodotti potrebbero riprendere vita.

Questa tesi potrebbe quindi costituire il punto di partenza per una possibile futura riprogettazione.

1.2 ENRICO BALERI, BALERI ITALIA

Mi piace pensare agli oggetti come a dei racconti, a testi complessi che ponendosi davanti ai nostri occhi si lasciano leggere e comprendere.

Osservando attentamente un prodotto, è possibile leggerne la storia, la sensibilità di chi l'ha pensato e di chi ha contribuito a farlo, il designer, l'art director, l'imprenditore, il destinatario, è possibile leggere il punto di partenza e il punto di arrivo, i processi tecnologici che l'hanno trasformato, la filosofia, i valori, la coerenza che lo sorreggono.

E allo stesso tempo penso che non ci sia niente di meglio che sentirsi raccontare un oggetto da chi lo conosce profondamente, da chi l'ha vissuto sin dalla nascita.

Quando Enrico Baleri parla di un oggetto, o di un progetto, lo fa come se raccontasse una storia, quasi una fiaba, a volte a lieto fine, altre volte no.

Incontro Enrico Baleri per la prima volta lo scorso inverno, durante una mostra e lo rivedo a settembre.

Nel frattempo, dopo il primo incontro, sono incuriosita dalla sua figura e dalla sua attività, mi documento, mi informo sul suo percorso e, soprattutto, osservo i suoi prodotti.

Quando lo incontro nuovamente, a settembre, mi sembra di conoscerlo già un po', perché la filosofia che sta dietro ai suoi prodotti, i valori e la coerenza con essi, sono ben visibili.

Diventa il mio relatore, inizio a frequentare il Centro Ricerche Enrico Baleri tutti i giorni, mi immergo nella realtà dello studio.

Ogni giorno apprendo qualcosa, ogni giorno assisto a preziose lezioni di design, in tutte le sue accezioni, in tutto ciò che implica lo sviluppo di un progetto, dal disegno al mercato, perché la professione di Enrico Baleri è talmente polivalente che non esiste un unico vocabolo per descriverla, se esistesse dovrebbe accorpate al suo interno le definizioni di designer, imprenditore, art director, talent scout, organizzatore di mostre ed eventi, esperto di storia del design ed altro ancora.

Ogni azienda, che sia legata ad una diffusione internazionale, alla vendibilità dei prodotti, che abbia a che fare con designers diversi che devono connotarsi in qualche modo, essere indirizzati all'interno di un'unica strada, di un'unica famiglia, per così dire, ha bisogno di qualcuno che diriga il tutto e lo renda omogeneo, che si occupi quindi del design management.

Questa figura a volte è esterna all'azienda, altre volte invece è l'imprenditore stesso, ed è questo il caso di Baleri.

Il suo percorso inizia nel 1965, quando incontra Dino Gavina che lo invita a dedicarsi alla vendita dei suoi mobili, sostenendo che quello sia il modo migliore per conoscere mobili di qualità ed imparare, eventualmente, a disegnarli, ed è il marzo 1984 quando, Enrico Baleri e Marilisa Decimo, fondano la società Baleri Italia S.p.a.

Nei 14 anni che intercorrono tra il 1965 e il 1984, Baleri affina le sue conoscenze e le sue capacità e lo fa in primo luogo attingendo dalle grandi esperienze del passato, come ad esempio quelle di Gavina e Cassina, in secondo luogo grazie al grande interesse nei confronti dei personaggi, dei designers, Castiglioni, Zanuso, Magistretti, Mangiarotti e, più in generale, tutti gli animatori della scena del design del dopoguerra italiano, quel design che prende a prestito le forme dalle grandi esperienze nordiche, di Alvar Aalto, dei danesi, degli svedesi, lo mutuano, lo trasferiscono nel design italiano e a volte lo amplificano, facendo in modo che il linguaggio severo di Aalto rimanga tale, ma applicato a nuove e diverse tecnologie, non più solo il legno curvato, ma soprattutto la plastica, settore in cui l'Italia ne è la protagonista con il premio Nobel Giulio Natta, a cui va il merito di avere inventato il polipropilene, inizialmente demonizzato per le sue caratteristiche di scarsa resistenza alla fatica e all'invecchiamento.

Ma è proprio l'avvento del Moplen (il polipropilene venduto dalla Montecatini Montedison) a determinare il successo di numerose multinazionali.

E' l'azienda Kartell, per prima, a inventare il mondo dei mobili in plastica, nobilita questo materiale affidando i suoi prodotti a designers di grande rilievo, quali Gino Colombini, i fratelli Achille e Pier Giacomo Castiglioni, Marco Zanuso, Anna Castelli, che danno origine a prodotti di basso costo, ma di elevata innovazione, un'innovazione resa possibile dalle forme che si possono ottenere con la plastica, morbide, rotonde, sinuose.

Sono gli anni del dopo guerra e del boom economico, quando inventarsi un'industria e una distribuzione è

molto più semplice rispetto ai tempi moderni, quando il mercato è assetato di novità, quando la ricostruzione determina un forte incremento dei consumi, iniziano a circolare non solo prodotti ma anche persone, migranti, manodopera.

Nel grande mondo della produzione industriale, poche sono le eccellenze, pochi i designers e pochi gli imprenditori di qualità, i quali tuttavia riescono a fare una grande operazione non solo industriale ma soprattutto culturale, un'operazione di informazione e formazione del mondo del design.

E il punto di partenza, come ho affermato precedentemente, è la cultura nordica, una cultura razionale e funzionale, fatta di case che devono essere abitate più che esibite, a differenza di ciò che accadeva in Italia, dove la casa era fatta per essere mostrata agli amici, per apparire, per colpire per la sua stranezza e stravaganza, dove i caloriferi andavano nascosti e attorno ai contatori dell'elettricità posti all'ingresso andava costruito un armadietto (scrivo e sorrido pensando a un aneddoto raccontatomi da Baleri: quando si trovava ad arredare le case delle signore borghesi che gli chiedevano di nascondere il contatore in un armadietto, lui non solo non lo nascondeva, ma, se la signora in questione gli suscitava simpatia, lo dipingeva di argento, in caso contrario di rosso, rendendolo così estremamente visibile.)

Enrico Baleri muove i suoi primi passi poco dopo la nascita e la diffusione di questo fenomeno culturale creato da un numero ristretto di designers e imprenditori, ed è perfettamente in linea con il razionalismo nordico. Ha alle spalle il grande design italiano degli anni '50, ma non solo, anche le grandi aziende americane che producevano mobili per ufficio, che dovevano essere funzionali e perfetti.

Disegna per la ditta Knoll, colosso americano, una grande mamma che accolse gli ebrei scappati dal nazismo, Walter Gropius, Mies Van Der Rohe, Harry Bertoina, Eero Saarinen e molti altri.

Sono seduta nel suo ufficio, davanti a me un tavolo di marmo, grande, ma non imponente, leggero.

Mi dice: "Sai perché i bordi di questo tavolo non sono lisci ma ruvidi?"

Si potrebbe pensare ad un motivo estetico, ma inizio a entrare nella sua filosofia e so che non può essere così, per Baleri l'estetica è l'espressione della funzione, non viceversa.

Infatti mi spiega: "I motivi sono due: il marmo liscio è freddo, il marmo ruvido è più caldo. Ai bordi di un tavolo ci si appoggia, una sensazione calda è molto più piacevole. Il secondo motivo è che è molto più difficile e costoso lucidare un bordo che lasciarlo grezzo."

Attenzione per i dettagli, per la tecnologia, per l'innovazione, senza però mai trascurare la poesia degli oggetti.

Senza che se ne renda conto, una serie di valori guidano il suo lavoro, valori tuttavia molto evidenti.

Così, quando un giorno una ragazza laureata in filosofia che in quel periodo collaborava con lui gli chiede quali siano i valori che stanno dietro al suo lavoro, ecco che si sofferma a pensare e si accorge che questi valori esistono eccome, in ogni suo prodotto, e li sintetizza, quasi di getto, in otto parole: autenticità, coerenza, leggerezza, evoluzione, ecologia, ironia, internazionalità e non obsolescenza.

Sono riportati su tutte le porte del suo ufficio, a sottolineare la loro importanza.

Quando li vedo per la prima volta, mi sembrano il decalogo della bella persona, della persona etica.

Mi sbaglio, ma non di molto, sono il decalogo del design etico, secondo Baleri.

L'autenticità si trova al primo posto. Un prodotto deve raccontarsi per quello che è, senza finzioni o mistificazioni, in contrasto con il postmodernismo che inizia a diffondersi nei primi anni '70, il periodo dei finti legni, dei finti marmi, delle finte stoffe o dei finti decori (come la poltrona Proust di Mendini, bellissimo esempio di radical design).

Il legno è il legno, la plastica è la plastica, e così via, e ogni materiale ha il suo specifico linguaggio, non quello di un altro materiale.

La coerenza è il secondo valore, ma è un valore che viene da sé, a mio avviso, se si rispettano tutti gli altri.

La coerenza di Baleri è spesso anche maniacale, è l'elemento che ha contribuito a fare sì che Baleri Italia non facesse grande rumore a livello di mercato, ma che sicuramente lo facesse a livello intellettuale, facendosi conoscere in tutto il mondo.

La coerenza si paga, da un lato, poichè lontana dall'adesione ad un mercato facile, fatto di mode e consumismo, di gossip e di arcistar, dall'altro lato paga, appaga, poichè dà l'accesso ad un mercato forse più ristretto, ma sicuramente più duraturo, fatto di oggetti non obsolebili, determinati da scelte precise e grande severità.

Ma severo non è rigido, come potrebbe far sembrare il termine, nè pesante.

Un altro valore fondamentale è infatti la leggerezza.

La leggerezza è ciò che rende tutto bello in modo etereo, difficilmente descrivibile e delineabile con precisione, ma fortemente percettibile, è la grazia degli oggetti, non un silenzio ma un sussurro, non un insieme ma un dettaglio.

Assimilo meglio questo concetto leggendo un libro che Baleri mi consiglia e mi presenta come pezzo fondamentale della sua autobiografia: “Lezioni americane” di Italo Calvino.

Il primo capitolo tratta della leggerezza, a fine lettura vedo tale valore come essenza fondamentale del bello, in un senso ampio, non prettamente visivo.

Leggera deve essere anche l'ironia, non deve scadere nel comico o nel ridicolo.

Ironica è la sedia Richard III di Philippe Starck, ironica senza essere pesante.

L'ironia, nei valori Baleri Italia, corrisponde quasi ad una dichiarazione, gli oggetti ironici dichiarano sé stessi, ma lo fanno in modo non eccessivo né invadente.

Evoluzione significa invece essere al passo con i tempi, conoscere il mercato e soprattutto le nuove tecnologie; ecologia significa rispetto, non solo ambientale, ma anche del rapporto tra l'uomo e l'oggetto, un'ecologia quasi semantica; non obsolescenza significa essere immuni dalla moda, durare nel tempo, diventare icone, in maniera quasi silenziosa.

Un ultimo importante valore è l'internazionalità, il fare in modo che gli oggetti non siano soggetti a localismi, che lo stesso prodotto possa essere venduto e apprezzato in tutto il mondo.

Quando Enrico Baleri disegna la poltrona Molly, la pensa in tessuto Vichy e non viene apprezzata dai suoi clienti svizzeri: il tessuto ricorda troppo l'ambiente della montagna, delle baite.

Eppure, un qualsiasi altro tessuto, poteva rendere la poltrona internazionale, e così è stato, rivestita di tessuto, materiale sintetico o pelle, la poltrona Molly viene venduta in tutto il mondo.

Ma c'è un ultimo valore che non emerge da quanto ho scritto finora, un valore che emerge però in tutti i racconti, i ricordi e gli aneddoti che Baleri condivide e racconta: il rapporto con le persone.

Il vendere mobili alla “signora Maria”, per dirla con Baleri, il soddisfacimento dei suoi bisogni, delle sue esigenze, gli ha permesso di conoscere meglio il mercato, di sapere cosa significa trasportare un mobile al quinto piano di un palazzo, cosa significa che possa essere smontato e rimontato, leggero o pesante, fragile o resistente.

Ma questo rapporto con le persone emerge ancora più chiaramente nel rapporto con i designers con cui ha avuto a che fare e che ha dovuto cercare di indirizzare all'interno della sua griglia di coerenza.

Quando Baleri parla di Philippe Starck, non lo descrive come un archistar, ma come una persona dotata di pregi e di difetti, di abitudini e stranezze; quando parla di Wettstein lo descrive con una certa tenerezza, un certo affetto e con una punta di commozione per la sua scomparsa prematura.

Baleri approfondisce i suoi rapporti e la conoscenza delle persone che si trova di fronte e questo è un elemento fondamentale per poter lavorare insieme, collaborare, scambiarsi idee, apportare modifiche, correzioni, miglioramenti.

Senza un rapporto art-director/ designer si vanifica il ruolo dell'art-director, si svaluta il lavoro del designer. Tutti questi valori si respirano nello studio del suo Centro Ricerche, sono palpabili, sono nei lavori che fa e nei contatti che ha, nelle relazioni con le persone che collaborano con lui.

Ogni prodotto è un testo, nel caso dei prodotti Baleri Italia è un testo complesso, fatto di tanti testi che Baleri racconta con entusiasmo e passione e, alla fine del racconto, mi rendo conto che non mi appaiono più come testi, ma come personaggi, ognuno con la sua storia, ognuno con le sue caratteristiche, la piccola Mimì, il simpatico Richard III, la possente Lisa.

Quanto raccontato finora è la mia esperienza, il mio incontro con Enrico Baleri e il Centro Ricerche, ma sono certa che il mondo del design sia ricco di personaggi colti e capaci, di persone che mettono anima e passione in tutto ciò che fanno e che, soprattutto, hanno voglia di trasmettere il loro sapere agli altri, perchè è grazie ai grandi maestri, siano essi designers o imprenditori o art director, che la cultura del design si tiene viva.

1.3 IL RUOLO DELL' ART DIRECTOR

Di fondamentale importanza, all'interno della progettazione, è il ruolo dell'art- director, il quale può essere una persona esterna all'azienda, che sia specializzata nel product management, oppure interna all'azienda, l'imprenditore stesso o una figura specializzata nell'art direction.

La caratteristica più importante dell'art director è l'autorevolezza, una superiorità in termini di competenze e conoscenze, da mettere a disposizione del designer in modo da indirizzarlo all'interno di una griglia coerente e ben definita e, allo stesso tempo, deve avere la capacità di porsi in un rapporto paritetico, di empatia e condivisione del progetto, del percorso, condividendo in egual modo i successi o le delusioni.

I principali compiti di un art director sono:

- Scegliere i progettisti adatti a progettare per l'azienda in linea con la filosofia di prodotto acquisita dall'azienda stessa, una scelta effettuata quindi sulla base di affinità, oppure selezionare designers con una filosofia differente ma che possano essere indirizzati sulla strada dell'azienda, che siano assimilabili poichè disposti a comprendere e condividere le regole dell'azienda.
- Contribuire ad amplificare le competenze tecnologiche indicando i materiali e le tecnologie più adatte alla realizzazione del prodotto stesso, utilizzando possibilmente le tecnologie già disponibili nell'azienda stessa o facilmente recepibili nel paesaggio industriale.
- Vigilare con attenzione alla compatibilità del prodotto alla coerenza con la collezione, affinché non sia corpo estraneo, ma assolutamente omogeneo e omologabile.
- Controllare che il nuovo prodotto sia strettamente legato alle leggi del marketing per la sua appetibilità nel mercato già individuato dall'azienda e per il suo costo compatibile con il mercato stesso.
- Partecipare alla definizione estetica del prodotto stesso, in totale affinità con il designer e, quindi, è coautore, anche se non necessariamente apporrà il suo nome al prodotto.

L'art director funge quindi da "legante" tra l'azienda (i suoi valori, le tecnologie, il mercato in cui opera, etc.) e il lavoro del designer, al fine di ottenere un prodotto che sia coerente non solo con l'azienda, ma anche all'interno di sè stesso, che presenti elementi e componenti derivanti da scelte progettuali ponderate e che assolvono a specifiche funzioni, che non siano di natura puramente estetica.

2. RICHARD III



Philippe Starck, 1985
Baleri Italia S.p.a.

2.1 PRESENTAZIONE

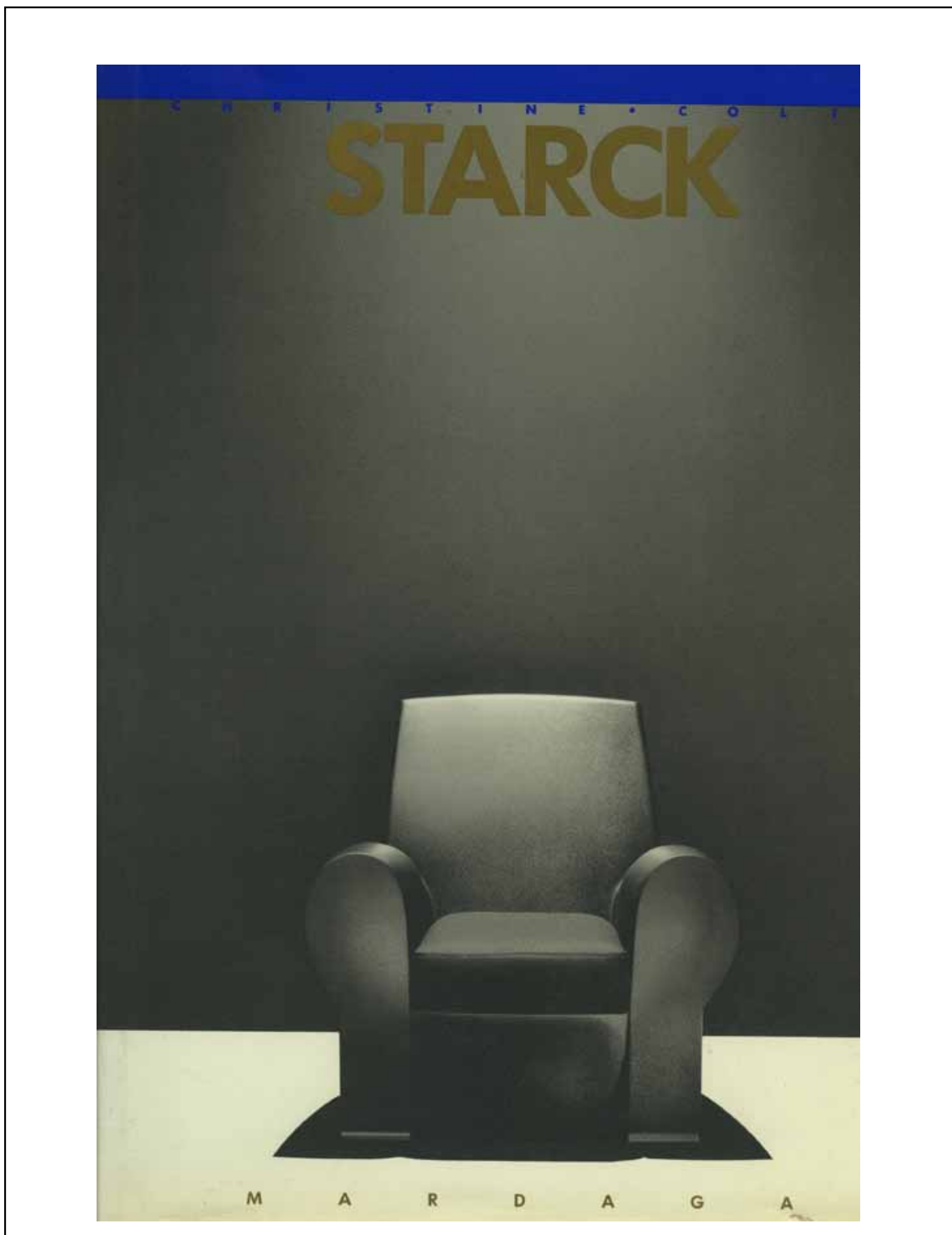


Fig.2.1
Copertina del libro "Starck"

“

Due giochi ad incastro.

Tipologico, il primo: la poltrona ottocentesca crudelmente ridotta ad un outline delle posture di chi vi sta seduto.

Tecnologico, il secondo: nelle sue linee-forza boccioniane (o post- Sanluca) c'è l'idea di scarnificare la struttura alla minima sezione resistente del foglio.

Ad un foglio di lamiera? No, (e qui sta lo scarto starckiano) al foglio innovativo di un poliuretano rigido strutturale.

Manolo De Giorgi - Catalogo Baleri Italia "Underwear"

Philippe Starck risemantizza con spirito dissacrante

l'icona dell'arredamento borghese.

La vecchia poltrona si snatura e diventa gioco tecnologico a sorpresa: se l'imbottitura e la forma dei braccioli denunciano il riferimento alla tradizione, questa è subito contraddetta dalla struttura aerea in poliuretano rigido.

Pieno e vuoto, levità e pesantezza... della poltrona rimane solo la maschera, l'essenza è l'inconfondibile forma della seduta.

Arturo Dell'Acqua Bellavitis - Catalogo Baleri Italia "Underwear"

La tipologia più consumata dell'arredamento borghese;

l'oggetto come maschera, un gioco tecnologico a sorpresa.

Sono gli ingredienti di questo esplosivo "cocktail molotov", che Starck crea commosso dalle vecchie poltrone di casa che i cittadini abbandonano in strada.

"Lui" le resuscita facendone omaggio al Presidente Mitterand per la sala di lettura del suo appartamento all'Elysée.

Il mobile più radicale di Starck.

Catalogo Baleri Italia "Frammenti II"

”



Fig.2.2
Richard III nella versione
argento con cuscino in pelle nera

2.2 LA STORIA DI RICHARD III

Richard III, un nome evocatore per una poltrona densa di satira e sarcasmo, folle come la follia a cui è destinato l'omonimo re shakespeariano, dotata di ironia manifesta, dichiarata, ma al contempo leggera, come lo humour per Calvino, una comicità che abbandona il suo peso corporeo. Un prodotto che può essere considerato il pezzo di maggior creatività per Philippe Starck, che prende la poltrona borghese di fine '700 e ne rivoluziona il linguaggio svuotandola, sia formalmente che concettualmente, della sua parte classica e austera.

Nasce nel 1982, nella Francia di Francois Mitterrand, concepita per essere un pezzo unico all'interno dello studio del presidente e destinata ad essere riadattata per poter essere prodotta in serie.

Il punto di partenza è l'arredamento dell'Eliseo.

Jack Lang, all'epoca ministro della cultura francese, affida il progetto ad un gruppo di promettenti architetti e designers (tra cui Jean Michel Wilmotte, Marc Held, Annie Tribel, Sportes) e assegna a Starck lo studio del Presidente, ma il lavoro del designer francese (che oltre alla Richard III comprende il tavolo che verrà prodotto da Baleri Italia con il nome President M. e qualche sedia) non viene apprezzato da Mitterrand, la scomodità della poltrona e la poca stabilità del tavolo determinano l'ira del Presidente, il quale però non considera un importante fattore: la compagna di Starck, Brigitte, è figlia di Mr. Laurent, capo del consiglio di stato francese.

Al fine di evitare problemi diplomatici, Danielle, moglie di Mitterrand, decide di mettere la Richard III nella sua stanza da letto, per cui non finirà mai nello studio del presidente.

La poltrona viene realizzata in lamiera battuta in lastra (lo stesso metodo con il quale all'epoca venivano realizzate le automobili) a partire da un modello in legno, ma la superficie finale è scabra e disseminata di imperfezioni, per cui Starck decide di nobilitarla rivestendola con cuoio Hermes.

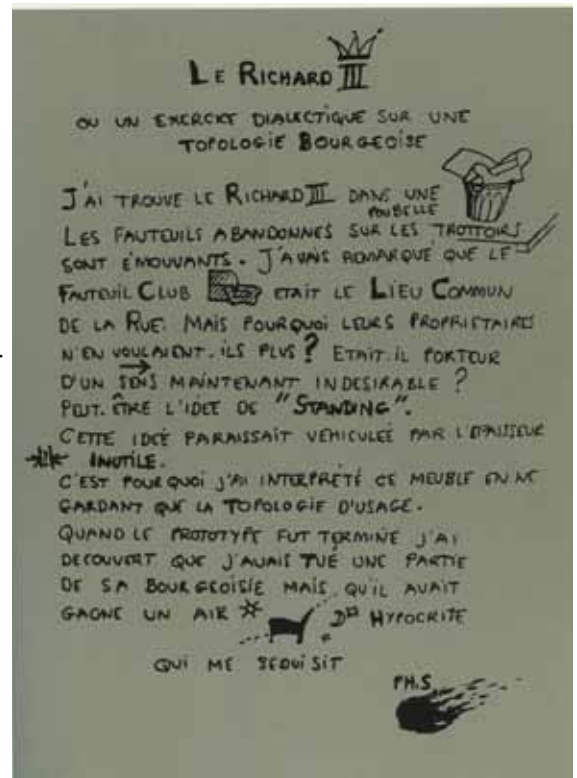
Enrico Baleri intuisce le grandi potenzialità di immagine del progetto e si attiva per fare in modo che non resti un pezzo unico, ma che venga prodotto in serie, come nelle intenzioni del V.I.A.

(Valorisation de l'Innovation dans l'Ameublement), organizzazione francese che si occupava di pubblicizzare Starck e gli altri quattro designers.

D'accordo con l'autore, riesce ad ottenere dal V.I.A., il modello in legno che viene spedito ad una modelleria di Stezzano per ricavarne lo stampo.

La poltrona necessita però di alcune grandi modifiche di forma ed ergonomia, Baleri impone correzioni che porteranno ad un effettivo miglioramento:

- Inclinazione della parte anteriore verso l'interno per tre importanti motivi: quando si sta seduti le gambe tendono a non stare in posizione verticale ma ad inclinarsi verso l'interno, questa inclinazione delle gambe comporta un continuo contatto con la superficie che, trattandosi di poliuretano rigido strutturale verniciato, provocherebbe il distacco della vernice; inoltre, a livello strutturale, la retrocessione della parte frontale crea una doppia nervatura che conferisce maggiore resistenza alla sedia.
- Inclinazione verso l'esterno dei piedi posteriori, al fine di garantire una maggiore stabilità ed evitare il ribaltamento della sedia (come avviene per la poltrona S.Luca dei fratelli Castiglioni).



- Modifica di alcune dimensioni per rimediare alla scarsa ergonomia della poltrona.

Apportate le modifiche, la sedia è pronta per essere stampata.

Baleri Italia è appena nata, le risorse economiche scarseggiano, il processo di stampaggio richiede grossi investimenti, oltretutto destinati ad un prodotto da museo, ad un prodotto di richiamo per le sue straordinarie caratteristiche, per il suo linguaggio, ma slegato dalla realtà del mercato contemporaneo, destinato a diventare una maschera, un'icona.

In aggiunta, le attrezzature per stampare il poliuretano rigido strutturale (prodotto da Bayer) erano in Italia difficilmente rintracciabili.

La soluzione viene proposta dal dott. Porta, il quale conosce un'azienda nella piana di Potenza, la Sitepo, che ha appena acquistato il macchinario adatto anche a stampare la Richard III; i costi dello stampo potranno inoltre essere finanziati dalla Cassa del Mezzogiorno, trattandosi di un modello innovativo, sperimentale e destinato a celebrità!

La ditta sembra essere poco affidabile, ma le alternative scarseggiano.

Arriva il gennaio 1985 giorno della presentazione; l'atelier International, lo showroom di Firenze progettato dal grande Carlo Scarpa, è gremito di architetti e designer, Starck e Baleri attendono la loro creazione, che sembra non arrivare.

Passano le ore e finalmente, verso mezzanotte, arriva il camion partito da Potenza, reduce da una lunga giornata di neve e tormenta: si materializza così Richard III, un progetto destinato ad entrare nella storia del design e a scardinare il concetto tradizionale di poltrona.

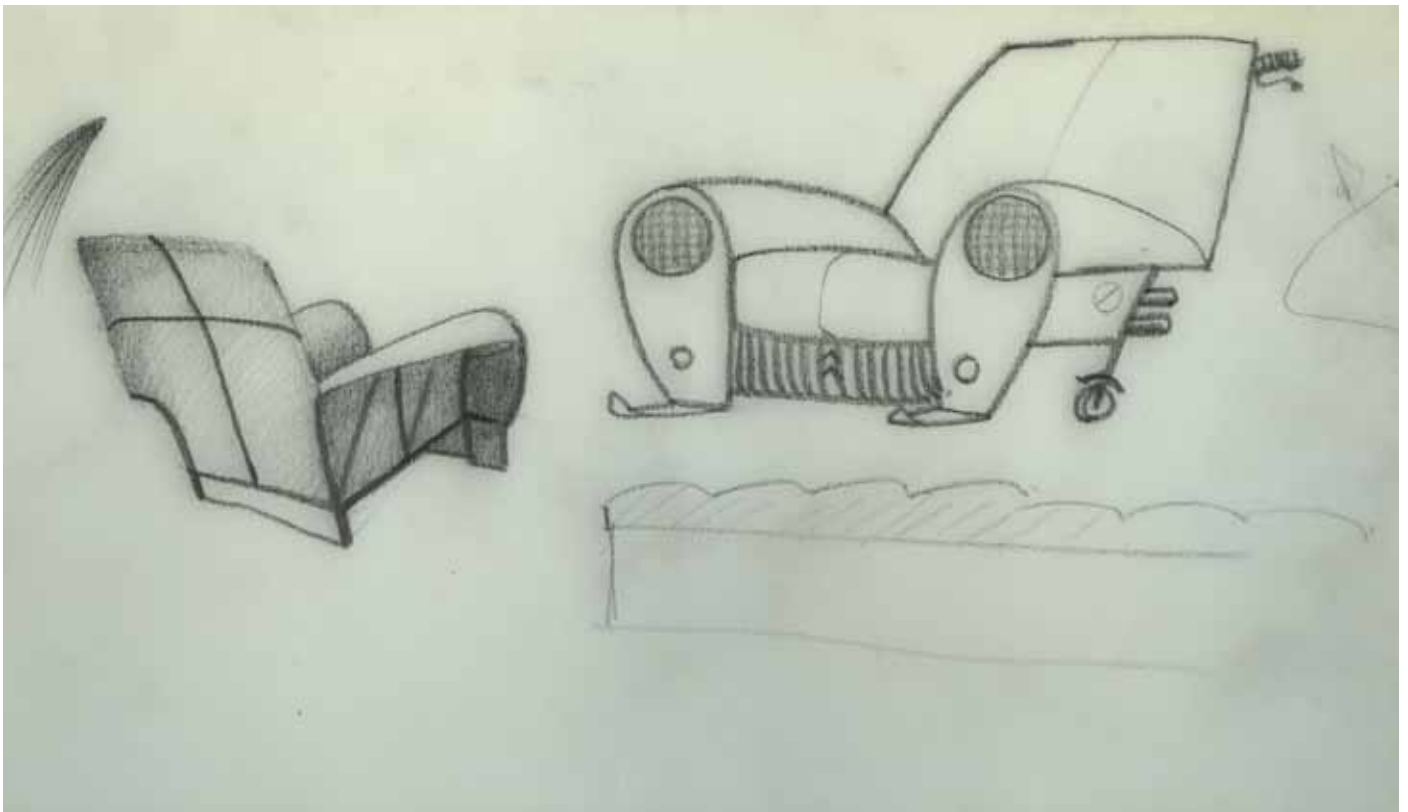


Fig.2.3
Schizzi ironici realizzati da Philippe Starck

2.3 INNOVAZIONI E PROBLEMI

La poltrona Richard III non presenta problemi progettuali che ne determinano un insuccesso a livello di produzione, il suo “problema” principale è quello di essere destinata a rimanere un oggetto da museo, a non incontrare il successo popolare, a causa della sua estetica.

Tuttavia, sono trascorsi ventisei anni dalla sua progettazione e oggi l'utilizzo del poliuretano non risulta più la soluzione migliore a causa dei problemi legati al suo riciclo e smaltimento.

E' quindi possibile individuare alternative progettuali che ne sostituiscano il materiale e, di conseguenza, il processo tecnologico produttivo.

ELEMENTI DI INNOVAZIONE:

- *DALL'ASPETTO BORGHESE ALL'AUTOIRONIA*

Il più importante elemento innovativo è costituito dalla risemantizzazione della poltrona borghese. Philippe Starck prende la poltrona borghese di fine '800, carica di serietà e austerità, e la trasforma in un oggetto ironico, che non comunica più con un linguaggio severo, ma con un linguaggio leggero, che ne stravolge completamente l'impatto visivo e semantico.



Fig. 2.4
Tre poltrone Richard III nella versione color nero

PROBLEMI

- *UN MATERIALE NON RICICLABILE*

Il poliuretano rigido strutturale non costituisce più, al giorno d'oggi, ben ventisei anni dopo la sua progettazione di questa poltrona, il materiale ideale.

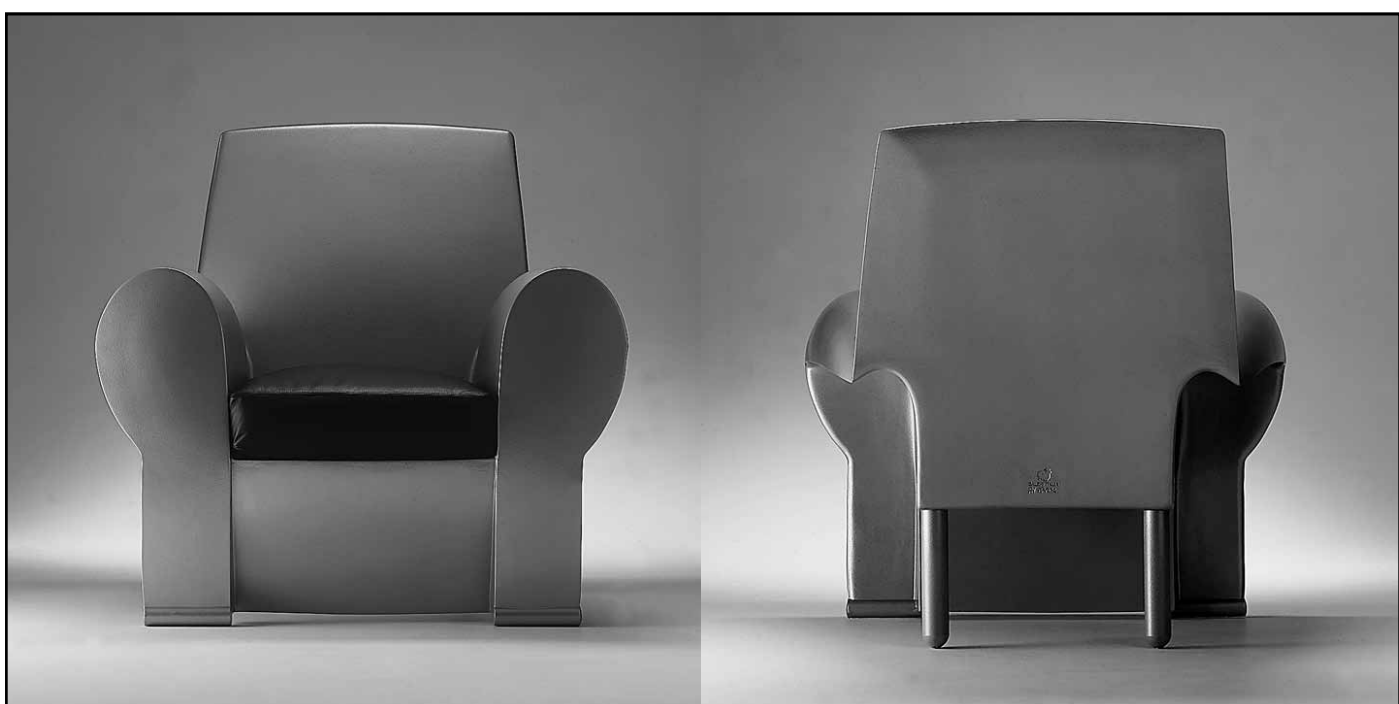
L'attenzione all'ecologia e all'ambiente sono diventati temi sempre più attuali e di grande importanza; l'impossibilità di riciclo del poliuretano rigido costituisce un elemento problematico.

La sostituzione di tale materiale con un tecnopolimero comporta la conseguente sostituzione del processo tecnologico produttivo, poichè passando da un materiale termoindurente, quale il poliuretano, ad un materiale termoplastico, la tecnologia RIM non sarebbe più applicabile.



Fig.2.5
Poltrone Richard III accanto ad un' altra icona di Starck, lo spremiagrumi Juicy Salif per Alessi

3. ANALISI PROGETTUALE



SCHEDA PRODOTTO

DESIGNER	Philippe Starck
ANNO DI PRODUZIONE	1985
PRODUTTORE	Baleri Italia S.p.a.
MATERIALE	Poliuretano rigido strutturale Baydur 60
FINITURA	Verniciatura con smalti poliuretanici
PROCESSO TECNOLOGICO	Stampaggio RIM (Reactive Injection Moulding)
INGOMBRI DI MASSIMA	Larghezza: 83 cm Altezza: 92 cm Profondità : 82 cm

Tab. 3.1
Scheda Richard III

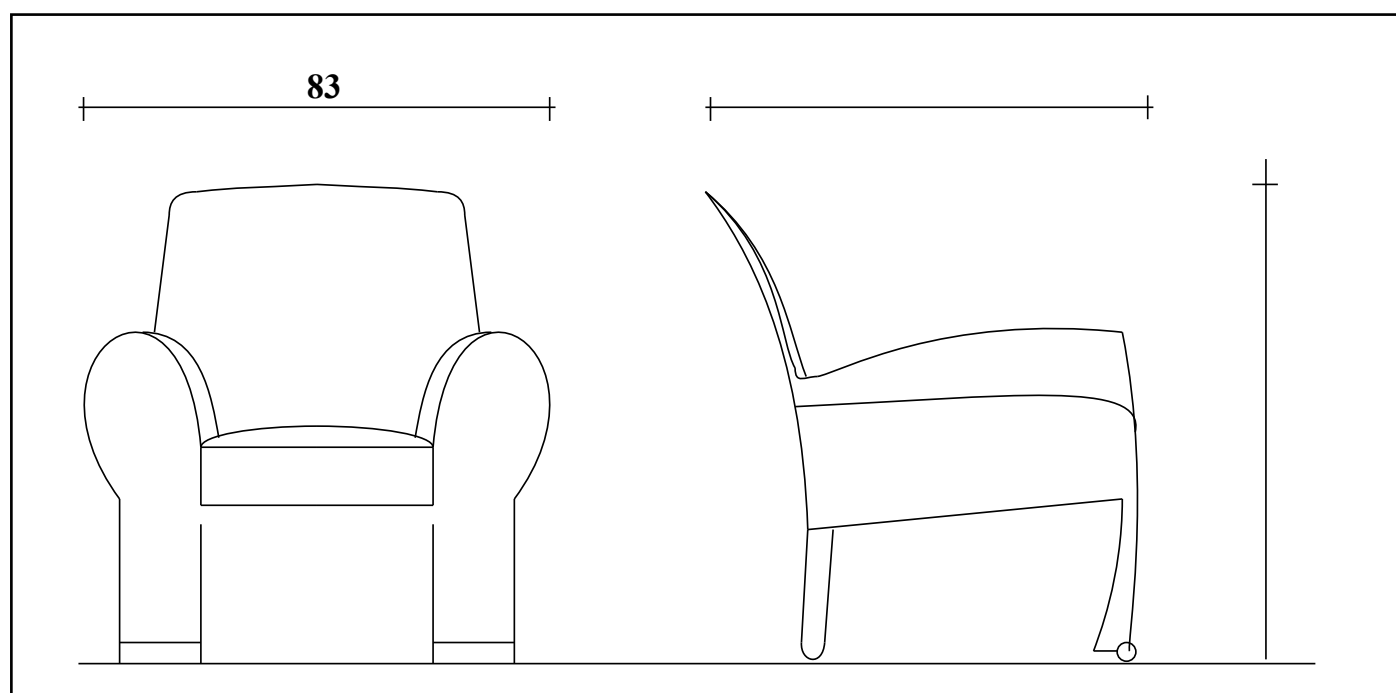


Fig. 3.1
Ingombri di massima Richard III

3.1 DAL PEZZO UNICO ALLA SERIE

Il primo modello della Richard III fu concepito come un pezzo unico, destinato ad arredare lo studio del presidente francese Mitterrand e a non essere successivamente riprodotto.

Per tale motivo si scelse, per la sua realizzazione, la tecnica della lamiera battuta in lastra, processo di deformazione a freddo delle lastre metalliche tipico della costruzione delle carrozzerie delle automobili prima dell'avvento di più sofisticate macchine utensili e tecnologie.

Si tratta di un processo estremamente artigianale, che coinvolge due principali fasi:

FASE 1



Realizzazione di un prototipo in legno, detto “ceppa”, che costituisce lo stampo positivo sul quale verrà battuta la lamiera.

Fig. 3.2
Prototipo in legno della Richard III

FASE 2



Battitura della lastra di lamiera, la quale viene posizionata sopra al modello in legno e martellata tramite un martello a testa in modo da ottenere la forma desiderata.

Fig. 3.3
Primo modello in lamiera battuta

Per renderla maggiormente confortevole ed ergonomica, la sedia venne successivamente rivestita con cuoio Hermes e venne dotata di un cuscino.

Sedersi sulla lamiera sarebbe stato infatti eccessivamente scomodo; il rivestimento nasconde inoltre i difetti superficiali della lastra battuta, rendendo la superficie più liscia e omogenea.



Fig. 3.4
Modello rivestito in cuoio Hermes.

La poltrona venne infine modificata per poter essere prodotta in serie, il progetto venne ridisegnato in modo da poter essere adattato alle esigenze della produzione seriale del nuovo materiale, il poliuretano rigido strutturale, e delle esigenze tecnologiche dello stampaggio RIM.

3.2 MATERIALE: POLIURETANO

Il seguente testo introduttivo costituisce la sintesi dell'incontro avvenuto con il dottor **Pier Carlo Porta**, esperto di poliuretano in generale e più precisamente del poliuretano rigido strutturale, una nicchia all'interno dei poliuretani rigidi, nonché fondatore della prima azienda che stampò la sedia Richard III, la Sitepo.

INTRODUZIONE

Verso la fine degli anni Settanta, il dottor Pier Carlo Porta si avvicina al mondo del poliuretano, materiale all'epoca sconosciuto ai più, poche le aziende che lo producevano e ancor meno quelle attrezzate per la sua lavorazione in modo da trasformarlo in prodotti finiti.

Porta decide di investire in questo settore e cercare di diffondere la conoscenza di questo materiale.

Viene affiancato da Bayer, azienda leader nel mondo per la ricerca e lo sviluppo di materiali polimerici, sia termoplastici che termoindurenti, e da altre aziende.

I primi clienti provengono dal mondo delle attrezzature medicali, in cui il poliuretano rigido si rende particolarmente adatto date le basse quantità richieste; le apparecchiature medicali vengono infatti prodotte in numero limitato, al di sotto del centinaio di pezzi all'anno.

Uno dei grandi vantaggi di questo materiale, è costituito proprio dal fatto che, se stampato in quantità limitate (ovvero se non si supera il migliaio di pezzi all'anno), non richiede stampi in alluminio ma in resina, molto più economici rispetto ai primi.

A differenza dei materiali termoplastici, infatti, le pressioni e le temperature coinvolte nel processo di stampaggio dei poliuretani (e dei materiali termoindurenti in generale) sono di gran lunga inferiori.

Un altro grande vantaggio del poliuretano è il fatto che materia prima e componente vengano prodotti contemporaneamente, a differenza dei materiali termoplastici che prima di essere stampati necessitano della produzione del materiale in granuli; ciò comporta un grande risparmio dei tempi di lavoro e, di conseguenza, dei costi di produzione.

Inoltre, il processo di stampaggio del poliuretano, richiede un basso quantitativo di energia di produzione, grazie alla formazione autonoma della reazione esotermica che si forma all'interno dello stampo e che consente al materiale di espandersi e indurirsi, senza bisogno di ulteriore apporto di energia.

La ditta si ingrandisce, introduce il materiale nel settore dell'arredamento, dove determinati elementi sono impossibili da riprodurre con il legno o altri materiali e, successivamente, affianca la produzione del poliuretano allo sviluppo di ricerche finalizzate a migliorarne le proprietà.

Con l'appoggio del ministro italiano della ricerca, che favorisce e sponsorizza il lavoro del dott. Porta, vengono condotte due principali ricerche: la prima ha portato allo sviluppo e creazione di un materiale poliuretano antifiamma, al fine di evitare gravi incidenti (come avvenne nel carcere di Torino, dove, a seguito della combustione di materassi in poliuretano, vi furono numerose vittime e feriti); la seconda, tutt'ora in fase di sviluppo per altri materiali, ha come obiettivo la riduzione nella produzione dei poliuretani dell'utilizzo di catalizzatori, quali le ammine alifatiche o aromatiche, estremamente tossiche, in modo da poter ottenere un ambiente di lavoro più sano e sicuro e ridurre al minimo la manipolazione di materiali pericolosi.

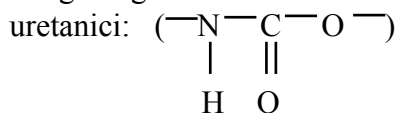
La riduzione dell'uso di catalizzatori, è stata resa possibile dalla scoperta che la catalisi di poliolo e isocianato (i due componenti che polimerizzano dando origine al poliuretano), può essere effettuata attraverso un campo magnetico.

Tale ricerca ha costituito un passo fondamentale nel settore della produzione del poliuretano, sia per la riduzione di sostanze tossiche, sia per una significativa diminuzione dei tempi di lavoro: il ciclo produttivo passa infatti da trenta minuti a sette, massimo otto, minuti.

Negli anni della nascita della Richard III, a metà degli anni ottanta, il poliuretano rigido strutturale costituiva un materiale innovativo, in fase di sviluppo ed espansione nel mercato dei materiali polimerici, in particolar modo i polimeri termoindurenti.

3.2.1 DAI PRODOTTI BASE AL POLIURETANO

Vengono generalmente chiamati poliuretani (PU) tutte le sostanze polimeriche contenenti più legami



In questa categoria sono quindi compresi una grande varietà di prodotti con caratteristiche, come la rigidità e la densità, molto diverse tra loro e, di conseguenza, con una vasta gamma di applicazioni.

La sintesi dei poliuretani ha come base la reazione tra isocianati e alcoli (dioli o polioli).

Le proprietà e le caratteristiche del prodotto polimerico ottenuto dipendono sia dalla struttura dei prodotti di base (polioli e isocianati), sia dal tipo di catalizzatori e additivi impiegati; catalizzatori e additivi vengono spesso premiscelati con i polioli e contribuiranno, durante la reazione con l'isocianato, sia a controllare la reazione di sintesi del poliuretano, sia a modificare le proprietà del polimero finale.

POLIOLI

I polioli utilizzati nella sintesi dei poliuretani possono essere di natura polietere o poliesteri o miscele dei due tipi e sono disponibili a diverse lunghezze di catena e a disposizione atomica da lineare a variamente ramificata.

Le caratteristiche del poliolo utilizzato, in particolare la flessibilità della sua struttura molecolare, la funzionalità (numero dei gruppi ossidrilici reattivi per molecola) e il peso molecolare, contribuiscono in larga misura a determinare il grado di reticolazione e le proprietà finali del polimero poliuretano che si formerà quando reagirà con un isocianato.

CATALIZZATORI

La catalisi relativa alle reazioni dei poliuretani è estremamente complessa a causa dei numerosi fattori che la influenzano, come l'effetto catalitico esercitato dal gruppo uretanico stesso, eventuali legami idrogeno o la natura dei vari solventi utilizzati.

I catalizzatori più diffusi sono a base di ammine alifatiche terziarie e/o sali organici di stagno.

Spesso i due catalizzatori sono impiegati contemporaneamente: in alcune formulazioni è presente solo quello amminico mentre il sale organico non agisce mai da solo.

I catalizzatori utilizzati nella sintesi di prodotti poliuretano richiedono spesso una attenta cura nella manipolazione, evitando il contatto con la pelle e gli occhi; molte di queste sostanze, infatti, possono essere assorbite attraverso la pelle e la maggior parte delle ammine terziarie, inoltre, sono fortemente irritanti.

SCHIUME POLIURETANICHE

Nella produzione di schiume poliuretano (poliuretano espansi) sono coinvolti due meccanismi: il primo è la reazione dell'isocianato, presente in eccesso, con i gruppi ossidrilici del poliolo: questa reazione permette l'allungamento della catena del poliolo e la terminazione della stessa tramite gruppi isocianici.

Il secondo meccanismo produce il gas rigonfiante e dà origine alla struttura della schiuma espansa; può essere di natura chimica o fisica: nel primo caso, alla reazione base della sintesi è appaiata quella del gruppo isocianico con l'acqua ed in questo modo la schiuma si ottiene dalla formazione dei legami uretanici e dal simultaneo svolgersi di anidride carbonica gassosa risultante dalla reazione con l'acqua.

L'espansione fisica, invece, sfrutta parte del calore della reazione di polimerizzazione per vaporizzare un liquido (agente rigonfiante) chimicamente inerte e con bassa temperatura di ebollizione.

Attualmente si impiegano prodotti quali idroclorofluorocarburi (HCFC), utilizzati in combinazione con l'acqua oppure da soli.

L'agente rigonfiante viene aggiunto nei polioli e la sua azione si manifesta con la vaporizzazione indotta dal calore sviluppato dalla reazione principale che è esotermica. L'utilizzo di questi agenti è interessante, oltre che dal punto di vista strutturale, anche per alcune applicazioni delle schiume prodotte: in particolare, il gas intrappolato nella struttura cellulare chiusa di alcune schiume può conferire ad esse ottime qualità coibentanti, impartendo loro un coefficiente di conduzione termica estremamente basso.

A seconda dei reagenti è possibile realizzare una vasta gamma di prodotti: le varie caratteristiche vengono impartite da differenze nelle miscele di partenza.

3.2.2 LA SINTESI DEI POLIURETANI

La sintesi di prodotti poliuretanicici avviene mediante due schemi generali di processo, che si differenziano per le modalità di conduzione della reazione di polimerizzazione: processo monostadio e processo con prepolimero.

I processi monostadio sono caratterizzati da una miscelazione diretta dei reagenti (isocianato e poliolo), spesso già contenenti vari additivi e catalizzatori. Ciò è possibile per la natura chimica della reazione: spontanea, rapida e facilmente controllabile.

I processi con prepolimero sono realizzati in più stadi e comportano la produzione di intermedi (prepolimeri) della poliaddizione degli isocianati. I prepolimeri sono sintetizzati tramite la reazione di un isocianato con un composto poliossidrilato.

Le tecnologie e le soluzioni impiantistiche mediante le quali vengono realizzati i prodotti poliuretanicici variano a seconda delle specifiche caratteristiche della produzione richiesta.

La produzione del poliuretano *Baydur 60*, materiale impegnato nella produzione della sedia Richard III, avviene tramite *processo monostadio*.

PROCESSO MONOSTADIO

La maggior parte dei prodotti poliuretanicici (espansi di varia natura e materiali prodotti con la tecnologia RIM: Reactive Injection Moulding) viene sintetizzata attraverso processi in singolo stadio.

Garantita una certa precisione nel dosaggio dei reagenti, la sintesi procede mantenendo le caratteristiche del prodotto all'interno di specifiche piuttosto restrittive.

In un processo monostadio è quindi importante controllare accuratamente il dosaggio dei reagenti per assicurare la stechiometria della reazione, soprattutto quando l'isocianato deve reagire con composti contenenti atomi di idrogeno a diversa reattività. Il corretto dosaggio può essere ostacolato dalle caratteristiche fisiche dei reagenti alla temperatura operativa.

La reazione procede rapidamente ed arriva a compimento, a seconda del catalizzatore impiegato, in un intervallo variabile tra 0.5 e 30 minuti; tuttavia è necessario ricordare che, nonostante il breve tempo richiesto per il completamento della reazione, il prodotto presenta le caratteristiche specifiche soltanto dopo molte ore, dalle ventiquattro alle quarantotto ore.

In questi processi (schiumature) le portate in gioco sono relativamente modeste e la durata del processo di iniezione dipende dal volume del prodotto da realizzare.

I processi monostadio sono realizzati in impianti dotati, in generale, dai seguenti elementi costitutivi:

- una attrezzatura o macchina per la preparazione e il condizionamento in termini di temperatura e pressione dei reagenti;
- un sistema di miscelamento e controllo dei dosaggi (mixer) e di iniezione;
- un sistema di movimentazione per i manufatti e/o le teste di miscelazione;
- un sistema di aspirazione e collettamento di effluenti gassosi e/o aerosol generati nel corso del processo.

IMPIANTI DI SCHIUMATURA

Gli impianti di schiumatura, utilizzati per la produzione di espansi di vario genere, differiscono in base al prodotto ottenuto (impianti batch per la produzione di manufatti stampati o impianti in continuo per ottenere espansi in blocchi di grandi dimensioni), oppure a seconda delle condizioni operative:

- IMPIANTI A BASSA PRESSIONE: 340 bar
- IMPIANTI AD ALTA PRESSIONE: 100 - 200 bar

Gli impianti per lo stampaggio della sedia Richard III sono impianti ad alta pressione.

Gli impianti di schiumatura sono costituiti dai serbatoi di servizio (serbatoi di macchina) e dal sistema di pompe e di componentistica che consente il prelievo e il controllo della portata di materie prime da inviare alle teste di schiumatura nelle quali avviene il miscelamento isocianatipolioli e l'inizio della reazione che continua all'interno degli stampi, nel caso dell'impianto batch, oppure sul nastro trasportatore, nel caso degli impianti in continuo.

- ***SERBATOI AUSILIARI***

Dai serbatoi di stoccaggio, i due reagenti (isocianato e poliolo) vengono inviati tramite pompe ai rispettivi serbatoi ausiliari che sono parte integrante della macchina schiumatrice; qui le materie prime vengono preparate per la reazione per quanto riguarda i parametri operativi di temperatura e pressione. I serbatoi di reparto devono essere dotati di sistemi di scambio termico efficienti in quanto la temperatura deve poter essere controllata strettamente al fine di evitare sensibili variazioni di viscosità; i serbatoi vengono mantenuti in leggera sovrappressione (1.5 - 3 bar) tramite aria compressa deumidificata o gas inerte.

Nelle macchine schiumatrici a bassa pressione, accanto ai serbatoi ausiliari per i due reagenti, vi è un serbatoio per il dosaggio del solvente di lavaggio alle teste di schiumatura.

- ***POMPE***

Dai serbatoi ausiliari le materie prime vengono inviate alle teste di miscelazione tramite pompe dosatrici che devono garantire grande precisione per assicurare la stechiometria della reazione.

Le pompe si differenziano per impianti ad alta o a bassa pressione: nel primo caso si utilizzano pompe a pistone radiali, assiali oppure con pistoni connessi in serie, nel secondo, invece, vengono utilizzate pompe ad ingranaggi ed, occasionalmente, pompe a pistone.

Durante il funzionamento dell'impianto, le pompe mantengono in continuo la circolazione dei due reagenti tra i serbatoi ausiliari e le teste di miscelazione dove, terminata la colata, i fluidi vengono deviati verso i rispettivi serbatoi.

- ***TESTA DI MISCELAZIONE***

Le teste miscelatrici si differenziano a seconda della pressione dell'impianto in cui sono impiegate. In impianti a bassa pressione, le materie prime (isocianato e poliolo) entrano parallelamente dall'alto della camera di miscelazione, dove subiscono un'omogeneizzazione piuttosto energica da parte di un agitatore, normalmente funzionante a velocità variabile: questo favorisce il contatto tra i reagenti e la formazione del prodotto, il quale viene infine colato all'uscita della camera.

Dopo ogni colata, la testa a bassa pressione deve essere ripulita dai residui poliuretanicici: questa operazione richiede un lavaggio con solvente opportuno, che viene inviato alla testa da un serbatoio compreso nella macchina schiumatrice. Durante questa operazione, attraverso una valvola a tre vie, viene interrotto l'afflusso dei reagenti alla camera di miscelazione, da qui vengono ricircolati verso i due serbatoi ausiliari.

I vari modelli di teste di miscelazione presenti sul mercato differiscono essenzialmente per la forma dell'agitatore, che varia a seconda della viscosità che il prodotto raggiunge nella camera di miscelazione. Le teste miscelatrici ad alta pressione non sono dotate di agitatore e lavorano secondo il principio dell'iniezione controcorrente: le due correnti dei reagenti si incontrano nella camera di miscelazione dove vengono a mescolarsi in modo omogeneo a causa dell'elevata pressione e turbolenza.

Dopo la colata di schiuma, la camera viene attraversata da uno stelo autopulente che espelle il materiale residuo e, contemporaneamente, interrompe il contatto tra i fluidi di reazione, deviandoli singolarmente nei rispettivi circuiti di ricircolo verso i serbatoi ausiliari.

Lo stelo autopulente elimina quindi la necessità dell'operazione di lavaggio indispensabile per le macchine a bassa pressione, consentendo un risparmio di tempo e un miglioramento delle condizioni di sicurezza in quanto esclude l'impiego di solventi infiammabili.

3.2.3 IL POLIURETANO RIGIDO STRUTTURALE

Sintetizzando quanto appena descritto, il poliuretano rigido strutturale bi-componente è un materiale polimerico termoindurente che risulta dalla reazione chimica di due sostanze base: poliolo e isocianato. Queste sostanze, miscelate tra loro all'interno di una apposita macchina detta "schiumatrice", producono la schiuma di poliuretano, la quale solidificando dà origine ad un materiale resistente, indeformabile e inalterabile.

A differenza delle altre resine termoindurenti, si solidifica a freddo, in un tempo che varia in funzione delle dimensioni, della densità e degli spessori del componente da stampare.

CARATTERISTICHE

- Ottima resistenza alle sollecitazioni meccaniche.
- Elevate caratteristiche di resistenza alla fiamma, se trattato con prodotti ignifughi privi di alogeni.
- Notevole tolleranza alle intemperie e agli agenti atmosferici in generale.
- Garantisce inerzia chimica a contatto con moltissime sostanze organiche e inorganiche (compresi gli acidi più comuni).
- Ottime caratteristiche di isolamento termico ed elettrico.
- Superficie perfettamente verniciabile con ogni tipo di coprente, anche con finiture conduttive.
- Permette di annegare inserti metallici e non, all'interno del manufatto, durante lo stampaggio al fine di agevolare fissaggi e rinforzi.

SETTORI DI UTILIZZO

Grazie alle sue caratteristiche, il poliuretano rigido strutturale consente di progettare e stampare oggetti di pregio, anche con forme complesse, in numerosi settori:

- Industria meccanica
- Industria automobilistica
- Industria elettronica
- Apparecchiature elettromedicali
- Arredamento ospedaliero
- Arredamento industriale

VANTAGGI

Il poliuretano rigido strutturale consente di:

- Ottenere forme complesse anche con sottosquadri, mediante il ricorso a stampi con carrelli mobili.
- Avere bassi costi di produzione, poiché le pressioni in gioco sono di gran lunga inferiori rispetto a quelle dello stampaggio a iniezione dei materiali termoplastici ed è quindi possibile utilizzare stampi in alluminio o, soprattutto, in resina.
- Impiegare una quantità limitata di energia poiché all'interno dello stampo si forma una reazione esotermica autonoma che porta all'espansione del materiale.
- Produrre contemporaneamente materia prima e pezzo stampato, a differenza dello stampaggio dei

materiali termoplastici che richiedono una preliminare produzione del materiale da stampare (in granuli, polvere o pellet).

- Produrre un numero limitato di pezzi all'anno (da poche decine a qualche centinaio).
- Stampare pezzi di grandi dimensioni in un pezzo unico, senza effettuare successivi passaggi di montaggio.
- Ottenere spessori di parete variabili (dai 4 ai 20 mm).
- Ottenere superfici omogenee, compatte, prive di risucchi e deformazioni.
- Ottenere superfici differenti, lisce, goffrate, a grana fine o a grana grossa.

SVANTAGGI

L'impiego del poliuretano rigido strutturale presenta due principali grandi svantaggi:

- Come tutti i materiali polimerici termoplastici non può essere riciclato, poichè, avvenuta la reticolazione del materiale, un ulteriore riscaldamento ne comporterebbe il degrado.
- Necessita di operazioni di verniciatura successive alla fase di stampaggio poichè non è possibile la colorazione in massa, se non nel caso in cui il colore sia un fattore di secondaria importanza; in tal caso, è possibile aggiungere adatti pigmenti al componente poliolic. Il risultato poco soddisfacente di tale colorazione e quindi la necessaria verniciatura successiva, contribuiscono ad un innalzamento dei costi di produzione che influisce negativamente sull'economicità del processo, rendendolo un materiale molto meno competitivo di altri.

3.2.4 POLIURETANO BAYDUR ® 60

Il materiale impiegato nella realizzazione della sedia Richard III, è il Baydur ® 60, prodotto e distribuito dalla ditta Bayer Material Science.

E' un poliuretano rigido strutturale a media densità (compresa tra 550 gr/dm³ e i 650 gr/dm³), caratterizzato da una struttura a sandwich (la pelle esterna compatta e il nucleo cellulare).

RESISTENZA

La struttura a sandwich conferisce ai particolari stampati un'elevata resistenza meccanica associata ad un basso peso specifico.

LEGGEREZZA

La particolare composizione permette di realizzare, a parità di dimensioni, scocche molto più leggere rispetto ad altri materiali.

UNIFORMITA'

La miscela reattiva espande in uno stampo chiuso formando una superficie compatta a pelle integrale ed un nucleo con una struttura finemente porosa a cellule chiuse.

STABILITA'

La variazione della densità attraverso la sezione del pezzo avviene gradualmente aumentando dall'interno verso la superficie, garantendo perfetta stabilità dimensionale ed elevata resistenza meccanica.



Fig. 3.5
Campioni di Baydur 60

SCHEMA TECNICA BAYDUR 60

PROPRIETA'	UNITA'	VALORE
DENSITA'	g/cm ³	0,63
RESISTENZA A TRAZIONE	N/mm ²	18
MODULO A TRAZIONE	N/mm ²	660
RESISTENZA ALLA FLESSIONE	N/mm ²	32
MODULO A FLESSIONE	N/mm ²	740
ALLUNGAMENTO A ROTTURA	%	8
RESISTENZA A COMPRESSIONE	N/mm ²	19
MODULO A COMPRESSIONE	N/mm ²	270
RESISTENZA ALL'URTO (senza intaglio) A 22°C	KJ/m ²	16
RESISTENZA ALLA DEFORMAZIONE TERMICA	°C	fino a 101°C
DUREZZA SUPERFICILAE SECONDO SHORE D	- -	69

Tab. 3.2
Proprietà del PU Baydur 60

3.3 PROCESSO:RIM (Reactive Injection Moulding)

La sedia Richard III è prodotta mediante tecnologia RIM (Reactive Injection Moulding).

Si tratta di una tecnologia molto simile allo stampaggio a iniezione dei materiali termoplastici, differisce da essa principalmente per il particolare profilo di temperatura richiesto da cilindro e stampo: nei termoindurenti, infatti, il profilo di temperatura si mantiene sopra la temperatura di fusione in tutta la zona di plastificazione, ma sotto la temperatura di reticolazione e indurimento, temperatura che viene raggiunta invece all'interno dello stampo, il quale si trova quindi ad una temperatura superiore.

Tale processo produttivo si sviluppò durante gli anni Cinquanta in Europa, utilizzando sistemi poliuretanici per la fabbricazione di manufatti di grandi dimensioni.

Prima dell'iniezione all'interno dello stampo si ha la miscelazione, precedentemente descritta, dei due componenti liquidi, isocianato e poliolo; all'interno dello stampo avviene la reazione di polimerizzazione e il conseguente indurimento del materiale.

Il processo richiede un accurato controllo della temperatura, poichè con essa cambiano la viscosità e la densità dei due liquidi: lo stesso stampo si comporta come un vero e proprio reattore, quindi deve essere opportunamente termoregolato, poichè la velocità di reazione raddoppia ogni 10° C, circa, di incremento della temperatura.

La forma finale è ottenuta per espansione (e indurimento) del poliuretano all'interno della cavità dello stampo.

La tecnologia RIM è adatta a:

- componenti di medio - grandi dimensioni, con massa fino ad alcune centinaia di Kg;
- produzioni limitate, da alcune decine a qualche migliaia di pezzi all'anno.

VANTAGGI

- investimenti di attrezzature minori rispetto allo stampaggio a iniezione;
- possibilità di utilizzare stampi in resina (molto economici);
- ridotto fabbisogno energetico poichè sono coinvolte basse pressioni di iniezione.

Il componente stampato., nel caso del poliuretano rigido strutturale, richiede sempre operazioni successive di finitura superficiale, quali la verniciatura, la sabbiatura o la lappatura.

3.3.1 CICLO PRODUTTIVO RICHARD III

FASE STAMPAGGIO

1. La prima fase dello stampaggio prevede il riscaldamento dello stampo, che viene portato ad idonea temperatura.
2. Dopo avere scaldato lo stampo, si procede con la fase di ceratura, necessaria per poter ottenere il totale distacco del componente stampato dallo stampo, senza danneggiamenti superficiali.
3. Permanenza del pezzo all'interno dello stampo, ovvero polimerizzazione, espansione e raffreddamento del materiale termoindurente.
4. Apertura dello stampo ed estrazione del componente.

TEMPO TOTALE FASE 1: **20 minuti**



Fig. 3.6
Schiumatrice ad alta pressione

FASE FINITURA SUPERFICIALE

Operazioni di finitura e sbavatura del componente stampato.
Tale operazione è necessaria per tutti i componenti stampati in poliuretano.

Dopo aver effettuato tutte le operazioni di finitura e pulizia della superficie del componente, segue la fase di verniciatura.

TEMPO TOTALE FASE 2: **20 minuti**



Fig. 3.7
Stazione di finitura e sbavatura

3.3.2 STAMPI RICHARD III

L'azienda che attualmente si occupa dello stampaggio della sedia Richard III, è la LINEA AR, situata a Vighizzolo di Cantù (CO).

La visita in azienda ha reso possibile fotografare gli stampi in resina per la produzione della sedia.

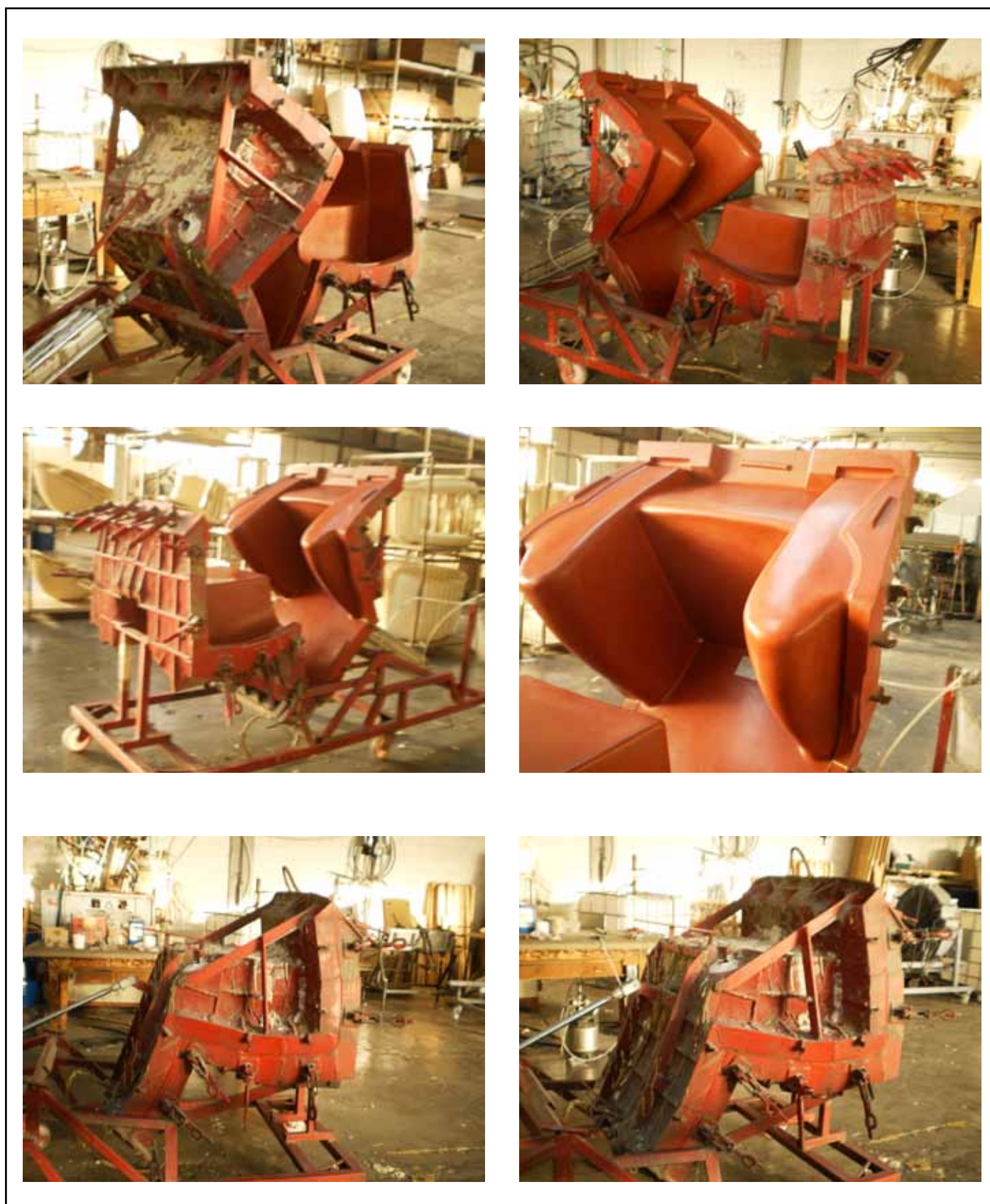


Fig. 3.8
Stampo in resina della poltrona Richard III

3.4 SUGGERIMENTI PROGETTUALI

La poltrona Richard III, per le sue caratteristiche estetiche, rimarrà sempre un prodotto da museo. Tuttavia è possibile migliorarne alcuni elementi nell'ottica di un design volto all'ecosostenibilità. Il principale miglioramento si otterrebbe con la sostituzione del poliuretano rigido strutturale con un materiale termoplastico, maggiormente riciclabile rispetto ad un polimero termoindurente.

UTILIZZO DEL PE E DELLO STAMPAGGIO ROTAZIONALE

L'utilizzo del PE come materiale alternativo, è suggerito dall'osservazione di una poltrona di Starck, la Bubble, successiva alla Richard III, ma molto simile.

La poltrona è stata realizzata in PE colorato in massa e prodotta mediante stampaggio rotazionale.



Fig.3.9
Confronto tra Richard III e Bubble

Anche la poltrona Richard III potrebbe essere realizzata in PE mediante stampaggio rotazionale. Tuttavia, come è evidente anche dall'osservazione dell'immagine 4.1, la qualità del progetto ne risentirebbe. Un grande limite dello stampaggio rotazionale è dovuto infatti al fatto che non consenta di ottenere un'ottima qualità superficiale, ma, al contrario si ottiene una superficie ricca di imperfezioni.

Allo stesso tempo, l'utilizzo del PE costituisce una buona soluzione progettuale per quanto riguarda il raggiungimento di un buon compromesso tra proprietà meccaniche, costo e resa estetica, ma si tratta in qualsiasi caso di un materiale abbastanza povero, che non spicca per particolari qualità meccaniche o estetiche.

A prescindere da queste considerazioni, lo stampaggio rotazionale, date le sue caratteristiche, potrebbe essere la soluzione progettuale ideale, in quanto:

- Consente di ottenere componenti di grandi dimensioni (la poltrona Richard III è molto ingombrante);

- Permette di controllare lo spessore dosando in maniera esatta la quantità di polimero utilizzato;
- E' possibile ottenere pezzi di grandi dimensioni ma leggeri poichè cavi al loro interno;
- Gli stampi necessari sono più economici rispetto a quelli utilizzati in altre tecnologie di stampaggio.

Tra gli svantaggi di tale processo vi è un tempo ciclo elevato, che tuttavia non costituirebbe un grosso problema dato il ridotto numero di pezzi che dovrebbero essere prodotti in un anno.

In qualsiasi caso sarebbe sicuramente necessaria una riprogettazione della poltrona, modificandone il disegno per adattarlo alle necessità dello stampaggio rotazionale.

L'utilizzo di PE e dello stampaggio rotazionale per la realizzazione della Richard III costituiscono una pura ipotesi progettuale, che dovrebbe essere soggetta a prove e verifiche e dovrebbe essere unita alla ricerca di elementi che possano migliorare i problemi legati sia al materiale che al processo produttivo.

4. MIMI'



Enrico Baleri, 1991
Baleri Italia S.p.a.

4.1 PRESENTAZIONE

“

Di aspetto semplice e divertito, Mimì è in realtà il frutto di un gioco sapiente che all'invenzione formale e alla sperimentazione materica ha unito il ricorso alla memoria. Il ricordo della forma più semplice della sedia, l'archetipo così come potrebbe disegnarlo un bambino, si sposa in Mimì con l'eleganza e il colore del segno contemporaneo.

Matteo Vercelloni - Catalogo Baleri Italia "Underwear"

La protagonista pucciniana diventa qui una struttura morbida e sfrontata in cui dominano contenuti grafici stilisticamente contraddittori: è un delicato sensuale equilibrio di linee tonde e spezzate.

Oggetto estremamente versatile, in virtù della sua accatastabilità, sa tanto apparire quanto sparire.

La realizzazione, avvenuta secondo schemi di interpretazione molto personali, non nasconde la rilevanza data alla tecnologia industriale e alla ricerca.

Catalogo Baleri Italia "Frammenti III"

Una sedia dal volto familiare, utilizzando le tecnologie delle materie plastiche industrialmente più avanzate.

L'intenzione di ottenere una sedia con seduta e schienale in materiale plastico, ma che rispondesse a criteri formali ed evocativi al contempo lontani dalla sensazione di economicità, tipica dell'uso della plastica, e vicini al gusto ammiccante degli anni Cinquanta, ha portato alla lunga sperimentazione - attuata in collaborazione con alcune multinazionali delle materie plastiche - e all'utilizzo di un policarbonato traslucido, antigraffio, resistente alla luce, costante nel tempo.

Catalogo Baleri Italia "Underwear"



4.2 LA STORIA DI MIMI'

Ci sono nomi evocativi, nomi che racchiudono un destino, nomi che suscitano emozioni, che stimolano l'intelletto. Mimi', Puccini incolla questo nome su un personaggio fragile, destinato ad ammalarsi e morire.

Mimi', una sedia piccola, una struttura semplice, un materiale traslucido, leggero, una storia travagliata, fatta di tentativi, esperimenti, cambiamenti, delusioni.

E' il 1987 quando Enrico Baleri si trova al museo del Louvre, più precisamente nella piramide di Pei, un luogo capace di amplificare le capacità cerebrali di chi vi sta all'interno, di creare una strana alchimia tra lo spazio e il soggetto.

In lontananza scorge un uomo, grande, pacioso, sembra che sia seduto sul nulla, su qualcosa di invisibile, Baleri lo osserva e non capisce, non può essere una delle sedie in dotazione al museo, grosse e pesanti, la loro struttura si vedrebbe.

Ad un tratto, come per una sorta di telepatia, l'uomo si alza e svela una piccola sedia, blu, sembra bella, sembra magica.

Baleri si incammina, raggiunge l'oggetto del suo stupore e ne rimane deluso.

E' una piccola sedia da cucina, di quelle con le gambe posteriori allargate, di un blu volgare, poco raffinato.

Di questo episodio conserva però un'intuizione, capisce che una sedia non dev'essere necessariamente grande per essere comoda, che ergonomia non significa dilatare le dimensioni, se un uomo di quella stanza ha preferito portarsi da casa una sedia piccola, evidentemente la trovava più comoda delle altre.

Inizia a pensare ad una sedia che occupi poco spazio e che sia impilabile, ma non nel modo che caratterizza le sedie in commercio, non nel modo della sedia Plia, per esempio, la più venduta delle sedie pieghevoli.

Chiede allora a tutti i designer che conosce, Starck, Mendini, Wettstein, Scarpa, di progettare la sedia che ha in mente, ma da nessuno ottiene il risultato sperato.

Decide quindi di realizzarla da sé, disegna e viaggia, passa dalla Francia all'Olanda e produce un primo schizzo molto soddisfacente.

Tornato in Italia racconta del progetto ad Alain, suo assistente, il quale è felice di intraprendere un nuovo percorso.

Nasce il primo prototipo, fatto di una lastra di metacrilato e una struttura semplice, realizzata dal fabbro, e a settembre presenta al salone del mobile il segreto della sua idea.

La sedia ha successo, un importante cliente giapponese, la Cassina Japan, ne è entusiasta, appoggia il progetto e come lui qualche altra azienda.

Iniziano i primi problemi, le prime delusioni.

Per realizzare gli stampi si rivolge alla ditta RangerPlast, il cui tecnico propone DuPont come fornitore di materiale.

DuPont propone un materiale nuovo, ancora in fase di sperimentazione, lo Zytell 330, un nylon amorfo traslucido, che sembra essere ideale, garantisce le caratteristiche estetiche desiderate.

Si producono i primi pezzi stampati ad iniezione, ma l'emozione di vedere il proprio progetto realizzarsi viene presto stroncata da un banale episodio: Enrico Baleri impugna il componente stampato, lo solleva, cade, si frantuma in mille pezzi.

Si chiede quindi come possa questo materiale riuscire a resistere alle sollecitazioni di una persona



seduta, ma il tecnico della DuPont lo rassicura sull'ideoneità del nylon.

Le sedie vengono quindi prodotte e mandate al CATAS, un importante centro di ricerca primo in Italia ad eseguire test e sperimentazioni sulle sedie.

La Mimì non supera i test. Come già intuito il materiale non è adatto.

Le sedie prodotte sono migliaia, bisogna trovare una soluzione per poterle recuperare e renderle utilizzabili e vendibili.

Enrico Baleri si rivolge all'amico ingegnere, il quale intuisce che parte del problema potrebbe essere risolto riprogettando la trave sottostante il sedile, allora sovradimensionata. Una struttura sovradimensionata rischia infatti di ottenere l'effetto contrario e per assurdo essere meno resistente alle sollecitazioni fisiche.

Si decide quindi di tagliare e abbassare le travi di tutte le sedie prodotte, che vengono rimandate al CATAS dove viene confermata la migliorata resistenza e stabilità.

Tuttavia i problemi non finiscono, le materie plastiche hanno regole e strutture ben diverse rispetto a quelle dei metalli o del legno, per cui i tagli determinano micro fessure che danno origine a cricche che portano alla rottura del materiale.

Vengono prese nuove decisioni, si cambiano sia stampatore (passando dalla ditta RangerPlast alla Bi.Na), sia materiale, che fin dall'inizio aveva presentato problemi.

Nuovi investimenti si rendono necessari, ogni materiale presenta caratteristiche di ritiro e tolleranze differenti, occorre la totale revisione dello stampo già realizzato.

In collaborazione con l'azienda GeneralElectric, viene scelto il policarbonato, in grado di garantire prestazioni estetiche e funzionali adeguate.

Le nuove sedie vengono inviate di nuovo al CATAS e finalmente superano tutte le prove di resistenza.

Si procede con la produzione e la vendita, il successo è immediato, ma lentamente inizia a delinearsi un nuovo problema: la resistenza del policarbonato ai solventi chimici utilizzati nella pulizia delle sedie, in particolar modo l'ammoniaca, la quale altera la struttura del materiale rendendolo molto più fragile.

Si decide quindi di aggiungere una barra in nylon per irrobustire la struttura e di allegare al prodotto indicazioni d'uso con l'elenco delle sostanze da non utilizzare, con la consapevolezza tuttavia che il corretto utilizzo non verrà mai garantito.

La storia della sedia Mimì si interrompe a questo punto, incompleta, con problemi aperti e nuove soluzioni da individuare per potere ridare a questo progetto il giusto successo.

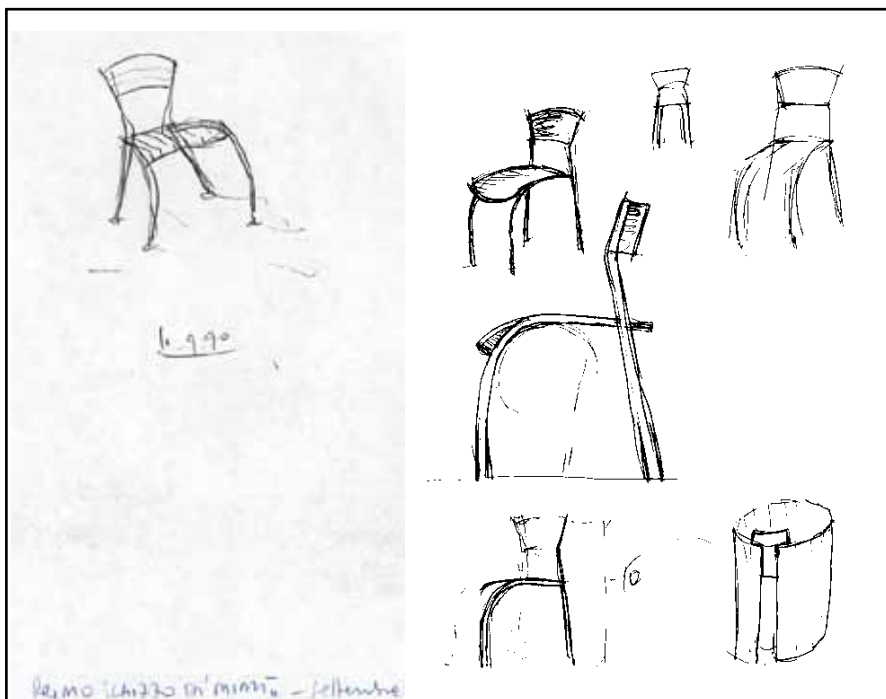


Fig.4.1
I primi schizzi della sedia Mimì

5.3 INNOVAZIONI E PROBLEMI

Il processo di progettazione della sedia Mimi è un processo ricco di elementi innovativi e sperimentali, che si sono tuttavia rivelati un'arma a doppio taglio: da un lato infatti hanno contribuito al grande successo della sedia e alla sua riconoscibilità in tutto il mondo, dall'altro, scelte sbagliate e incontri sfortunati, ne hanno determinato la fine.

ELEMENTI DI INNOVAZIONE:

- *UNA SEDIA IN POLIMERO TRASLUCIDO*

Il più importante elemento innovativo è costituito dall'impiego di un materiale termoplastico traslucido. Nei primi anni Novanta, infatti, tali materiali erano destinati soprattutto all'industria meccanica ed elettronica; l'innovazione consiste nell'inserire questo materiale in un nuovo contesto, quello dell'arredamento.

Tale scelta progettuale contribuisce a donare alla sedia un aspetto di leggerezza, elemento non solo visivo, ma anche effettivo; la sedia Mimi si contraddistingue infatti per il suo ridotto ingombro e la sua leggerezza.

- *UNA SEDIA PICCOLA E LEGGERA*

Proprio le dimensioni ridotte costituiscono un altro elemento di innovazione.

L'intuizione di Enrico Baleri è stata capire che affinché un oggetto sia comodo e confortevole non deve necessariamente essere grande o presentare misure dilatate, la comodità può anche essere racchiusa in un oggetto dalle dimensioni contenute. La sedia Mimi è comoda anche per il fatto che occupa poco spazio e, conseguentemente, è più leggera e facile da spostare e trasportare.



Fig.4.2
Versione bianca della sedia Mimi

- *UNA SEDIA ACCATASTABILE*

La sedia Mimì esprime un nuovo concetto di impilabilità, non più verticalmente come le tradizionali sedie, ma orizzontalmente. Se è vero infatti che l'impilabilità verticale consente di guadagnare spazio, è altrettanto vero che ciò va a discapito della comodità; risulta infatti molto più scomodo raggiungere una sedia posta ad una determinata altezza dal pavimento che una sedia appoggiata al pavimento. L'accatastabilità della sedia Mimì rappresenta un'eccellente compromesso tra l'ottimizzazione dello spazio (e quindi una riduzione degli ingombri dati dalla presenza di più sedie) e la comodità di raggiungere facilmente tutte le sedie, infilate l'una dentro l'altra anziché essere sovrapposte.



Fig.4.3
Sedie Mimì accatastate

PROBLEMI

- *MATERIALI FRAGILI*

I problemi della sedia Mimì sono tutti legati all'impiego di materiali non idonei. L'iniziale impiego della resina poliammidica amorfa Zytel 330 si è rivelato completamente non adatto all'applicazione in quanto non sufficientemente resistente; tutte le sedie non erano in grado di sopportare sforzi tipici del normale uso di una sedia, mentre il successivo impiego del policarbonato Lexan ha evidenziato grossi problemi di incompatibilità con i solventi utilizzati nella pulizia delle sedie. Il policarbonato è infatti estremamente sensibile all'uso di tali solventi non solo nel caso in cui vengano applicati direttamente sulla sedia, ma anche se utilizzati per pulire superfici circostanti; tale materiale è infatti particolarmente sensibile anche alle esalazioni dei solventi chimici, soprattutto per quanto riguarda l'ammoniaca.

Tale problema ha determinato la fine della produzione della sedia Mmi.

5. ANALISI PROGETTUALE MIMI'



5.1 DISTINTA BASE

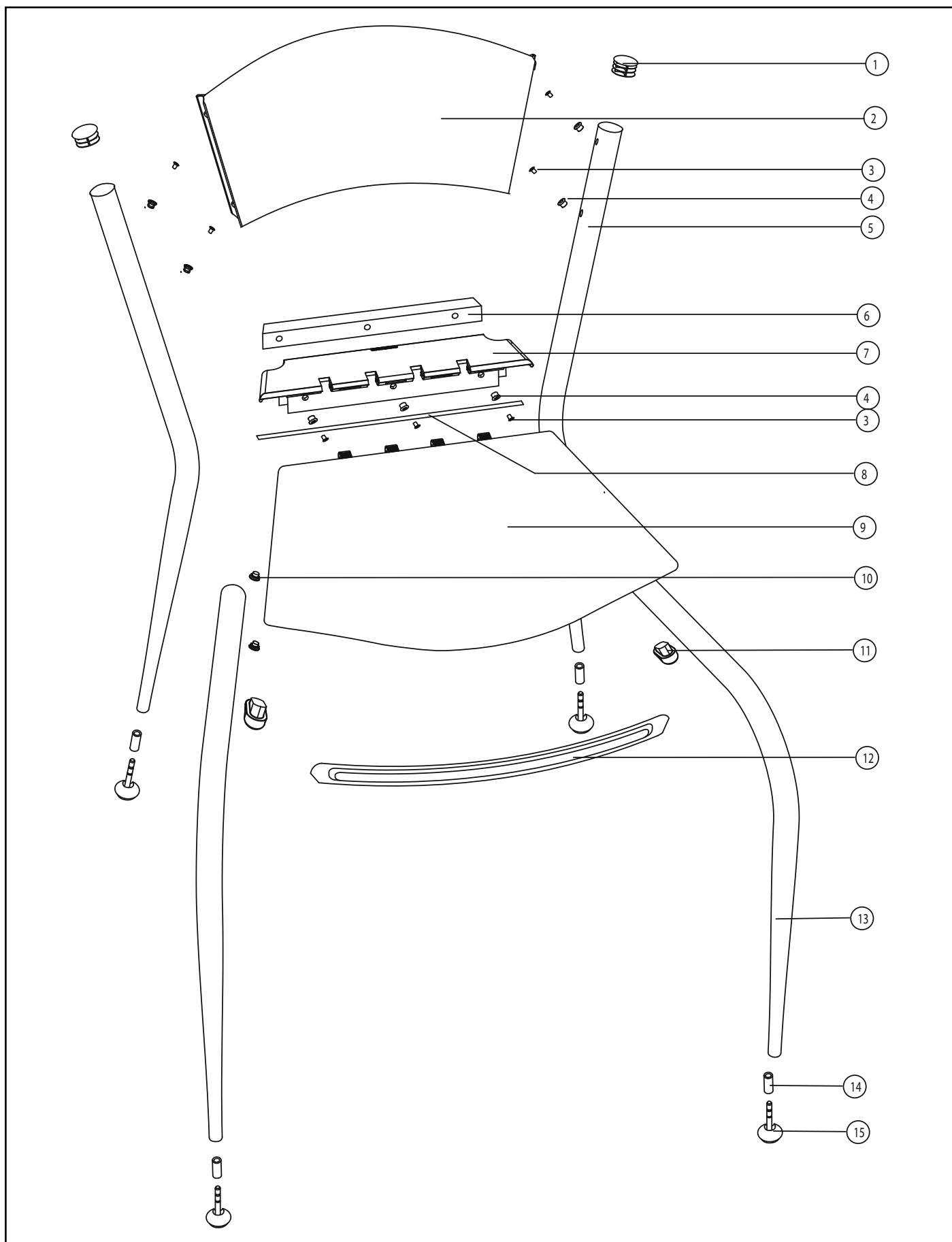


Fig. 5.1
Esploso della sedia Mimì

DISTINTA BASE

POSIZIONE	DENOMINAZIONE	MATERIALE
1.	Copritesta tubi	Fe imbutito Diam. 22mm Spessore 1,2 mm Altezza 12 mm
2.	Schienale	PC Lexan
3.	Rivetti	Alluminio
4.	Gommini rivetti	Gomma
5.	Gamba posteriore	Alluminio
6.	Traversino posteriore	Acciaio 230x20x20 Spessore 1,5 mm
7.	Cerniera	PC Lexan
8.	Spina sedile	Alluminio Diam. 3,5 mm Lunghezza 21 6mm
9.	Sedile	PC Lexan
10.	Gommini circolari seduta	Gomma
11.	Gommini ovali traversino	Gomma
12.	Traversino imbutito	Acciaio Spessore 2 mm
13.	Gamba anteriore conificata	Alluminio
14.	Bussola	PVC
15.	Piedini snodati e base in PE	Alluminio PE

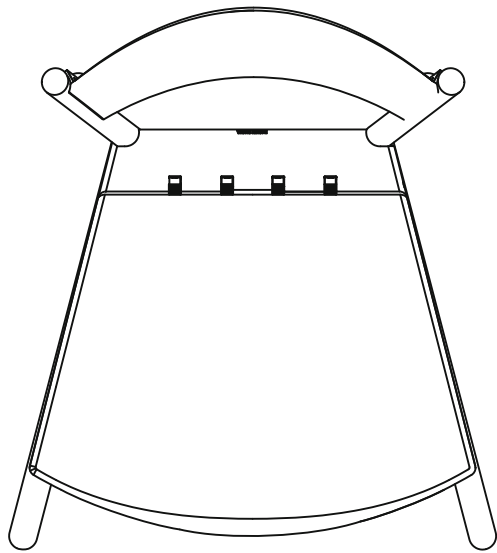
Tab. 5.1
Distinta base Mimi

PROCESSI DEI PRINCIPALI COMPONENTI

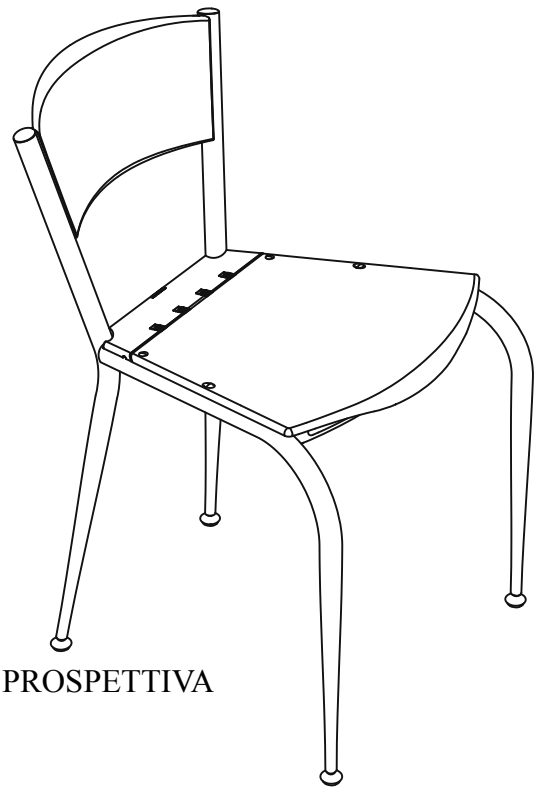
COMPONENTE	PROCESSO	FINITURA
2. SCHIENALE	Stampaggio a iniezione	Traslucido Colorazione in massa
5. GAMBA POSTERIORE CONIFICATA	Estrusione, piegatura e conificatura	Cromatura Verniciatura con polveri epossidiche cotte in forno a 180°C
7. CERNIERA	Stampaggio a iniezione	Traslucido Colorazione in massa
9. SEDILE	Stampaggio a iniezione	Traslucido Colorazione in massa
13. GAMBA ANTERIORE CONIFICATA	Piegatura e conificatura	Cromatura Verniciatura con polveri epossidiche cotte in forno a 180°C

Tab. 5.2
Processi dei principali componenti

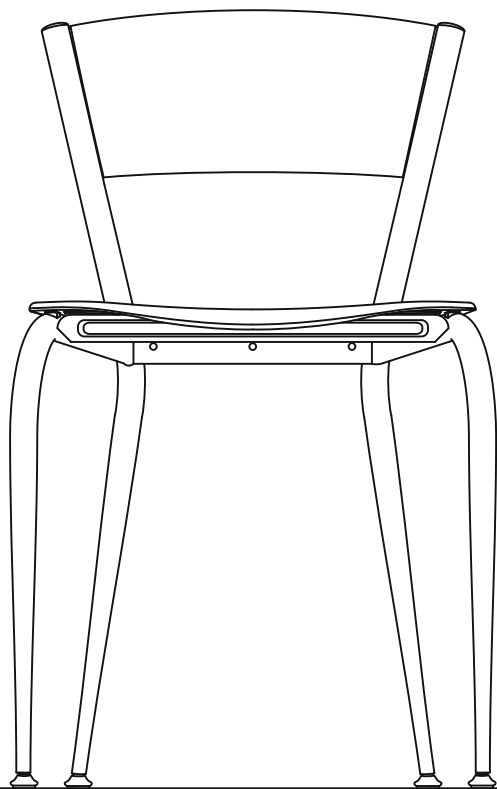
VISTE



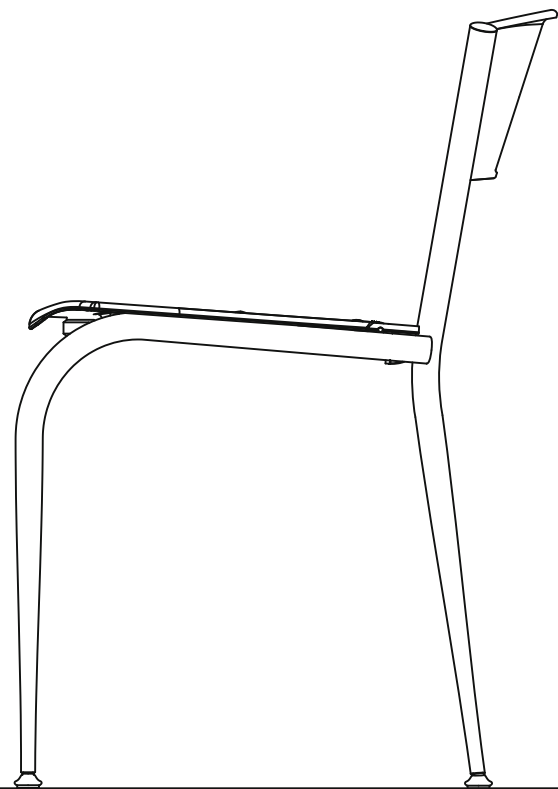
VISTA DALL'ALTO



PROSPETTIVA



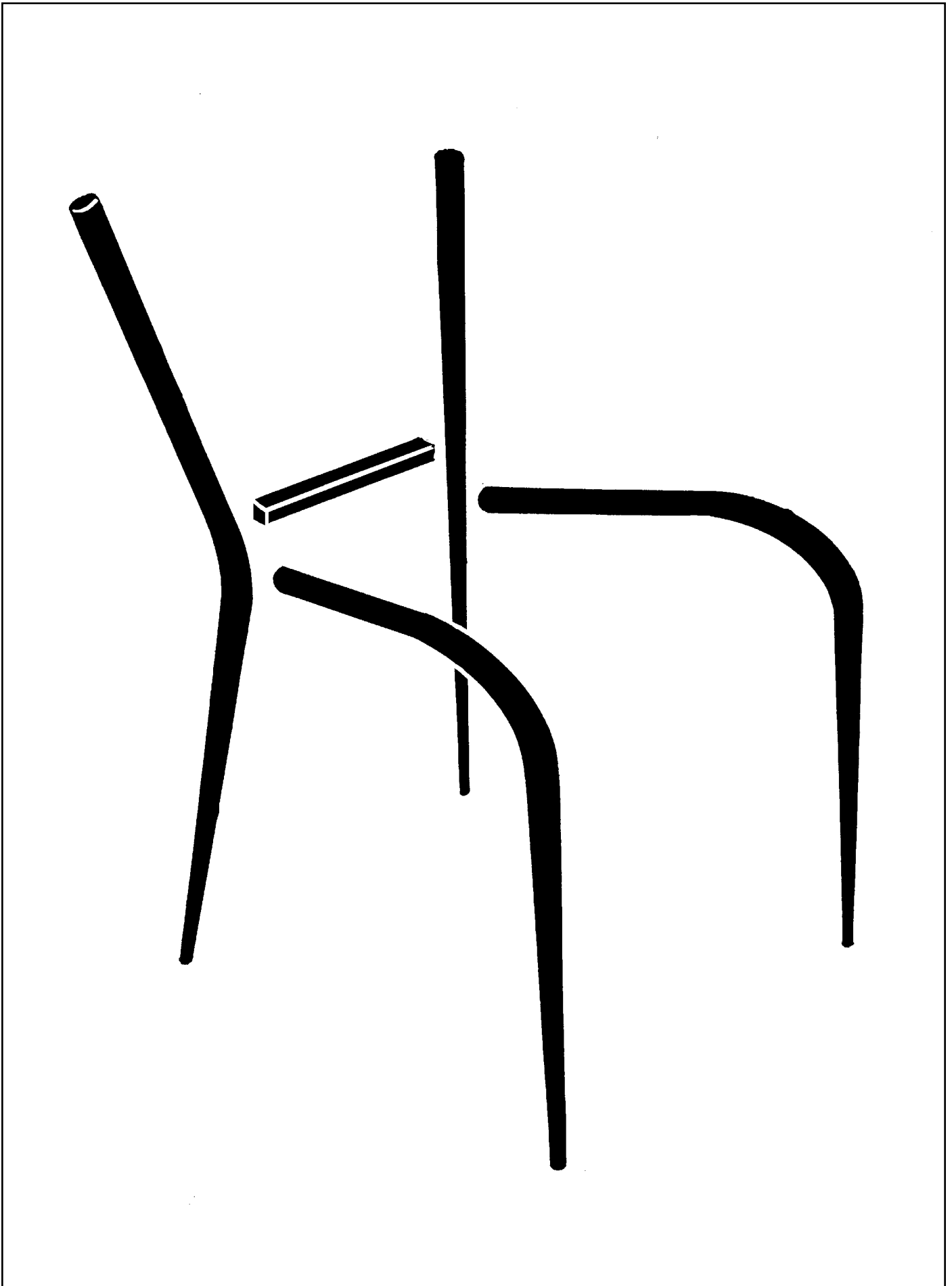
VISTA FRONTALE



VISTA LATERALE

Fig. 5.2
Viste della sedia Mimì

5.2 ANALISI TELAIO



VISTE TELAIO

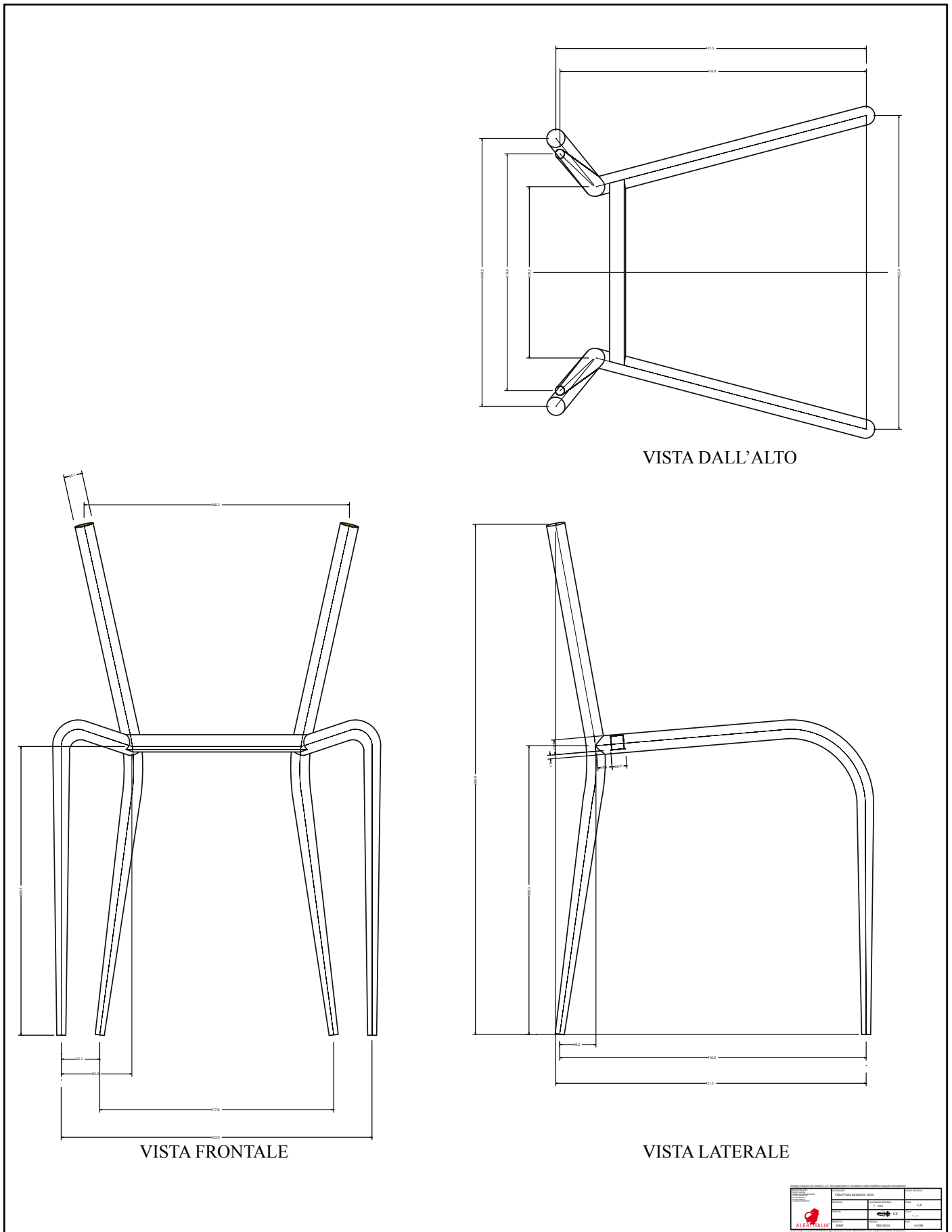


Fig. 5.3
Viste del telaio

5.2.1 COMPONENTI TELAIO

ELEMENTI DEL TELAIO

La struttura che costituisce il telaio della sedia è composta da quattro tubi a sezione circolare (le gambe) e una traversa a sezione rettangolare (traversa per l'aggancio della cerniera).

Gambe posteriori conificate:

Sezione: circolare cava

Diametro iniziale: 25mm

Diametro finale: 12mm

Spessore: 1,5 mm

Lunghezza totale: 730 mm

N° fori: 2 per rivetti ferma schienale

Gambe anteriori conificate:

Sezione: circolare cava

Diametro iniziale: 25,mm

Diametro finale: 12 mm

Spessore: 1,5mm

Lunghezza totale: 715 mm

N° fori: 0

Traversa quadra per fissaggio cerniera:

Sezione: rettangolare cava

Dimensioni: 238mm x21mm x21mm

Spessore: 1,5 mm

N° fori: 3 per rivetti ferma cerniera

SEQUENZA PRODUTTIVA

1. **TUBI** in acciaio nelle due diverse sezioni (circolare e rettangolare).
2. **CONIFICA** dei tubi a sezione circolare che costituiscono le gambe anteriori e posteriori.
3. **FORATURA** delle gambe posteriori per rivetti ferma schienale e foratura della traversa per rivetti ferma cerniera.
4. **PIEGATURA** delle gambe posteriori e anteriori (processo effettuato tramite macchine piegatubi su una dima avente il profilo che si vuole ottenere).
5. **SALDATURA** delle gambe e della traversa per il fissaggio della cerniera.
6. **VERNICIATURA** a polvere a base di poliestere
- 6.1 **CROMATURA** nella versione cromata

5.2.2 CONIFCAZIONE

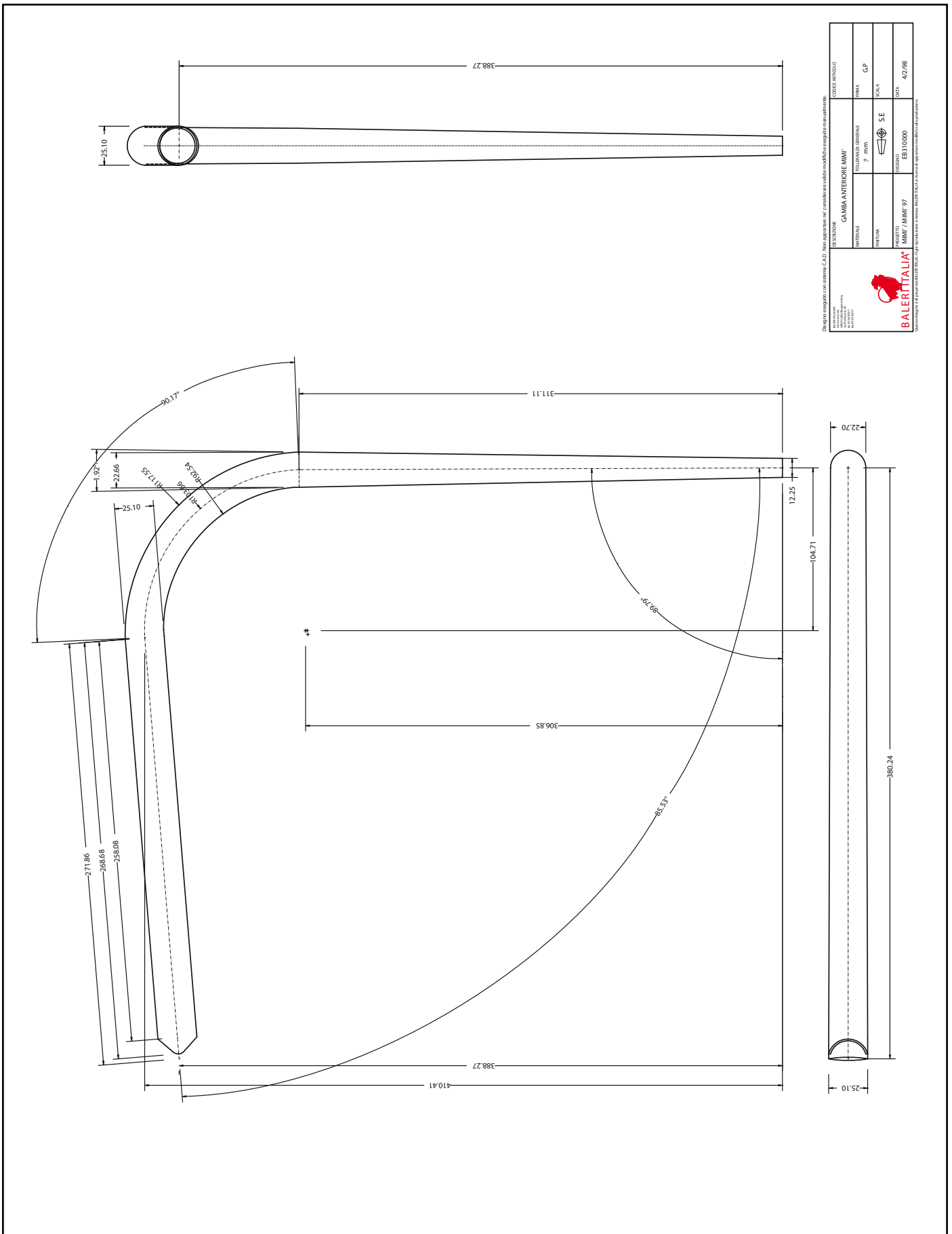


Fig. 5.4
Gamba anteriore conifcata

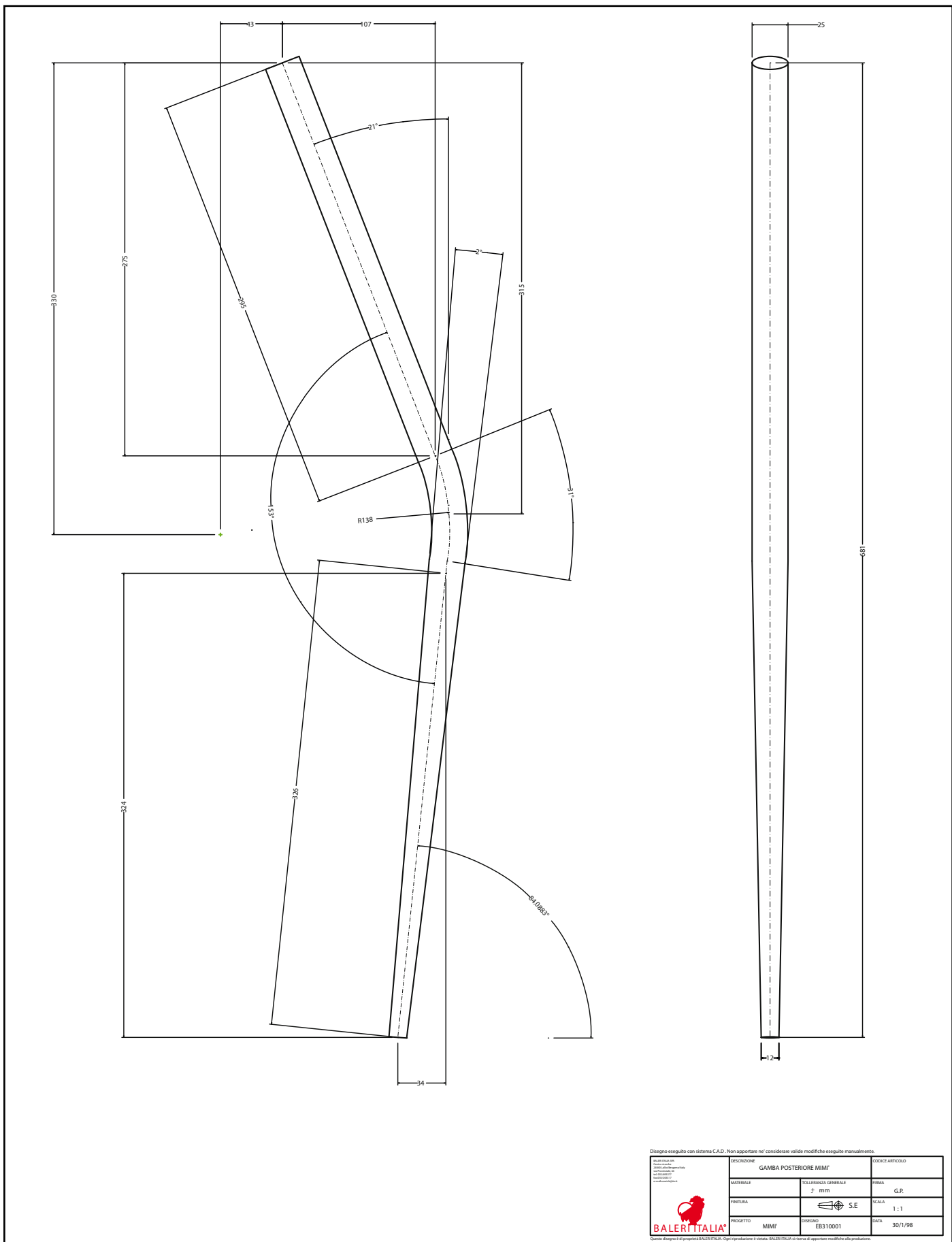


Fig.5.5
Gamba posteriore conificata

Disegno eseguito con sistema C.A.D. Non apportare né considerare valide modifiche eseguite manualmente.

	DESCRIZIONE		CODICE ARTICOLO
	GAMBA POSTERIORE MIMI'		
	MATERIALE	TOLLERANZA GENERALE	FINISSA
		± mm	G.P.
FINITURA	S.E.	SCALA	1:1
PROGETTO	MIMI'	DISGNO	DATA
		ES310001	30/1/98

Questo disegno è di proprietà BALERITALIA. Ogni riproduzione è vietata. BALERITALIA si riserva il diritto di apportare modifiche alla produzione.

CONIFICAZIONE

Operazione di deformazione plastica a freddo, ovvero sfruttando il fatto che sopra il limite di snervamento e prima del limite di rottura un materiale si lascia deformare tramite l'azione di forze esterne mantenendo nel tempo la nuova forma acquisita, anche dopo la rimozione della forza che ha prodotto la deformazione.

La deformazione plastica avviene per effetto dello scorrimento cristallino, che sopra determinati valori di forza applicata diviene irreversibile.

IL PROCESSO

Il tubo da conificare viene inserito nella macchina conifica tubi all'interno della quale è presente uno stampo adatto alla riduzione del diametro che si voglia ottenere.

La macchina martella il tubo il quale, conseguentemente a tale azione, si allunga e gradualmente si restringe. Si ottiene quindi un tubo con terminazione a punta che presenta uno spessore superiore a quello del tubo di partenza e una durezza molto più elevata.

TELAIO MIMI'

GAMBA ANTERIORE: Diametro iniziale 25 mm
Diametro finale 12 mm

GAMBA POSTERIORE: Diametro iniziale 25 mm
Diametro finale 12 mm

FUNZIONAMENTO MACCHINA CONIFICA TUBI

Il motore elettrico trasmette il moto all'albero di trascinamento delle matrici e dei martelli.

Nell'albero è ricavata una feritoia longitudinale passante per il centro di rotazione.

Dentro a questa feritoia alloggia una coppia di semi matrici che portano riprodotta in negativo la sagoma del pezzo da realizzare. Perifericamente una coppia di martelli appoggia sul dorso delle matrici.

Il tutto è messo in rotazione dall'albero di trascinamento. Esterna e coassiale al gruppo rotante (albero, matrici, martelli) è montata una boccola nella quale è alloggiata una corona di rulli disposti in modo da formare un cuscinetto. Essi sono mantenuti in posizione da un'apposita gabbia. Durante la rotazione, per effetto della forza centrifuga, le matrici e i martelli sono spinti verso l'esterno. I martelli aderiscono così ai rulli periferici alloggiati sulla boccola e ricevono una spinta verso l'interno ogni qualvolta questi passano per il centro di ogni rullo.

E' questo movimento che determina l'apertura e la chiusura simultanea delle matrici le quali a loro volta eseguono l'azione di martellamento sul tubo da modellare.



Fig. 5.6
Macchina conifica tubi

5.2.3 CROMATURA

FASE PRELIMINARE: PULIZIA TRAMITE DECAPAGGIO

Il processo di cromatura è un processo di rivestimento superficiale del materiale di partenza. Affinchè la deposizione avvenga nel più corretto dei modi, sono necessarie alcune operazioni preliminari finalizzate a preparare la superficie sulla quale andrà depositato il rivestimento.

Sulla superficie di un metallo grezzo infatti, dopo l'estrusione nel caso della struttura della sedia Mimì, sono presenti una serie di contaminanti quali ossidi causati dal calore della lavorazione o sporco di varia natura, che è necessario rimuovere poichè renderebbero difficile il processo di deposizione o potrebbero compromettere il rivestimento depositato.

Un'operazione di rimozione degli ossidi, per esempio, è il *decapaggio*, che consiste nell'immersione o spruzzatura del pezzo da rivestire di soluzioni acide di acido solforico, cloridrico, nitrico o misture di essi. Nel caso dell'acciaio, i due acidi che vengono utilizzati principalmente per il decapaggio sono l'acido solforico, che agisce molto lentamente a temperatura ambiente e per tale motivo si opera a 65-85°C, per accelerare la reazione, e l'acido cloridrico, il quale consente di lavorare bene anche a temperature prossime a quelle ambiente.

Un metodo alternativo al decapaggio solitamente è la *sabbiatura*, che consiste nello spruzzare particelle abrasive ad alta velocità sulla superficie del componente da rivestire, metodo però non adatto nel caso della cromatura poichè compromette la lucidità della superficie, per cui non è stato utilizzato per la realizzazione del telaio della sedia Mimì.

La sabbiatura è invece il procedimento ideale preliminare alla verniciatura.

L'efficacia di tale azione è fortemente influenzata da parametri quali la dimensione delle particelle dell'abrasivo, la forma, la durezza, la pressione di spruzzatura, la velocità, e la geometria legata alle attrezzature.

Il trattamento di sabbiatura, oltre a rimuovere prodotti di corrosione e altri inquinanti di varia natura, consente di donare alla superficie una rugosità controllata che può favorire l'adesione tra rivestimento e deposito.

La sabbiatura può avvenire mediante aria compressa (che spinge le particelle di abrasivo verso la superficie da pulire), oppure per centrifuga (in questo caso non viene utilizzata dell'aria ma l'energia cinetica viene impressa alle particelle mediante l'azione di ruote che girando scagliano l'abrasivo per azione centrifuga.)

Per la sedia Mimì, anzichè alla sabbiatura, si è ricorso all'utilizzo di una macchina nastratrice all'interno della quale, grazie ad un movimento di scorrimento, il tubo viene carteggiato in modo che possano essere rimosse bave e difetti superficiali.

CROMATURA

Il processo di cromatura avviene tramite elettrodeposizione.

Elemento principale di un impianto di elettrodeposizione è la cella di placcatura, la quale contiene l'elettrolita con gli ioni del metallo da depositare, tenuto in costante agitazione.

Nella cella di placcatura sono inoltre presenti una serie di additivi aventi differenti funzioni: brillantanti, acceleranti del processo, livellanti del rivestimento in via di formazione, etc.

Il componente da rivestire funge da catodo, mentre il metallo che si vuole depositare funge da anodo (il consumo di tale metallo garantisce la presenza costante degli ioni metallici da ridurre).

Applicando un'esatta differenza di potenziale tra anodo e catodo, si ottiene la riduzione del metallo voluto con la riduzione sull'oggetto degli ioni metallici in metallo.

Il processo di deposizione del cromo è più complesso rispetto alla deposizione di altri metalli ed ha una resa molto bassa (10-20 %).

Il motivo principale di tale difficoltà di deposizione è da individuarsi nel basso potere penetrante (ovvero la capacità di ricoprire facilmente oggetti con forme e geometrie complesse): le parti più nascoste di un componente da rivestire di forma complessa, presentano uno spessore del deposito notevolmente inferiore

alle parti più esposte della superficie.

Tuttavia, nel caso della struttura della sedia Mimì, la geometria è molto semplice e non vi sono parti nascoste, trattandosi di una struttura tubolare.

La cromatura applicata sulla sedia Mimì è una ***cromatura brillante (o decorativa)***.

Si tratta dell'elettrodeposizione di un film sottile di cromo brillante su una superficie base già speculare, con uno spessore dell'ordine di 0.25-0.5 μm .

Ai fini di una buona cromatura, il substrato deve essere già brillante e, poichè l'acciaio è difficilmente levigabile, viene depositato uno strato intermedio di rame o nichel, che può essere lucidato facilmente.

Tale applicazione di strati intermedi, oltre a garantire una buona cromatura, aumenta la protezione alla corrosione, che lo strato di cromo non solo non riuscirebbe a garantire, essendo molto esiguo, ma potrebbe addirittura amplificare tale fenomeno essendo elettrochimicamente più nobile rispetto all'acciaio.

La deposizione dello strato intermedio di nichel o rame deve essere eseguita con estrema cura, deve presentare un'ottima adesione e non deve possibilmente presentare stress interni.

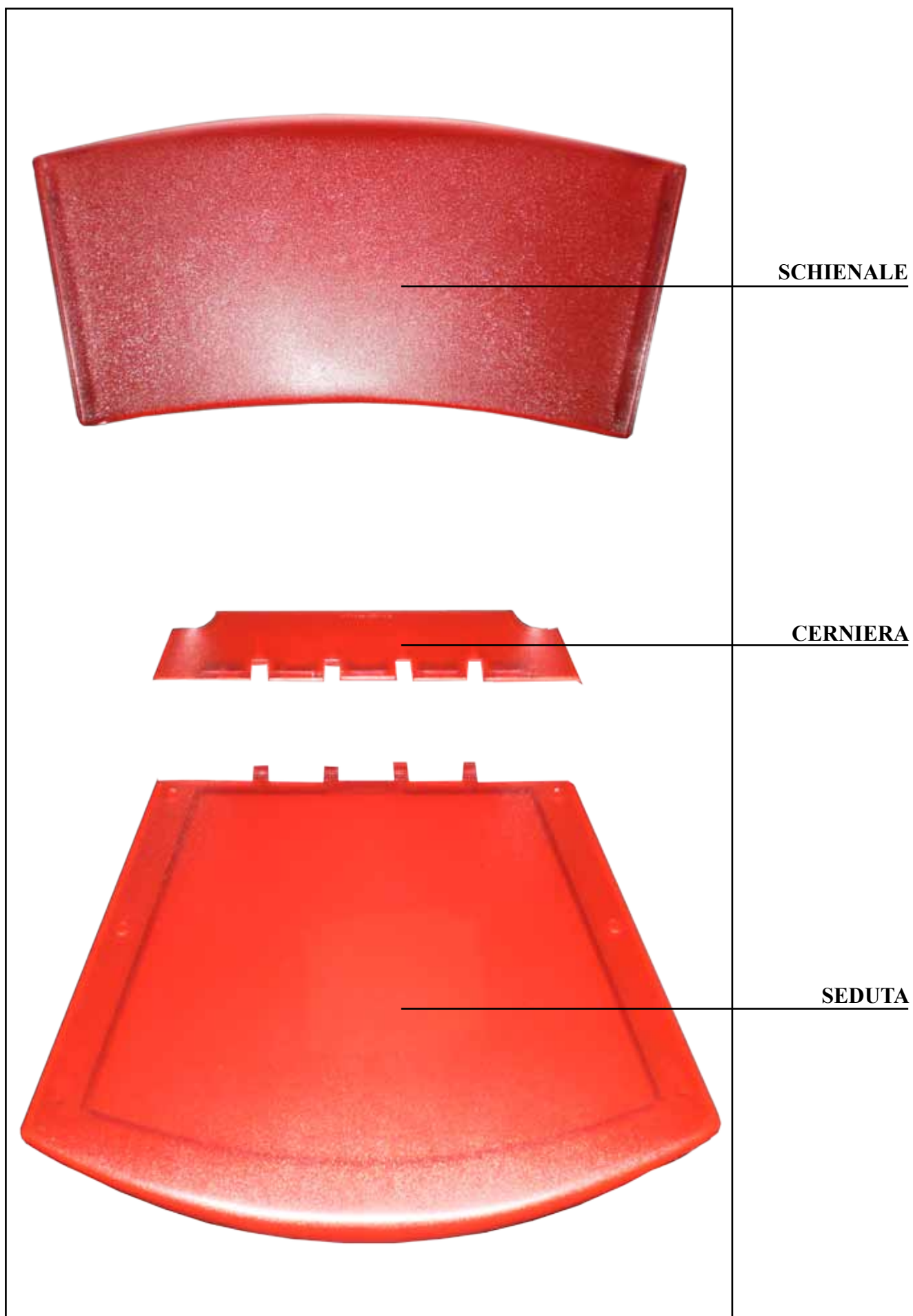
I depositi di cromo brillante hanno generalmente grani più fini rispetto ad altri tipi di metalli, presentano molte inclusioni ed hanno i cristalli con orientazioni parallele alla superficie e, infine, presentano una rete di cricche molto estesa che li rende meno resistenti alla corrosione rispetto ai depositi più spessi, i quali hanno invece grani non orientati, molto più grandi, e contengono meno cricche e inclusioni.

Tuttavia tale deposito consente di ottenere una resa estetica eccellente, con una colorazione tendente al blu-argento e si rivela comunque adatto al rivestimento di prodotti destinati ad un uso in spazi chiusi; in caso contrario, per applicazioni in ambienti esterni, è possibile aumentarne la resistenza alla corrosione aggiungendo allo strato di nichel brillante intermedio uno strato di nichel opaco, in quanto il nichel brillante presenta solfuri che lo rendono soggetto alla corrosione localizzata, solfuri assenti nel nichel opaco o semi opaco.

Si avrà quindi la deposizione di tre differenti metalli, depositi in base alla corrispondente nobiltà elettrochimica, dal meno nobile al più nobile, quindi nichel brillante, nichel opaco, cromo.

Il processo di verniciatura a polvere verrà analizzato nel cap. 7.3.4. nell'analisi della scocca Lisa.

5.3 ANALISI PRINCIPALI COMPONENTI PLASTICI



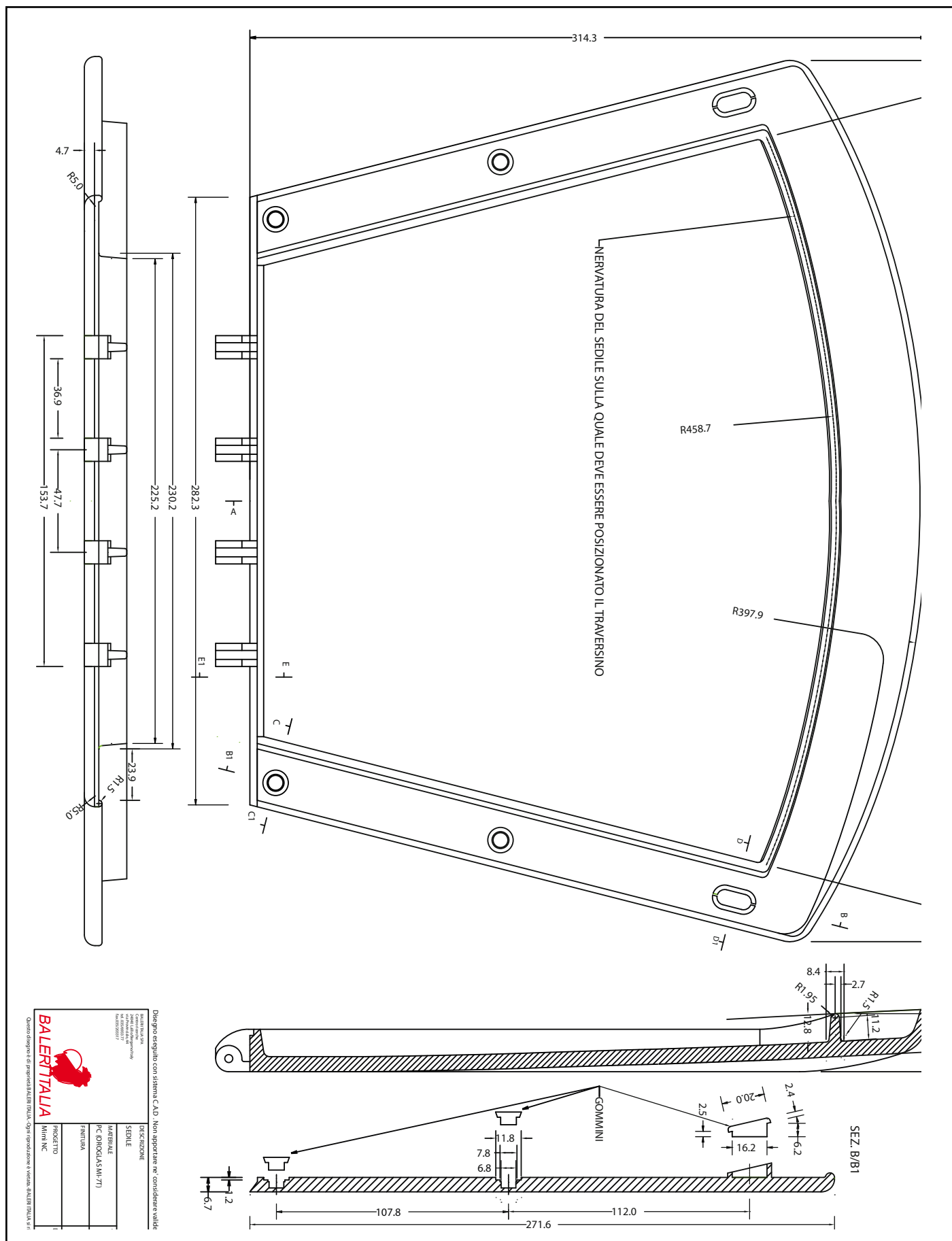


Fig. 5.7
 Tavola tecnica seduta

CERNIERA

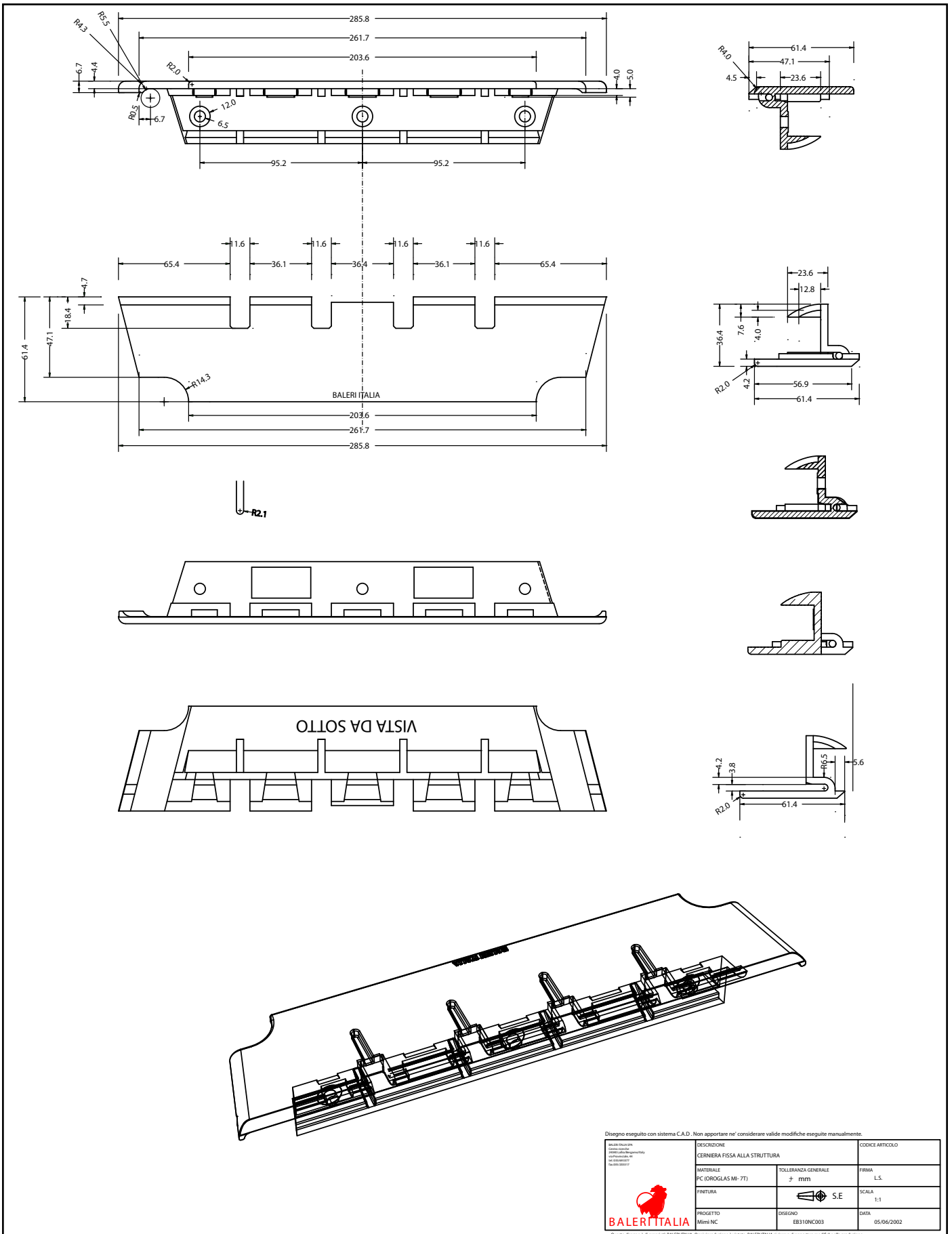


Fig. 5.8
Tabola tecnica cerniera

5.3.1 STAMPAGGIO A INIEZIONE

Di seguito verrà illustrato il processo di stampaggio a iniezione dei materiali termoplastici, per meglio comprenderne il processo che ha portato alla realizzazione dei componenti in policarbonato della sedia Mimì, il sedile, lo schienale e la cerniera.

Lo stampaggio a iniezione (injection molding) costituisce uno dei principali e più diffusi metodi di realizzazione di componenti polimerici termoplastici.

Il materiale plastico viene fuso e iniettato ad alta pressione all'interno di uno stampo chiuso, lasciato raffreddare e infine estratto dallo stampo.

Il processo si contraddistingue per la particolare versatilità e flessibilità.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI PROCESSO:

- Forma complessa con sottosquadri.
- Possibilità di ottenere un unico pezzo con fori, molle, filetti, inserti.
- Spessore uniforme e preferibilmente limitato.
- Estrema varietà di dimensioni.
- Finitura superficiale e colorazione senza trattamenti secondari.
- Volumi di produzione elevati (superiori ai 10 000 pezzi all'anno).

IL PROCESSO

I macchinari per lo stampaggio a iniezione, si compongono di due principali insiemi :
il **SISTEMA DI INIEZIONE** e il **SISTEMA DI CHIUSURA**.

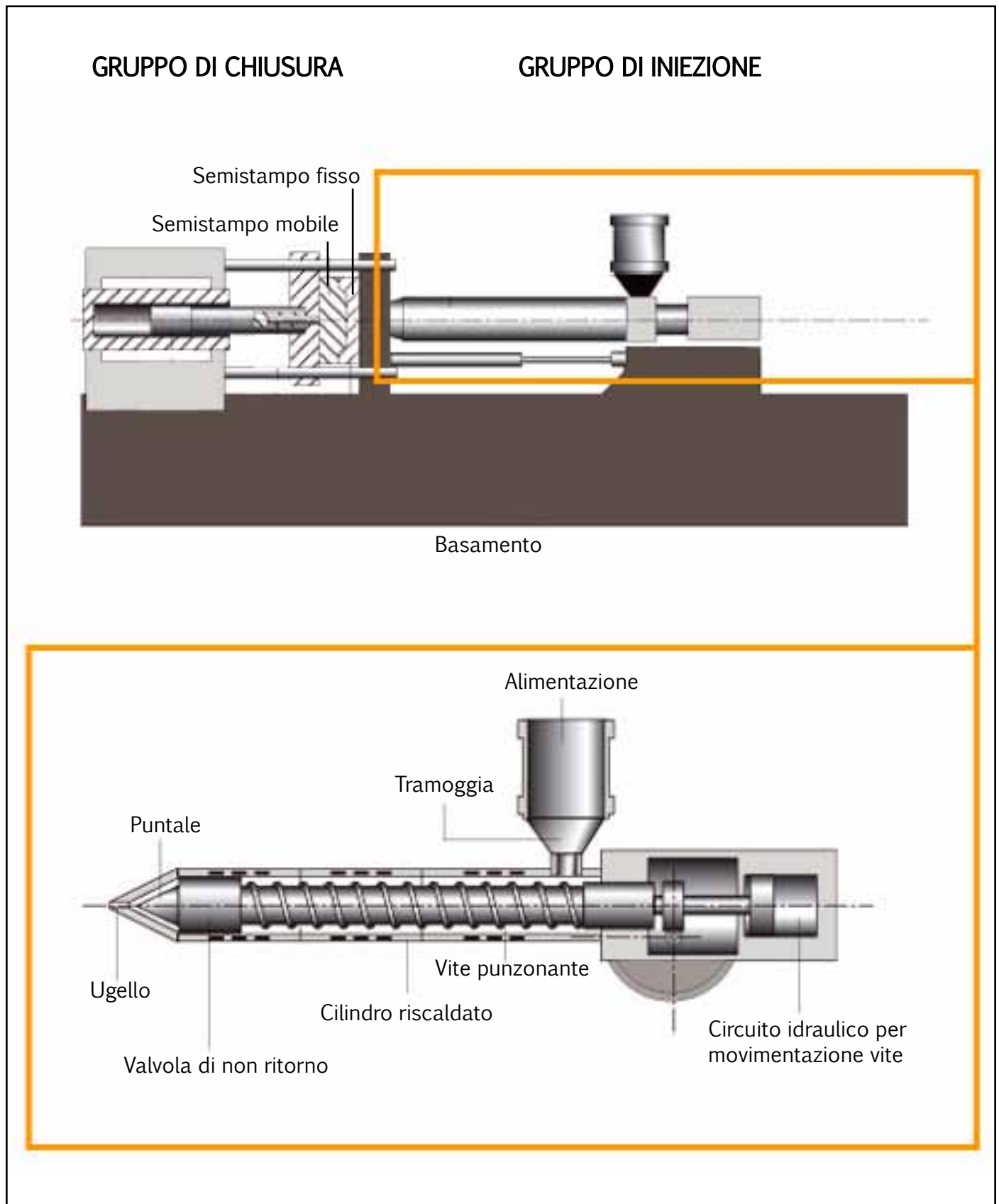
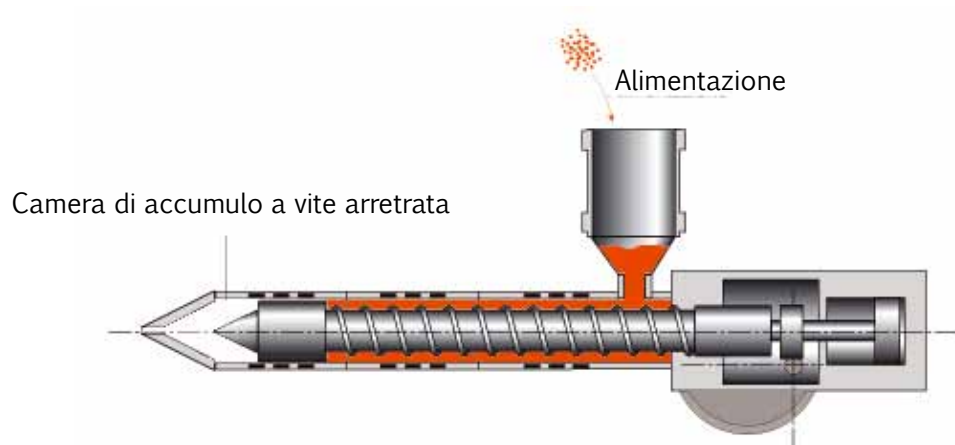
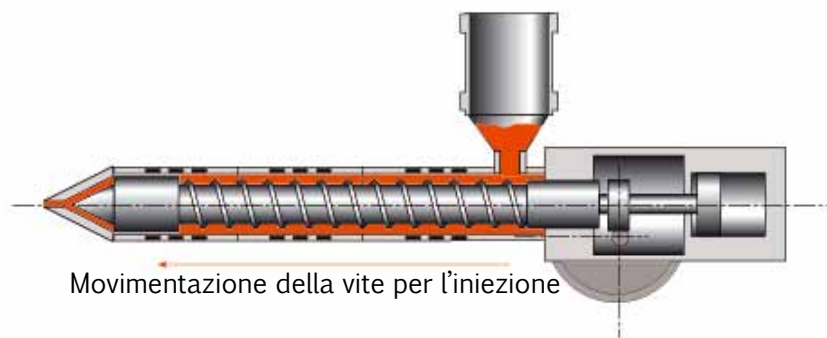


Fig. 5.9
Schematizzazione di una pressa per stampaggio a iniezione

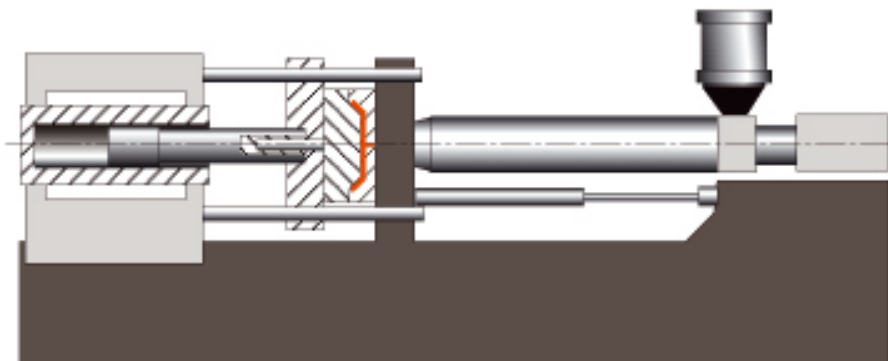
1. Inserimento del materiale plastico in granuli nella tramoggia di alimentazione.



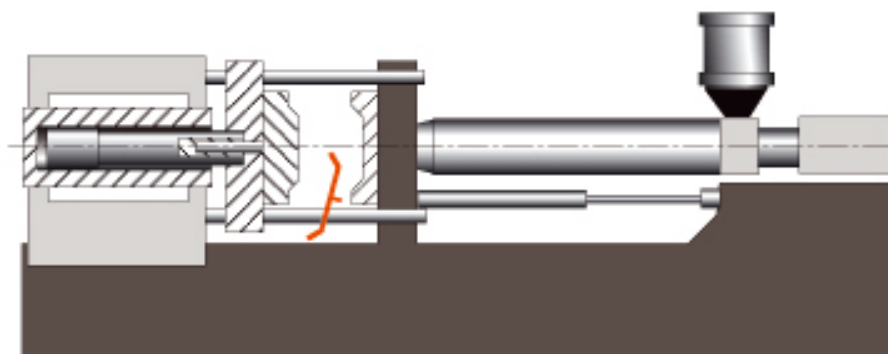
2. Fusione del materiale nel cilindro riscaldante e trasferimento del materiale, tramite la rotazione della vite punzonante, verso la testa del cilindro.



3. Attraverso lo spostamento della vite, la massa fusa viene iniettata sottopressione in uno stampo, all'interno del quale solidifica e raffredda.



4. Apertura dello stampo ed estrazione del pezzo stampato.



PRESSA

Le moderne macchine per lo stampaggio a iniezione sono costituite da tre piastre e sono attivate idraulicamente.

Negli ultimi anni si sono diffusi sul mercato macchinari la cui movimentazione è basata su motori brushless o macchinari costituiti da solo due piastre; nella stragrande maggioranza (sia per le presse a tre o a due piastre, sia per i macchinari con motori brushless) si tratta di presse orizzontali.



Fig. 5.10
Pressa per lo stampaggio a iniezione

SISTEMA DI INIEZIONE

Il primo elemento del sistema di iniezione è la **TRAMOGGIA**, alimentata a mano o con sistema a vuoto ed eventualmente dotata di un essicatore di materiale per tenere sotto controllo l'umidità.

Dalla tramoggia il materiale entra nella camera con la vite dove, per effetto del calore prodotto per attrito interno e, marginalmente, trasmesso dalla camicia di termostatazione, fluidifica sino ad essere pronto per l'iniezione.

La **VITE DI INIEZIONE** è composta da tre principali zone:

1. ZONA DI ALIMENTAZIONE:

il materiale attraversa un'area costante, avviene il trasporto dei granuli e la fuoriuscita dell'aria;

2. ZONA DI FUSIONE:

l'area di passaggio si restringe, l'attrito interno del materiale genera calore e ne causa la fusione;

3. ZONA DI DOSAGGIO:

la sezione di passaggio del materiale è costante ma più piccola rispetto alla zona di fusione e serve per iniettare il materiale.

Il materiale viene accumulato prima della sua estremità dalla vite di iniezione che arretra.

L'iniezione ed il mantenimento avvengono ad alte pressioni e il materiale al momento dell'iniezione ha una temperatura compresa tra i 160 e i 320°C.

SISTEMA DI CHIUSURA

Il sistema di chiusura deve contrastare la forza derivante dalla pressione di stampaggio, al fine di non avere un' imprevista apertura dello stampo o eventuali fuoriuscite o trafileamenti del materiale.

Il parametro principale di una pressa di iniezione è la sua **forza nominale**, ovvero la forza che è in grado di opporre all'apertura dello stampo durante la fase di iniezione.

La chiusura della pressa può essere effettuata attraverso due sistemi: in modo idraulico oppure con cinematismo a ginocchiera.

Il gruppo di chiusura si compone di tre piastre principali:

1. **PIASTRA ANTERIORE** :

la sua funzione è quella di reggere un semistampo e di metterlo in comunicazione con il sistema di iniezione.

2. **PIASTRA MOBILE**:

supporta l'altro semistampo e si apre per consentire l'estrazione del pezzo stampato.

3. **PIASTRA FISSA**:

contrastata l'attuatore di comando della piastra mobile e chiude le forze di stampaggio attraverso le colonne posizionate sulla piastra anteriore.

Spesso le colonne sono quindi controllate con estensimetri per il monitoraggio del processo.

CONTROLLO DELLE PRESSE

Mentre un tempo le presse erano controllate con semplici apparecchiature elettriche, al giorno d'oggi sono tutte dotate di sistemi di controllo estremamente sofisticati, basati su PLC o PC industriali.

Questi sistemi di controllo non si limitano a comandare le sequenze logiche della macchina, ma si occupano anche di:

- controllo qualità;
- riconoscimento dei pezzi potenzialmente difettosi;
- analisi dei guasti;
- analisi dello storico di produzione;
- analisi dei parametri tecnologici;
- set-up automatico da ricetta.

I sistemi di controllo assolvono quindi un ruolo fondamentale all'interno del processo di stampaggio, consentendo una maggiore qualità di produzione, una migliore gestione dei problemi e di conseguenza un risparmio di tempo e una maggiore redditività.

STAMPI

Nel processo di stampaggio a iniezione, gli stampi assolvono a diverse funzioni:

- distribuiscono il materiale iniettato alle impronte;
- determinano la forma dell'oggetto;
- consentono lo sfogo dell'aria o dei gas che si formano durante l'iniezione;
- sottraggono calore al materiale termoplastico fuso;
- espellono il pezzo una volta raffreddato e solidificato..

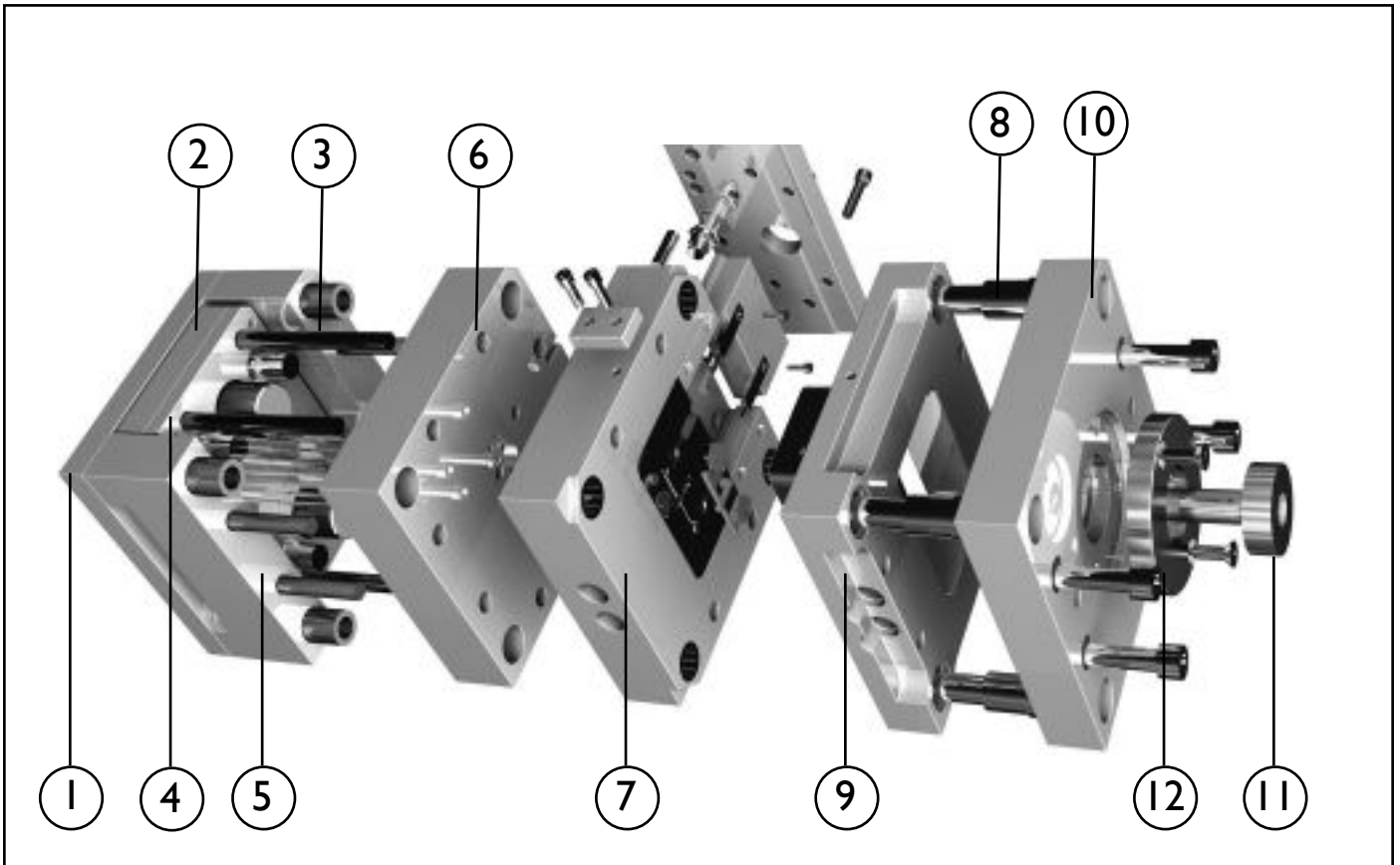


Fig. 5.11
Componenti di uno stampo per lo stampaggio a iniezione

COMPONENTI PRINCIPALI:

1. PIASTRA TAVOLINO
2. PIASTRA ESPULSORI
3. ESPULSORI
4. PIASTRA BLOCCAGGIO ESPULSORI
5. LARDONI
6. CONTROPIASTRA MOBILE
7. PIASTRA MOBILE
8. COLONNE GUIDA STAMPO
9. PIASTRA FISSA
10. CONTROPIASTRA FISSA
11. BUSSOLA DI INIEZIONE
12. ANELLO DI CENTRAGGIO

TIPOLOGIE DI STAMPI:

Nel corso degli anni sono state sviluppate diverse famiglie di stampi, attualmente le più comuni sono:

- STAMPO A 2 PIASTRE CON DISTRIBUZIONE A FREDDO
- STAMPO A TRE PIASTRE CON DISTRIBUZIONE A FREDDO
- STAMPO CON DISTRIBUZIONE A CALDO
- STAMPO CON DISTRIBUZIONE ISOLATA
- STAMPO A CAMERA CALDA

Nonostante esistano diverse tipologie di stampi, in tutte sono presenti componenti principali:

- PORTASTAMPO (mold base)
- MATRICE (mold cavity) : definisce la forma esterna dell'oggetto
- PUNZONE (mold core) : definisce la forma interna dell'oggetto
- PUNTO DI INGRESSO (sprue bushing)
- SISTEMA DI ALIMENTAZIONE (runner system)
- PUNTO DI INIEZIONE (gate)
- SCARICO ARIA (vent)
- RAFFREDDAMENTO
- ESTRATTORI DEL PEZZO (ejector system)

MATERIALE:

Normalmente gli stampi vengono realizzati in acciaio speciale per stampi, più raramente possono essere realizzati in acciaio inox, alluminio, leghe di rame, ottone.

TECNOLOGIE DI PRODUZIONE:

Diverse sono le tecnologie tramite cui realizzare gli stampi, le più diffuse sono:

- FUSIONE
- FRESATURA
- TORNITURA
- RETTIFICA
- ELETTROREROSIONE

Normalmente, dopo essere stato realizzato, lo stampo subisce un trattamento termico e le parti a maggior usura vengono rivestite con un materiale particolarmente resistente al deterioramento e all'ossidazione (lega di nickel o cromatura dura).

Anche la manutenzione è fondamentale nel corretto utilizzo degli stampi e un maggior investimento iniziale nella costruzione dello stampo viene minimizzato durante il suo ciclo di vita, facendo in modo che gli interventi di manutenzione siano ridotti al minimo. I problemi più comuni dovuti all'utilizzo sono:

- DANNEGGIAMENTO DEGLI ESTRATTORI (piegamento o rottura)
- USURA DEL GATE
- USURA DELLA LINEA DI SEPARAZIONE

Mentre durante lo stoccaggio il problema che emerge più frequentemente è la formazione della ruggine; durante questa fase è quindi di fondamentale importanza asciugare correttamente tutti i canali di raffreddamento e proteggere adeguatamente tutto lo stampo dall'ossidazione tramite l'applicazione di appositi prodotti.

CORRETTA PROGETTAZIONE DI UNO STAMPO

Al fine di una corretta progettazione di uno stampo, è fondamentale considerare diversi fattori, oltre a quelli già elencati per la manutenzione e l'usura.

Di seguito vengono riportati alcuni dei principali elementi da considerare quando si progetta uno stampo per l'iniezione di materiale termoplastico,

RITIRO :

Ogni materiale presenta ritiri diversi, per cui lo stesso componente realizzato in differenti materiali richiede necessariamente stampi diversi.

Esistono due diversi tipi di ritiro: il *ritiro di stampaggio*, che si verifica durante il processo, e il *post-ritiro*, che si verifica dopo il processo di iniezione, per effetto della solidificazione del materiale termoplastico.

ANGOLO DI SPOGLIA:

Anche l'angolo di spoglia è dipendente dal materiale e dal suo grado di elasticità ed è ciò che consente l'estrazione del pezzo stampato dallo stampo; solitamente varia da 1 a 2 gradi, con una maggiorazione nel caso di superfici texturizzate.

PUNTO DI INIEZIONE:

Il corretto posizionamento del punto di iniezione garantisce una migliore distribuzione del materiale fluido all'interno dello stampo e diminuisce la presenza di linee di saldatura.

Il punto di iniezione può essere progettato in diversi modi, la strizione della sezione di passaggio facilita il controllo del riempimento delle cavità e riscalda il materiale grazie agli sforzi viscosi interni.

CANALI ALIMENTAZIONE:

Sul fronte dello stampo scorrono i canali di alimentazione, di sezione circolare.

Il loro dimensionamento e bilanciamento è fondamentale per un corretto riempimento delle cavità dello stampo, e dipende fortemente anche dalle caratteristiche reologiche del materiale da stampare.

LINEA DI DIVISIONE :

Al fine di evitare sbavature e imperfezioni, la linea di divisione deve essere il più semplice possibile, compatibilmente con la geometria del pezzo, ed essere posizionata in modo da rimanere il più nascosta possibile alla vista, sul pezzo stampato. Inoltre, più lo stampo è semplice, più si avrà una diminuzione dei costi di produzione.

EVACUAZIONE DELL'ARIA:

L'evacuazione dell'aria deve essere accuratamente progettata per evitare difetti superficiali del pezzo, in considerazione della geometria della parte, della posizione del gate, del materiale stampato e della sua viscosità e, infine, della velocità di iniezione.

CANALI DI RAFFREDDAMENTO:

I canali di raffreddamento devono essere progettati di volta in volta per essere il più vicino possibile al pezzo; ciò implica delle difficoltà tecnologiche nella realizzazione dello stampo, come ad esempio la presenza di forature profonde o di tubi annegati nella fusione per fare da condotti del fluido di raffreddamento.

STAMPI MULTIIMPRONTA:

Prevedere più impronte per stampo contribuisce a ottimizzare i tempi di produzione e, di conseguenza, a diminuire i costi.

E' necessario però un corretto bilanciamento dei sistemi di alimentazione, in modo da avere una pressione uniforme.

DIFETTI NEGLI STAMPATI

Non sono solo la corretta progettazione dello stampo e le prove di simulazione di riempimento concorrono all'ottenimento di un pezzo stampato privo di difetti, un ruolo fondamentale è giocato da una corretta progettazione del pezzo stesso.

Esistono diversi tipi di difetti e diversi accorgimenti per fare in modo che il risultato finale sia privo di imperfezioni.

DIFETTI:

- ***DISUNIFORMITA' LOCALI SULLA SUPERFICIE***

Sono dovuti alle tracce lasciate dagli attacchi di iniezione e dagli espulsori.

- ***RISUCCHI E DISTORSIONI***

Sono dovuti principalmente a velocità di raffreddamento non uniformi.

Si creano soprattutto in corrispondenza di nervature e sporgenze

- ***RITIRO***

Diversi fattori influenzano il ritiro: forma e spessore dello stampato, canali e attacchi di iniezione (dimensionamento e posizione), parametri di processo (pressione, temperatura, tempo).

La cristallizzazione del materiale provoca una diminuzione di volume e il tempo di raffreddamento può essere insufficiente alla completa cristallizzazione.

Maggiore è lo spessore del componente, maggiore è il tempo di raffreddamento, che comporta una cristallizzazione più completa e, di conseguenza, un maggiore ritiro.

- ***RILASSAMENTO DELLE TENSIONI INTERNE***

La viscosità del materiale fuso provoca un allungamento delle catene molecolari in direzione trasversale.

Il rilassamento dello sforzo di trazione provoca il ritiro.

In questo caso il ritiro dipende dalla posizione degli attacchi di iniezione, è minore in direzione longitudinale e disuniforme in direzione tangenziale.

- ***LINEE DI SALDATURA DI FLUSSI***

I flussi del materiale fluido, congiungendosi, creano linee di saldatura antiestetiche.

Si parla di linee di fusione, quando i flussi sono convergenti, e linee di saldatura, quando i flussi sono contrapposti.

La posizione delle linee di saldatura può essere controllata mediante un corretto posizionamento dei canali di alimentazione.

- ***BAVE***

Si formano in corrispondenza della linea di divisione in quanto la pressione di iniezione, essendo molto alta, spinge una piccola quantità di materiale fuori dallo stampo.

Possono essere rimosse successivamente tramite operazioni di finitura superficiale.

- ***STRIATURE, MACCHIE FIAMMATURE***

Generano disuniformità di colore all'interno del pezzo stampato.

Possono essere causate dalla presenza di pigmenti, fibre o errate temperature di processo.

REGOLE PROGETTUALI

Nella progettazione di un componente in materiale termoplastico stampato a iniezione, è di fondamentale importanza seguire determinate regole di progettazione per evitare, o ridurre al limite, la presenza di difetti e per ottimizzare l'intero processo di stampaggio.

- **SPESSORI**

Bisogna evitare spessori eccessivi al fine di ridurre il tempo di raffreddamento. Spessori elevati possono essere sostituiti con un irrigidimento delle pareti tramite nervature.

E' inoltre molto importante non avere cambiamenti bruschi di spessore, poichè il diverso tempo di raffreddamento delle parti può portare a distorsioni e difetti locali visibili.

- **LINEA DI DIVISIONE**

La linea di divisione è, generalmente, piana, a gradini o su superficie curva. E' importante progettare il pezzo da stampare in modo che la linea di divisione possa aiutare a nascondere disallineamenti e facilitare le operazioni di sbavatura.

- **RACCORDI**

Bisogna evitare spigoli vivi fuori dalla linea di divisione e, più in generale, evitare gli spigoli vivi, ma prevedere sempre un raggio di raccordo. Gli inconvenienti dovuti agli spigoli vivi sono la concentrazione di sforzi, la possibilità di difetti locali e la possibilità di distorsioni.

- **SOTTOSQUADRI**

Evitare la presenza di sottosquadri nello stampo ne abbassa i costi di produzione in quanto non devono essere progettate parti mobili quali carrelli per l'estrazione. Esistono diversi accorgimenti per evitarli, tra cui un attento posizionamento della linea di divisione. Possono essere strappabili se inferiori a 1 o 2 mm, in funzione del materiale.

- **ANGOLI DI SPOGLIA**

Sono necessari per consentire l'estrazione del pezzo dallo stampo.

- **FORI**

Fori troppo profondi potrebbero comportare un'inflessione eccessiva delle anime. E' quindi necessario tenere in considerazione specifici rapporti tra il diametro del foro e la profondità.

Un altro problema legato ai fori è la formazione di linee di interruzione e saldature di flusso. Bisogna considerare distanze minime per evitare tali difetti e concentrazioni di sforzi (ad esempio la distanza del foro dal bordo o tra due fori dovrebbe sempre essere superiore al doppio del diametro del foro).

- **SPORGENZE**

Per evitare risucchi, è necessario adottare accorgimenti, quali il ricorso a nervature, per evitare un cambiamento di spessore dovuto alla presenza di sporgenze. Per quanto riguarda le poppette bisogna seguire precisi criteri di dimensionamento che definiscono il rapporto tra la larghezza del foro e lo spessore delle relative pareti.

- **NERVATURE**

Anche per quanto riguarda le nervature è necessario adottare specifici accorgimenti per evitare risucchi e garantire il riempimento completo dell'impronta (ad es. la distanza tra due nervature deve essere superiore al doppio dello spessore, bisogna prevedere angoli di spoglia, altezze e raggi adeguati).

PARAMETRI STAMPAGGIO PC

DENOMINAZIONE CHIMICA	Policarbonato
NOME COMMERCIALE	PC Lexan
PRODUTTORE	GEP (General Electric Plastic)
PESO SPECIFICO	1,20 g/cm ³
TEMPO DI ESSICAMENTO	2/4 ore
TEMPERATURA DI ESSICAMENTO	120°C
TEMPERATURA DI STAMPAGGIO	280°C
TEMPERATURA DELLO STAMPO	80°C
RITIRO %	0,6%

Tab. 5.3
Parametri per lo stampaggio a iniezione del PC

5.4 DETTAGLI PROGETTUALI

Un progetto è un insieme di dettagli, ognuno dei quali assolve una funzione o nasce per risolvere un determinato problema o, infine, rappresenta la migliore soluzione funzionale e allo stesso tempo poetica. Per meglio comprendere questo concetto, verranno di seguito riportati cinque esempi di dettagli funzionali.

1. TRAVERSINO POSTERIORE



Fig. 5.12
Vista posteriore del traversino per aggancio cerniera

La sezione del traversino è **rettangolare** (230x20x20mm).

Il motivo di tale sezione non è casuale né puramente estetico, ma risponde da un lato all'esigenza di facilità di assemblaggio (con una geometria rettangolare è molto facile incastrare e posizionare correttamente la cerniera che verrà assemblata al traversino mediante rivetti) e dall'altro al fatto che dal punto di vista statico l'assemblaggio di un tubo circolare ad una sezione rettangolare è molto più stabile che l'assemblaggio tra due tubi circolari, i quali potrebbero essere maggiormente soggetti a slittamenti e rotazioni

2. ATTACCO SCHIENALE-STRUTTURA



Fig. 5.13
Vista frontale dello schienale



Fig. 5.14
Aggancio telaio-schienale

Le due estremità laterali dello schienale sono piegate all'indietro, a formare due "alette" che si appoggiano sul telaio e sulle quali vanno inseriti i rivetti per la connessione tra lo schienale e la struttura.

In questo modo, oltre ad una maggiore comodità di posizionamento dello schienale sulla struttura, i rivetti non sono visibili frontalmente (come si può notare dalla Fig. 5.13); solo osservando la sedia da dietro è possibile vedere e capire la connessione tra le due parti (come si nota dalla Fig. 5.14).

3. GOMMINI SEDUTA



Fig. 5.15
Gommini anti attrito



Fig. 5.16
Le coppette mascherano il risucchio

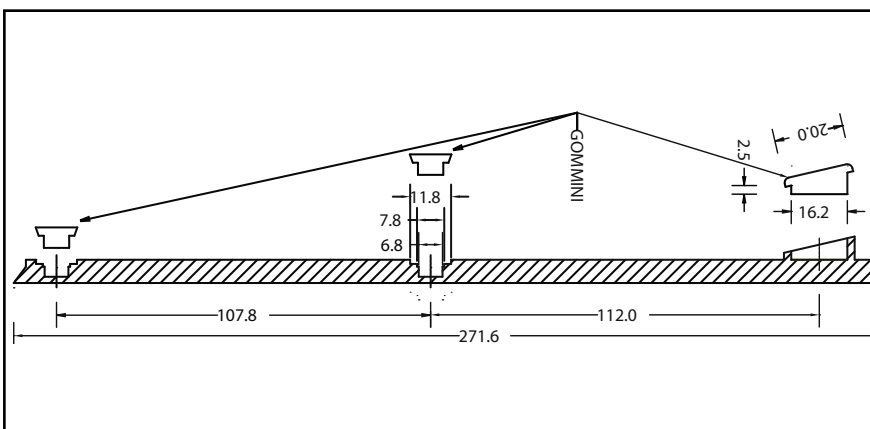


Fig. 5.17
Sezione in corrispondenza dei gommini

La seduta è ribaltabile per permettere l'impilabilità della sedia, quindi non è fissata in modo permanente al telaio.

Per eliminare il rumore del componente termoplastico quando si appoggia alla struttura in metallo e per diminuire l'attrito tra le due parti, all'interno di tre apposite sedi sulla seduta sono stati inseriti dei gommini (Fig.5.15).

Due di queste sedi sono state ricavate creando dei fori sulla seduta, con conseguente riduzione dello spessore.

Tale variazione di spessore sarebbe causa di risucchio, ed è proprio per prevenire ed eliminare questo difetto che sull'altro lato della seduta, in corrispondenza dei fori, sono state create due coppette che hanno assunto poi anche una valenza estetica (Fig. 5.16)

Il terzo gommino si inserisce invece all'interno di un'apposita sporgenza, per cui non vi è variazione di spessore, nè quindi la possibilità di un risucchio; in corrispondenza di tale gommino infatti non è stata creata alcuna coppetta.

4. TEXTURE CERNIERA



Fig. 5.18
Particolare della cerniera

Sugli snodi della seduta che si incastrano nella cerniera, è stata creata una texture che, oltre a dei motivi estetici, risponde all'esigenza funzionale di migliorare l'attrito tra le due parti nel momento in cui la seduta viene ribaltata.

La texture limita lo scivolamento della seduta nel momento in cui questa si trova in posizione alzata.

5. PIEDINI REGOLABILI



Fig. 5.19
Piedini regolabili con bussola

La sedia appoggia su quattro piedini regolabili con bussola, per meglio adattarsi alle diverse esigenze antropometriche e mantenere la sedia sempre nella corretta posizione.

5.5 MATERIALE: UNA SCELTA COMPLICATA

Il percorso progettuale che ha portato ad avere come materiale finale della sedia Mimì il polycarbonato Lexan, è un percorso lungo, fatto, inizialmente, di prove e fallimenti e, tutt'oggi, il polycarbonato non costituisce il materiale perfetto, in quanto non soddisfa tutti i requisiti progettuali, in particolar modo la resistenza ai solventi chimici.

REQUISITI DEL MATERIALE:

- Essere trasparente.
- Essere colorabile.
- Avere una buona resistenza meccanica.
- Sopportare una forza di 100Kg senza deformarsi eccessivamente nè rompersi.
- Avere una buona resistenza a solventi chimici e organici.

E' proprio la resistenza ai solventi chimici (come la maggior parte dei detergenti, in particolar modo l'ammoniaca) a costituire il problema principale di questa sedia.

L'utilizzo di tali solventi porta ad un' immediata perdita di resistenza meccanica e ad una conseguente rottura.

Si è cercato di ovviare a tale problema, montando sulla parte inferiore della seduta una barra di rinforzo, che tuttavia non rappresenta la soluzione perfetta al problema, anche per il fatto che oltre ad un infragilimento di tipo meccanico, la sedia perde la sua peculiare modalità di essere accatastata.

Di seguito verranno analizzati i materiali scelti per la realizzazione della sedia Mimì e i problemi a loro connessi, ripercorrendo alcuni tra i principali test di verifica effettuati.

5.5.1 IL CALCOLO STRUTTURALE

I contenuti del seguente testo sono il frutto di un'intervista all'ingegnere *Innocente Rivolta*, esperto di calcoli strutturali e di simulazioni di riempimento.

Le simulazioni di calcolo strutturale vengono effettuate sul modello tridimensionale realizzato dal designer attraverso un programma di modellazione.

La prima simulazione che si effettua è generalmente strutturale, al fine di comprendere se il componente in analisi potrà funzionare dal punto di vista meccanico; si conducono quindi le prove relative alle normative, poiché il loro soddisfacimento è fondamentale affinché un prodotto possa essere immesso sul mercato. Soddisfatti i requisiti meccanici, una seconda prova di simulazione è quella di riempimento del materiale plastico nello stampo, simulazione che verrà meglio approfondita nell'analisi della sedia Lisa al cap.7.3.2.

I solutori meccanici sono molto affidabili purché si adottino determinati accorgimenti, primo fra tutti il ricorso al calcolo non lineare.

Esistono infatti due tipi di calcolo possibili: il *calcolo lineare* e il *calcolo non lineare*.

Sarà più opportuno l'utilizzo del primo tipo di calcolo piuttosto che del secondo in base al grado di precisione richiesta e al tipo di materiale.

Infatti, un materiale metallico, per esempio, ha un modulo elastico molto elevato e un allungamento a rottura molto basso, ciò significa che ha un comportamento lineare in funzione della deformata; per un materiale plastico o per materiali quali l'alluminio o la zama, il comportamento è molto diverso, poiché questi presentano moduli elastici molto più bassi e allungamenti alla rottura molto più elevati.

Ciò significa che, mentre l'acciaio, per esempio, giunge alla rottura e allo snervamento in un intervallo molto ravvicinato, la rottura delle materie plastiche è preceduta da un grande allungamento, per cui diventa fondamentale, affinché un calcolo strutturale risulti efficace e affidabile, tenere conto delle grandi deformate a cui i materiali plastici possono giungere.

Per i materiali plastici risulta quindi estremamente importante effettuare un calcolo non lineare, calcolo per nulla semplice e nemmeno alla portata di tutti poiché:

- necessita di solutori non lineari i quali sono molto costosi;
- richiede tempi estremamente più lunghi rispetto al calcolo lineare, 200 o 300 volte superiori;
- necessita del comportamento non lineare del materiale, quindi della curva sforzo deformazione.

E' possibile considerare lineare un calcolo non lineare nel caso in cui le deformazioni siano molto piccole, ovvero per bassi spostamenti, ma anche in questo caso si tratterebbe di un'approssimazione non del tutto fedele al comportamento reale del materiale.

Il calcolo non lineare, consentendo un'ottimizzazione ed un'approssimazione estremamente realistica rispetto al calcolo lineare, permette di conoscere con precisione il comportamento meccanico e quindi di progettare spessori ridotti al minimo, riducendo in questo modo i costi di produzione dovuti ad una maggiorazione degli spessori rispondente ad un fattore di sicurezza.

L'avvento di software per il calcolo strutturale ha permesso di ridurre enormemente i tempi di calcolo ed ottenere una precisione decisamente superiore.

Inizialmente i calcoli venivano infatti condotti su strutture molto semplificate, composte esclusivamente da BIM, elementi unidimensionali (come ad esempio la trave) tramite i quali si cercava di simulare qualsiasi oggetto o struttura e, inoltre, venivano effettuati a mano, per cui per l'analisi di una struttura composta per esempio da 400 elementi, erano necessarie ben 16 ore di calcolo.

Oggi è invece possibile passare dal modello solido all'elemento finito, senza che quasi sia necessario l'intervento dell'uomo.

Per risolvere un modello composto da 2.000.000 elementi, sono necessari oggi solo 15 minuti, se si effettua un calcolo lineare.

Per il calcolo non lineare i tempi sono molto più lunghi, da 100 a 1000 volte superiori rispetto al calcolo lineare, poiché è necessario applicare i calcoli ad ogni deformata ottenuta, ma i tempi sono tuttavia decisamente di gran lunga inferiori rispetto al calcolo condotto a mano.

Condurre un calcolo strutturale significa simulare quelle che saranno le condizioni di utilizzo nella realtà, quindi è necessario inserire nel calcolatore vincoli e carichi verosimili.

Se, da un lato, applicare carichi è un'operazione molto semplice, non si può dire lo stesso per la determinazione dei vincoli, poiché il calcolo strutturale richiede vincoli estremamente precisi, cosa che non avviene nella realtà.

Il funzionamento del calcolo lineare è molto semplice e molto approssimativo.

Dopo aver assegnato un materiale al componente da analizzare, il software utilizzato ne indica la massa, il peso specifico, il modulo elastico e il coefficiente di Poisson, il quale entra nel calcolo in maniera molto marginale.

Il modulo elastico è il fattore più importante poiché i dati in uscita dal calcolo strutturale indicheranno la deformazione della determinata geometria sottoposta ad uno specifico carico in relazione al modulo elastico, dopodiché bisognerà confrontare i valori ottenuti con i valori del materiale.

Successivamente vengono assegnati carichi e vincoli e, infine, viene creata una mesh composta da elementi solidi aventi nodi intermedi (al fine di ottenere un risultato più preciso).

RISULTATI DI UN CALCOLO LINEARE

- ***SPOSTAMENTO***

Ovvero la deformata del pezzo.

- ***ROTAZIONE NODALE***

Se non è presente alcuna rotazione il risultato sarà pari a zero.

- ***TENSIONI (STRESS)***

Le tensioni possono essere sia positive, se si tratta di trazione, che negative, se si tratta di compressione. Il risultato proveniente dal calcolatore ricorre al metodo di Von Mises per l'analisi degli sforzi, metodo che restituisce sempre valori positivi sia a trazione che a compressione.

Il risultato più affidabile è il valore di Von Mises mediato, poiché il valore non mediato indica solo i picchi di distorsione sull'elemento e può quindi non tenere conto di distorsioni minori.

Quanto più il valore di picco e il valore medio si avvicinano, tanto meno saranno distorti gli elementi.

- ***ALLUNGAMENTO***

Attraverso il dato restituito dal calcolatore confrontato con l'allungamento a rottura del materiale in analisi è possibile stabilire l'idoneità o meno del materiale.

Attraverso questi dati è possibile effettuare una determinazione molto approssimata dell'idoneità di un determinato materiale per una specifica struttura o funzione.

Tutti i dati vanno comunque sempre sottoposti al vaglio dell'esperienza.

5.5.2 IL PRIMO MATERIALE: ZYTEL 330, DU PONT

Nel settembre 1990, Enrico Baleri si rivolge alla ditta Ranger Italiana s.r.l. di Carate Brianza, affinché realizzi gli stampi delle parti in plastica della sedia ed inizi la produzione di una preserie.

L'azienda si rivolge alla **Du Pont De Nemours S.p.a**, azienda leader nella fabbricazione di prodotti plastici, per la selezione della materia prima idonea all'uso (traslucido e resistente).

La Du Pont indica il materiale **Zytel 330**, una resina poliammidica amorfa resa trasparente da appositi azzurranti ottici, come il più adatto a soddisfare i requisiti progettuali, un materiale nuovo, ancora in fase di sperimentazione all'interno del mondo dell'arredo.

Nel gennaio del 1991, inizia così la produzione, presso Ranger Italiana, di una prima preserie di componenti necessari per la presentazione delle sedie al salone internazionale di Colonia e per le prime vendite.

Tuttavia, sin da subito si riscontrano difetti estetici e meccanici, lo Zytel 330 si rivela un materiale non adatto alla produzione della sedia Mimi.

Du Pont, convinta dell'idoneità del materiale, nonostante l'evidenza, imputa i problemi a difetti di stampaggio e suggerisce quindi di cambiare azienda produttrice.

Si passa così dalla Ranger alla **Bina Materie Plastiche**, la quale apporta una serie di modifiche sia agli stampi che alle parti in plastica.

I risultati migliorarono notevolmente a livello estetico, ma per nulla per quanto riguarda la resistenza: lo Zytel 330 era troppo fragile per sopportare le normali condizioni d'uso della sedia Mimi.

Si decise quindi di abbandonare l'utilizzo di tale materiale e di cercare una soluzione alternativa.

Ma prima di arrivare a questa conclusione, numerose prove e verifiche strutturali vennero effettuate, sia dall'ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture) sia dal CATAS (uno dei maggiori istituti italiani di ricerca-sviluppo e laboratorio di prove per il settore legno-arredo), sia dagli stampatori che da calcolatori esterni (come ad esempio l'ingegnere Innocente Rivolta).

Da tutti i vari test emergevano problematiche legate al materiale.

Si deciderà quindi, in un secondo momento, di abbandonare l'utilizzo del materiale Zytel 330 e di cambiare nuovamente stampatori (dalla ditta Bina alla ditta **Buffoli**), ma la produzione della sedia Mimi continuerà a presentare notevoli problemi.

SCHEMA TECNICA ZYTEL 330

PROPRIETA'	UNITA'	VALORE
DENSITA'	Kg /m ³	550-750
MODULO ELASTICO	MPa	600- 1.050
RESISTENZA ALLA FLESSIONE	MPa	25-45
RESISTENZA ALLA TRAZIONE	MPa	20
ALLUNGAMENTO ALLA ROTTURA	%	8
RESISTENZA ALL'URTO	KJ / m ²	18
RESISTENZA ALLA DEFORMAZIONE TERMICA	°C	fino a 118°C
RESISTENZA A COMPRESSIONE ALLO SCHIACCIAMENTO DEL 10%	MPa	18
DUREZZA SUPERFICIALE SECONDO SHORE D	--	62- 70
ASSORBIMENTO DI ACQUA	%	24h/RT <0,4%
ESTINGUENZA SECONDO DIN 4102	--	B2
SPESSORI DI PARETE CONSIGLIATI	mm	4-20
CONICITA' DI SFORMATURA	°	1°

Tab. 5.4
Proprietà Zytell 330

5.5.3 TEST DI RESISTENZA E IDONEITA'

TEST 1

Il primo studio teorico sulla sedia Mimì (non considerando i vari studi effettuati dall'azienda DuPont) viene condotto nel dicembre del 1990, dalla ditta Ranger Italiana, alla quale era stato commissionato lo stampaggio dei componenti plastici della sedia, al fine di valutare il possibile impiego di materiale termoplastico.

TIPO DI TEST

Viene calcolato, mediante analisi al calcolatore, lo stato di sforzo e di deformazione dovuto ad un carico di 100 Kg distribuito sulla seduta.

Viene condotta un' *analisi statica ad elementi finiti*.

Alla seduta vengono applicati i seguenti spessori:

- SPESSORE SEDUTA: 5mm
- SPESSORE NERVATURA SOTTOSTANTE: 3mm

Il materiale considerato è lo Zytel* 330 e le proprietà più significative per l'applicazione in esame sono le seguenti:

- MODULO A FLESSIONE : 2800 N/mm²
- CARICO DI ROTTURA A TRAZIONE: 90N/mm²
- DENSITA': 1.18 g/cm³

RISULTATI

- La distribuzione degli sforzi evidenzia che gli sforzi maggiori sono pari a 42 N/mm² e si trovano in corrispondenza delle nervature.
- Gli sforzi presenti sul resto della struttura sono generalmente compresi tra 15 e 30 N/mm².
- La massima deformazione, rilevata sul bordo anteriore della seduta, risulta pari a 33mm.

CONCLUSIONI

- Gli sforzi massimi ottenuti, pari a 42 N/mm², sono inferiori al carico di rottura a trazione ottenuto su provini a 23°C e 50% UR..
- La massima deformazione (33mm) è stata ottenuta ipotizzando due soli punti di appoggio laterali sulla struttura tubolare in metallo; qualora si avesse l'appoggio lungo tutto il profilo laterale, è ragionevole supporre che la deformazione diminuisca.

CONSIDERAZIONI NECESSARIE

- I risultati sono frutto di una simulazione teorica, che considera il materiale come omogeneo ed isotropo e non tiene conto di eventuali difetti di stampaggio; come tali, i risultati possono fornire indicazioni per la realizzazione del progetto ma non possono sostituire le prove pratiche sui prototipi.
- Per i calcoli e per il confronto con i risultati, sono stati utilizzati i valori delle caratteristiche meccaniche ricavati dai test di laboratorio, quindi in condizioni diverse da quelle effettive di funzionamento.
- Il calcolo che è stato eseguito è di tipo statico, vale a dire che non sono stati considerati nè il tempo nè la durata di applicazione del carico, nè sollecitazioni a fatica o creep.

CONSIDERAZIONI FINALI

Fatte le dovute precisazioni sul fatto che tali calcoli non possano considerarsi attendibili in assoluto, ma che sia necessario considerarli solo come indicazioni in una fase preliminare del progetto, inizialmente lo Zytel*330 sembra essere il materiale potenzialmente idoneo alla realizzazione della sedia Mimi.

TEST 2

La realizzazione dei primi pezzi stampati costituisce un secondo e ben più importante test. La ditta Ranger Plast effettua i primi stampi della seduta, ma subito ci si accorge di evidenti problemi estetici.

DIFETTI ESTETICI

- La stampata del sedile nero presenta bruciature (carbonizzazione) nella zona di iniezione;
- Il colore verde si deteriora virando al giallo se il materiale rimane in camera più di dieci minuti o se si stampa con il fuso ad una temperatura superiore ai 260°;
- Il colore rosso presenta delle zone opache ed un risucchio in corrispondenza della nervatura del sedile;
- Nel colore trasparente, dopo tre ore di stampaggio, compaiono fiammature dovute a glassificazione;
- In tutti i pezzi si nota il punto di congiunzione del materiale durante il riempimento dello stampo;
- Tutto il materiale consegnato dalla Du Pont spa presenta notevoli impurità che formano dei punti neri all'interno dei pezzi stampati;
- Si è reso necessario stampare con il fuso a temperatura media di 230° per evitare fenomeni di glassificazione, che si riscontravano invece alle temperature indicate dalla Du Pont spa.

CAUSE: IL PARERE DI DU PONT

La Du Pont attribuisce le cause degli scarsi risultati estetici dei primi pezzi al processo di stampaggio e, nello specifico, individuando le cause nei seguenti fattori:

- Una macchina non soggetta a manutenzione accurata e periodica (problemi di usura sulla vite e sulla camera);
- Un' imperfetta conoscenza del materiale ed una palese difficoltà a ripetere i cicli di volta in volta;
- Una certa approssimazione nella preparazione dell'ambiente di produzione (viti non pulite, materiale non mescolato nelle corrette percentuali);
- Uno stampo progettato in modo economico ed eseguito conformemente.

IL PASSAGGIO DA RANGER A BINA

Si decide quindi di cambiare stampatori, si passa dalla ditta Ranger Plast alla ditta BiNa e, in effetti, si ottiene una diminuzione dei difetti estetici e una riduzione degli scarti di produzione, grazie a:

- Produzione con stampo a due impronte;
- Produzione delle cerniere con buona qualità;
- Definizione del grado di trasparenza (dipendente dalla % di utilizzo dell'azzurante):
- Drastica riduzione dei difetti estetici quali bruciature, striature, bolle, etc.

Nonostante i miglioramenti a livello estetico, nasce un nuovo grande problema: la fragilità del materiale. BINA esegue i primi stampi, Enrico Baleri solleva un sedile appena stampato, gli cade dalle mani e si frantuma in mille pezzi.

Si inizia quindi a pensare che il materiale non sia idoneo in quanto troppo fragile, se cadendo si frantuma in quel modo, è intuitivo che difficilmente riuscirà a reggere un peso di 100 Kg e le diverse modalità d'uso della seduta.

TEST 3

La Du Pont inizia a condurre sperimentazioni al fine di migliorare la fragilità del materiale e propone due nuove soluzioni alternative:

- ZYTEL* 330 addizionato di ZYTEL ST 801 in percentuale del 10%;
- ZYTEL *330 addizionato di NYLON 6 in percentuale del 20%.

Vengono quindi stampati nuovi pezzi con i materiali sostitutivi indicati dalla Du Pont, ma anche in caso i risultati sono estremamente deludenti:

- Lo ZYTEL* 330 addizionato di ZYTEL ST 801 in percentuale del 10% presenta una completa opacizzazione del materiale, un viraggio di colore e numerose striature bianche per incompatibilità tra i due materiali.
- Lo ZYTEL *330 addizionato di NYLON 6 in percentuale del 20% non presenta nessun apprezzabile miglioramento per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e presenta inoltre notevoli difficoltà di stampaggio ed evidenti difetti estetici causati da un maggior ritiro dei pezzi stampati.

TEST 4

Le sedie vengono inviate all'ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture), che esegue una serie di analisi numeriche simulanti il comportamento strutturale in condizioni di prova unificata secondo UNI 8586 della sedia Mimì.

Dopo una prima fase di messa a punto del modello matematico in fase elastica, utile per la comprensione generale del funzionamento del pezzo, l'analisi è stata eseguita mediante una serie di calcoli con algoritmi tipici della dinamica impulsiva, attraverso i quali è stata raggiunta la desiderata accuratezza di valutazione dello stato di sforzo che si genera sul pezzo per effetto della caduta della massa di prova.

Sulla base del confronto tra i valori massimi di sforzo e quelli di resistenza del materiale, nonché dell'analisi delle tipologie di rottura riscontrate nella pratica sperimentale, sono state poi definite alcune varianti geometriche alla configurazione originale di progetto per meglio adattare la struttura a far fronte al richiesto soddisfacimento dei limiti imposti dalla normativa.

L'entità e l'efficienza delle modifiche apportate è stata tuttavia limitata dalle pesanti restrizioni di natura realizzativa, soprattutto sulla dimensione del rinforzo anteriore rivelatasi critica per la resistenza complessiva del componente.

In aggiunta, l'individuazione sperimentale di un vistoso campo di autotensioni interne da fabbricazione, ha aggiunto ulteriore incertezza nell'interpretazione ingegneristica dei risultati dell'analisi, che può riflettersi in una diminuzione del numero di cicli di carico individuato come potenzialmente sostenibile da una struttura priva di autotensioni o altre difettosità di fabbricazione.

MODALITA' DI REALIZZAZIONE SEDILE

Il sedile viene realizzato mediante processo di iniezione utilizzando come unico punto di iniezione la parte centrale dell'aletta posteriore.

Il pezzo viene poi estratto dallo stampo, ancora ad alta temperatura, mediante estrattori puntiformi che agiscono lungo il bordo inferiore dell'aletta di rinforzo inferiore.

Questa tipologia di lavorazione ha dimostrato di produrre un significativo campo di *autotensioni residue*, visualizzabile in termini di frange colorate, come riportato nelle figure 5.20 e 5.21.

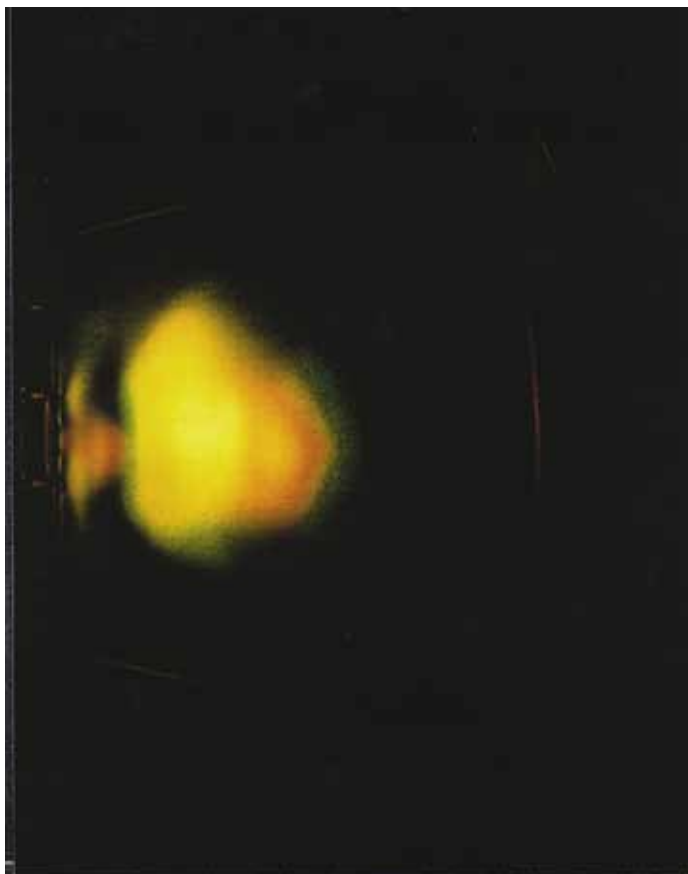


Fig. 5.20
Autotensioni sul sedile intero



Fig. 5.21
Autotensioni sul sedile (particolare aletta anteriore)

Sono infatti evidenti sul piatto le direzioni prevalenti di riempimento dello stampo, nonchè, sull'aletta anteriore, l'influsso delle operazioni di estrazione mediante estrattori che lascia una festonatura nelle frange parallele al bordo, come visibile dalla figura 5.21.

In seconda istanza, la modalità di iniezione della sola parte posteriore si è dimostrata critica per quanto riguarda il riempimento nella parte anteriore, nella quale non si ritiene possibile ottenere una perfetta compattazione del materiale, qualora sia necessario provvedere ad un irrobustimento nella zona stessa per esigenze strutturali.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE

Le caratteristiche elastiche dichiarate dal fornitore del materiale rispondono ai seguenti valori (riferiti ad una temperatura di 20°C).

- **Modulo di elasticità longitudinale, tangente, ottenuto con prove di trazione pura:** 2360MPa
- **Modulo di contrazione trasversale:** 0,4
- **Resistenza ultima a trazione:** 97 MPa
- **Allungamento a rottura:** 215%

Nel grafico 5.1 è riportata la curva di resistenza a fatica, da cui si trae il valore limite di 44MPa per una resistenza a 4000 cicli.

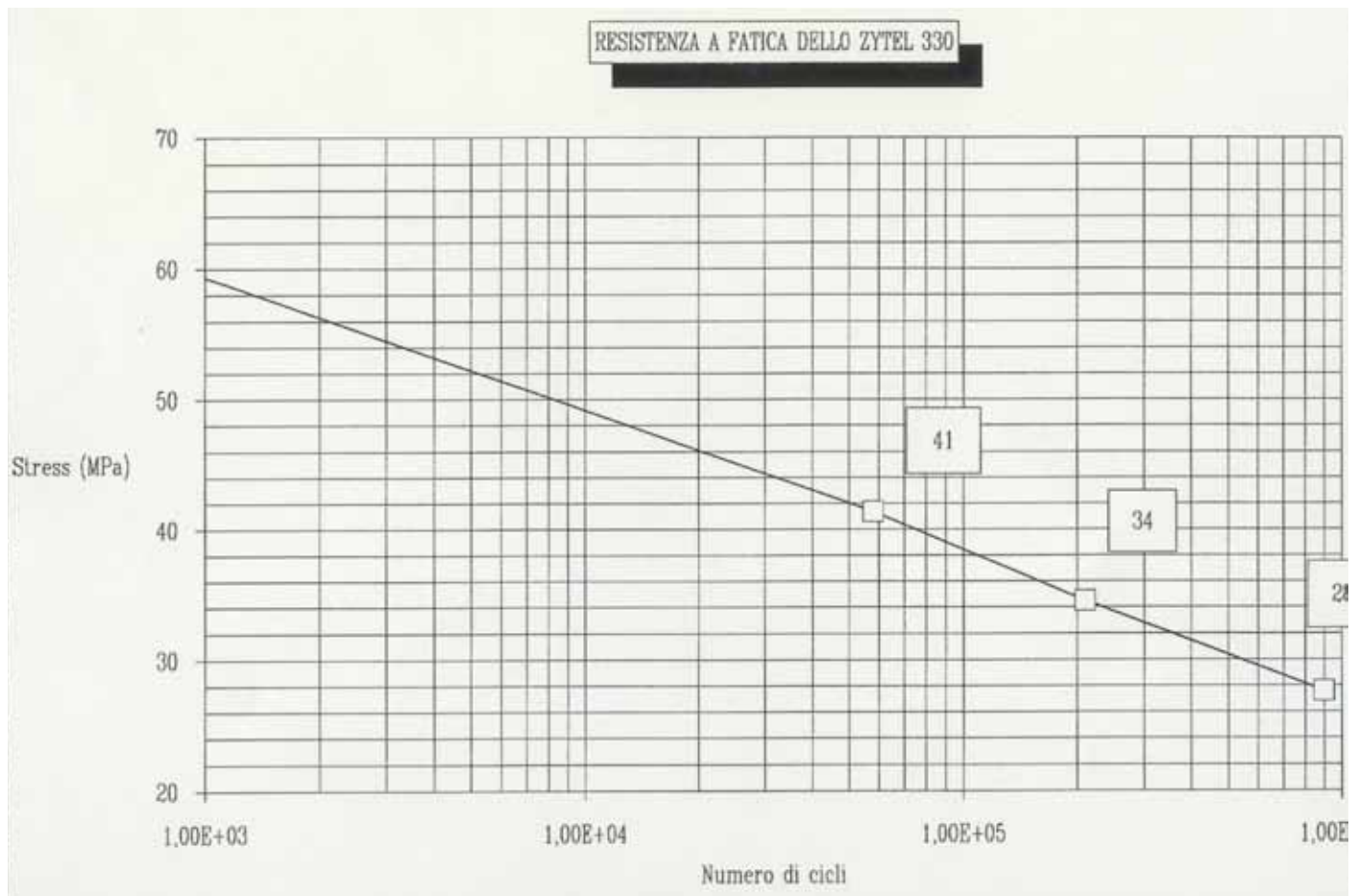


Grafico 5.1
Resistenza a fatica dello Zytel 330

Per una più precisa caratterizzazione del materiale nella classe 5 di normativa (resistenza a 5.000 cicli), soprattutto in campo dinamico, prima dell'inizio della fase di analisi sono state acquisite una serie di prove del laboratorio dell'Istituto di metallurgia dell'Accademmmia delle Scienze di Brno in Cecoslovacchia. Tali prove sono state effettuate mediante una macchina di Hopkinson - Davies, detta "split bar", che sottopone dischi del diametro di 15mm, ricavati nel caso in esame dal piatto principale, a prova di resistenza a compressione sotto urto, realizzata con caduta libera di una mazza sul disco del materiale di prova. Nella figura 5.22, è riportato l'ingrandimento della zona di frattura.

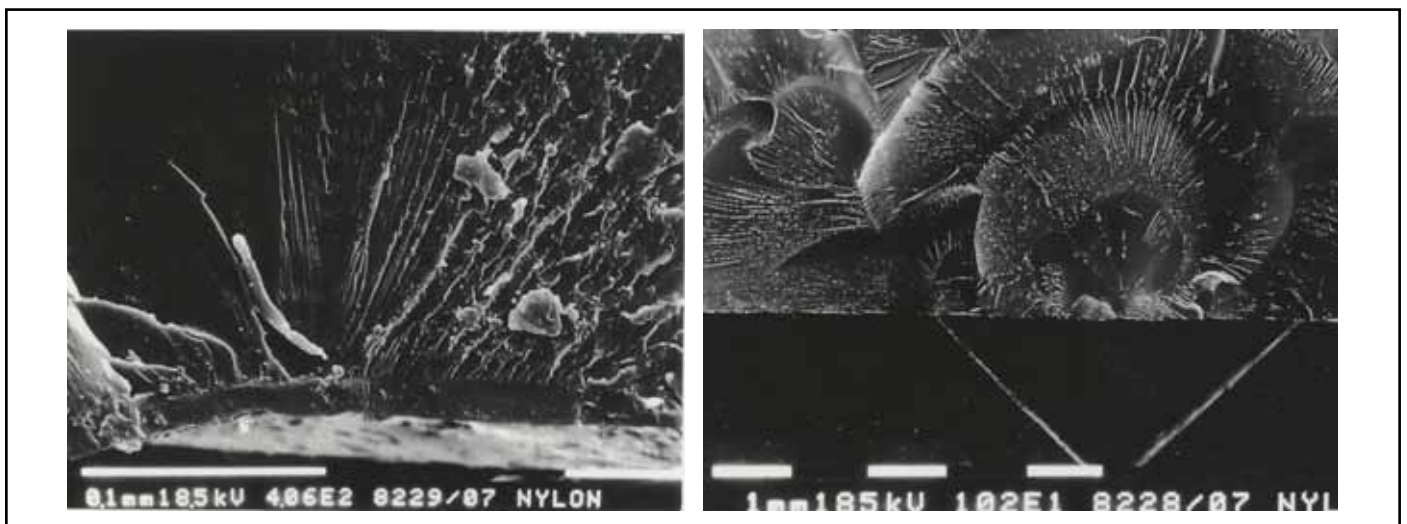


Fig. 5.22
Ingrandimenti fotografici degli spezzoni utilizzati nella prova di Hopkinson- Davies

SCHEMA DI ANALISI

La modalità di prova UNI 8586 prevede una serie di colpi applicati al centro del sedile mediante caduta da 6cm di altezza da un dardo di massa pari a 50Kg e di forma emisferica (diametro 30 cm), rivestito di uno strato in gomma di 1cm di spessore (shore 10).

La certificazione contempla 5 diverse classi di resistenza a partire da 10 000 cicli a 50 000.

Si è presa in considerazione la sola parte mobile del sedile, essendo l'unica coinvolta nel danneggiamento riscontrato sia in uso che in prova, con l'accortezza di limitarsi a metà oggetto, date le caratteristiche di simmetria di geometria e carichi.

CONDIZIONI DI VINCOLO

E' stato realizzato un modello matematico ed è stato vincolato nelle tre direzioni cartesiane in corrispondenza delle due cerniere; nella direzione verticale nei tre punti di appoggio sul telaio e in condizioni di simmetria in corrispondenza dell'asse.

CONDIZIONI DI CARICO

Il modello elastico è stato caricato con una pressione uniforme in una zona di 9610 mmq di superficie centrata sul punto di caduta.

Il valore della risultante di carico è stato determinato in modo da realizzare un'equivalenza tra l'energia totale del dardo, immagazzinata nel corso della caduta, e l'energia di deformazione del sedile, valutata forzatamente sulla base della deformata statica.

Nel modello dinamico sono invece state riprodotte le condizioni di prova applicando una velocità iniziale pari a 1.085 m/s al dardo in posizione di incipiente contatto con il sedile.

RISULTATI DEL CALCOLO

Il campo tensionale nelle immediate vicinanze del contatto non è significativo di una situazione fisica; viceversa, le zone corrispondenti alla parte anteriore dell'aletta (massima tensione di Von Mises pari a 68MPa) e all'attacco delle cerniere (massima tensione di Von Mises pari a 66MPa) rivelano sicuramente delle zone critiche reali.

Nelle figure 5.23 a, b e c sono riportate le immagini di sedili danneggiati in prova.

In particolare si nota come sia frequente l'innescò della rottura in corrispondenza dell'aletta anteriore, a circa un quarto della sua lunghezza, in corrispondenza di uno dei quattro punti di estrazione.

Si riscontra una **rottura del sedile dopo pochissimi cicli di carico** con un valore di tensione massima calcolato attorno a 68 MPa.

Il comportamento del pezzo si colloca in una classe di problemi che richiedono improrogabilmente verifiche dinamiche per supportare la progettazione.

Anche i risultati provenienti dall' Ismes sembrano quindi confermare la non idoneità del materiale scelto per la produzione della sedia Mimi, evidenziando la fragilità del componente analizzato (il sedile), fortemente soggetto a rottura.

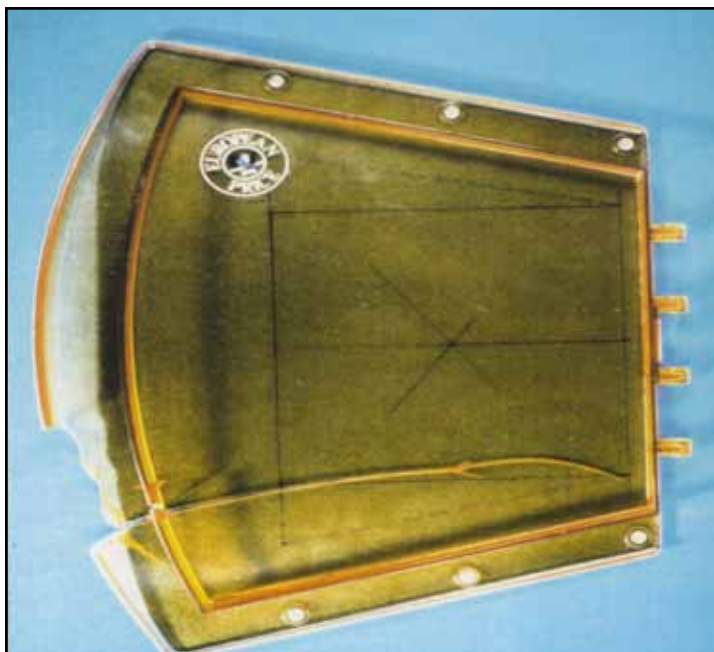


Fig. 5.23 a
Sedile danneggiato in prova

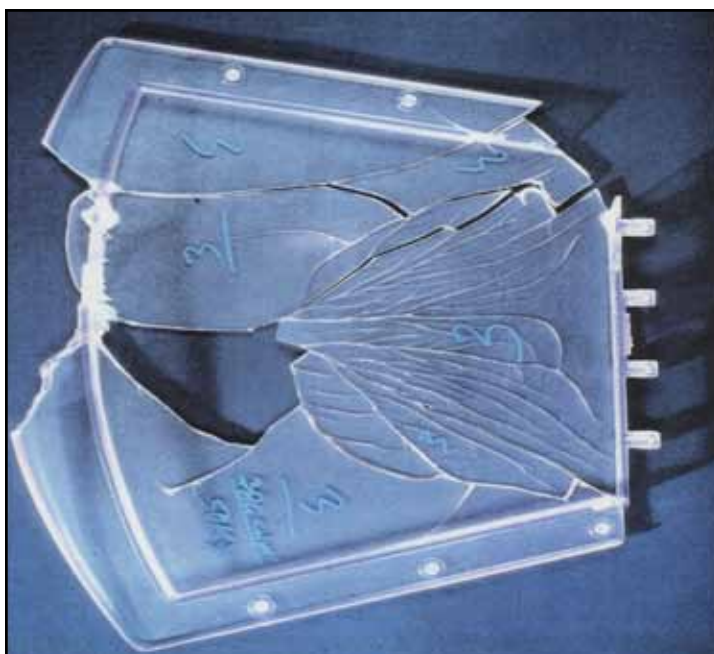


Fig. 5.23 b
Sedile danneggiato in prova

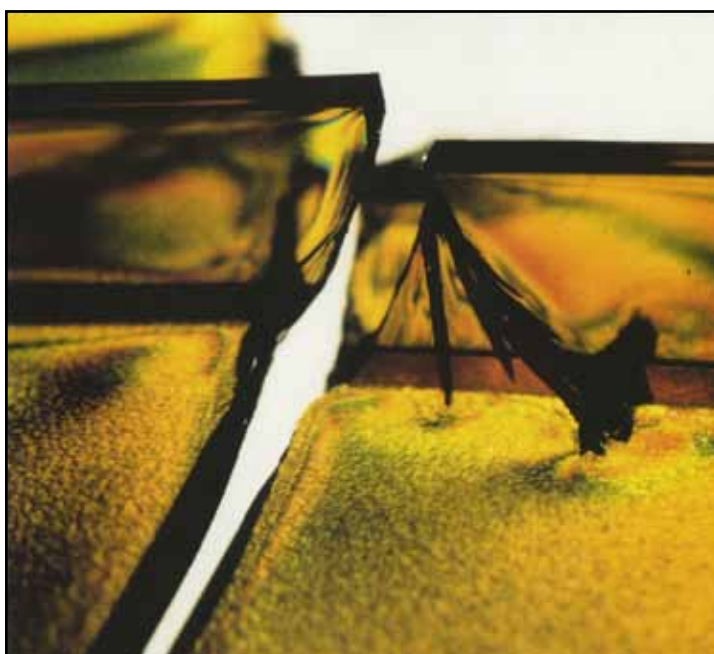


Fig. 5.23 b
Ingrandimento della frattura

5.5.4 IL SECONDO MATERIALE: PC LEXAN

INDIVIDUAZIONE DEL MATERIALE ALTERNATIVO: POLICARBONATO LEXAN

Giunti alla conclusione che il materiale Zytel 330 non costituisca la soluzione ideale per la realizzazione della sedia Mimì, si individua come materiale alternativo, in grado di garantire le prestazioni meccaniche e la qualità estetica richiesta (primo tra tutti il requisito di traslucidità), il polycarbonato Lexan, prodotto dall'azienda General Electric.

Si procede quindi con la produzione e vendita della sedia in polycarbonato.

Ben presto ci si accorge però di un nuovo problema: il polycarbonato denuncia una limitata resistenza chimica e quindi un pericolo di fessurazioni sotto sforzo.

Le fessurazioni si manifestano in modo rafforzato se vi è anche l'azione di agenti aggressivi.

Queste fessurazioni sono incrinature per tensioni interne dovute alle condizioni di produzione durante lo stampaggio.

Tali tensioni in aria potrebbero impiegare anni per evidenziarsi, in un determinato agente chimico invece sono visibili dopo pochi minuti.

TEST DI IMMERSIONE

Il test di immersione in acido dei manufatti stampati (TnP Test per il PC) serve per dimostrare la qualità dei manufatti stampati.

Per capire la qualità dello stampaggio ad iniezione dei manufatti in polycarbonato si utilizza una miscela di Toluolo e n-Propanolo.

SOLUZIONI ALLE FESSURAZIONI

E' possibile ridurre le fessurazioni dovute al processo di stampaggio a iniezione nei seguenti modi:

- Per scaricare le tensioni interne causa delle fessurazioni sotto sforzo si può **TEMPERARE** il manufatto portandolo molto lentamente dalla temperatura ambiente ai 135°C e facendolo raffreddare altrettanto lentamente (se possibile assieme al forno.)
- Per diminuire la formazione di fessure sotto sollecitazione sono state realizzate formulazioni con 10-40% di fibre di vetro corte.
Tuttavia, in questo modo, si ha la **PERDITA DELLA TRASLUCIDITA'**.

Tali soluzioni migliorano le fessurazioni dovute al processo di stampaggio a iniezione, ma non eliminano il problema legato ai solventi chimici.

La sedia si presenta quindi in condizioni perfette non appena stampata e può rimanere tale per anni, senza presentare tensioni o problemi di fragilità, finché non si trova a contatto con un solvente chimico.

Il PC è soggetto non solo al contatto diretto con i solventi utilizzati nella pulizia, ma anche alle esalazioni di tali prodotti.

Può quindi accadere che la pulizia del pavimento, per esempio, in prossimità della sedia, provochi, a causa delle esalazioni, i medesimi effetti del contatto diretto tra il PC e il solvente, effetti che si manifestano nella fessurazione e conseguente rottura della sedia.

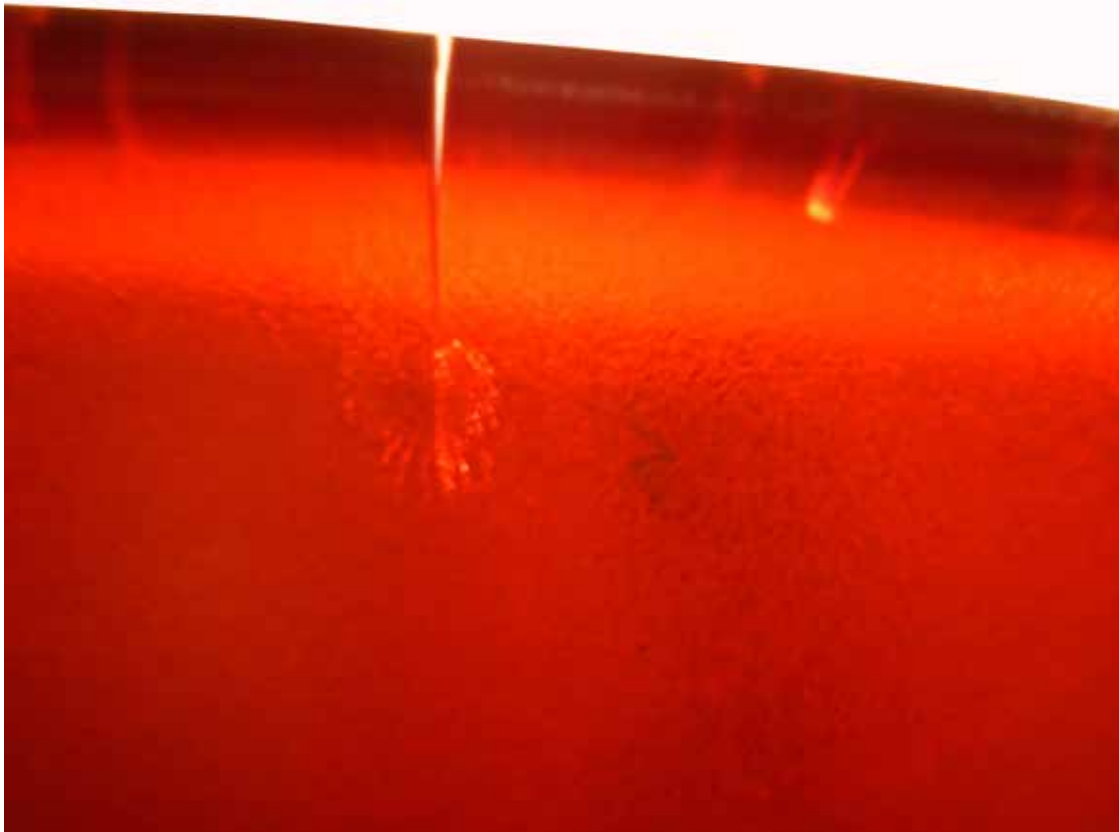


Fig. 5.24

Fessurazioni sul bordo superiore dello schienale dovute all'azione degli agenti chimici

FINE DELLA PRODUZIONE

I problemi relativi al materiale della sedia Mimì, inizialmente il nylon Zytel 330, rivelatosi non idoneo in quanto fortemente soggetto a frattura e successivamente il polycarbonato Lexan, fortemente soggetto all'azione dei solventi chimici utilizzati per pulire la superficie, hanno determinato la fine della produzione della sedia.

Dalla nascita della Mimì ad oggi sono trascorsi vent'anni, durante questo tempo sono stati sviluppati nuovi materiali e nuove tecnologie.

La sostituzione del materiale potrebbe ridare vita al progetto.

Se si volesse continuare ad utilizzare il polycarbonato, esistono oggi speciali liquidi protettivi in grado di salvaguardare il materiale dall'azione dei solventi chimici.

Si potrebbe anche pensare ad un materiale diverso, che abbia le stesse caratteristiche di traslucidità e resistenza ma che non presenti i problemi legati alla resistenza chimica, tipici del polycarbonato.

5.6 SUGGERIMENTI PROGETTUALI

Osservando i tecnopolimeri presenti oggi sul mercato, una possibile alternativa all'utilizzo del policarbonato potrebbe essere rappresentata dal blend **PC/ABS**.

La scelta di tale materiale è dovuta al fatto che:

- il PC contribuisce ad innalzare la resistenza all'impatto e la resistenza al calore;
- l'ABS migliora la processabilità e la resistenza chimica e contribuisce a ridurre il prezzo rispetto al PC.

CONFRONTO PRINCIPALI PROPRIETA' MECCANICHE DI PC E PC/ABS

PROPRIETA'	PC	PC/ABS
RESISTENZA ALLO SNERVAMENTO	60 N/mm ²	63 N/mm ²
ALLUNGAMENTO A SNERVAMENTO	7%	4%
ALLUNGAMENTO A ROTTURA	120%	20%
MODULO ELASTICO	2300 N/mm ²	3800 N/MM ²
RESISTENZA ALL'URTO IZOD CON INTAGLIO	850 J/m	100 J/m

Tab. 5.5

Confronto principali proprietà meccaniche tra PC e PC/ABS

Il blend PC/ABS presenta quindi delle caratteristiche meccaniche simili o migliori rispetto al PC ma una resistenza superiore agli agenti chimici in generale.

Date tali premesse il PC/ABS potrebbe costituire una soluzione progettuale alternativa per la realizzazione dei componenti in materiale plastico della sedia Mimi.

Anche in questo caso si tratta di uno spunto progettuale, le ipotesi sostenute dovrebbero essere verificate e sperimentate in modo più approfondito.

6. LISA



Perry King & Santiago Miranda, 2000
Baleri Italia S.p.a.

6.1 PRESENTAZIONE

“

Una sedia da consegnare intatta e identica alle prossime dieci generazioni.

Il progetto di King e Miranda, in gestazione per molto tempo, ha mirato a una sedia bella e longeva. La bellezza può essere effimera, se troppo legata alla moda del momento: la qualità può essere subordinata alla bellezza...

In questo progetto la bellezza è coerente con la qualità, che si traduce in durata: durata della bellezza e del prodotto.

Da un lato la forma, evocativa di altre forme, ma mai identificabile con esse, lascia spazio alla memoria senza costringerla al revival; dall'altro i materiali - il nylon caricato della seduta, la pressofusione di alluminio della struttura, l'acciaio delle gambe -, fatti per durare.

Molto più di tanti oggetti meno discreti.

Catalogo Underwear

Ancora una sedia?

Una sfida avvincente.

Un occhio al passato, alla storia,
un occhio al futuro, alla tecnologia e alle regole dell'uomo.

Un percorso di progetto lungo, difficile e a volte impossibile,
si fa via via semplice, piano.

Si risolve in un gesto che ci rivela un oggetto magico e protagonista,
che ci riporta con nostalgia al bel disegno degli anni '60,
ma che possiede dentro di sé una personalità coinvolgente e attuale,
una forma seducente: Lisa.

Un bellissimo progetto di Perry King e Santiago Miranda
tra logica anglosassone e sensualità mediterranea.

Lisa è una sedia di grande affidabilità.

Catalogo Baleri Italia

”



6.2 LA STORIA DI LISA

Perry King, inglese, alto, magro, l'aria severa, un David Niven italianizzato.

Santiago Miranda, basso, l'aria affidabile dello spagnolo catalano, assomiglia a Placido Domingo.

Lisa, robusta, elegante, colorata.

Tre nomi, senza una storia non sono nulla.

La storia:

Un guizzo negli occhi di Enrico Baleri, il guizzo di chi ha avuto un'idea, un'intuizione.

L'idea è una sedia robusta, non solo, deve comunicare questa sua peculiarità.

Affida il progetto a Perry King e Santiago Miranda, disegnano la sedia, bella sin dal primo disegno, sembra già completa, due mani sorreggono la scocca, come le mani di chi solleva un macigno, la donna amata o una coppa: possenti, affidabili, orgogliose.

Le gambe in alluminio pressofuso, la scocca in materiale plastico.

Il progetto sembra completo.

Eppure, non fa i conti con il linguaggio del materiale.

Plastica: dal greco *plastikè*: "Arte che si occupa di formare figure con materiali molli, che poi induriscono".

La sedia disegnata da King e Miranda assomiglia troppo al legno curvato, non comunica la morbidezza della plastica, occorrono modifiche.

Enrico Baleri capisce che il linguaggio va migliorato, che le caratteristiche della plastica sono differenti da quelle del legno e che non emerge come dovrebbe quel concetto di autenticità che costituisce uno dei valori fondamentali del suo lavoro, un prodotto dev'essere capito immediatamente, per quello che è e per i materiali di cui è costituito.

Baleri apporta le sue modifiche, lievi ma essenziali, di forma e di struttura, convincendo a fatica i due designers, abituati ad elaborare un prodotto molto vicino alla realtà della produzione.

Le modifiche vengono effettuate, King e Santiago si rendono conto del valore aggiunto, vengono fatti i primi stampi e la sedia viene inviata al CATAS per le prove di resistenza: supera tutti i test, anche il più difficile, quello che prevede il carico di una persona di 150 Kg seduta, mentre lo schienale viene tirato da un'ulteriore forza.

La sedia è effettivamente robusta e resistente, più della maggior parte delle sedie in commercio.

Inizia la produzione e, come inevitabile, iniziano a delinearsi i primi problemi legati alla produzione industriale.

L'accoppiamento tra plastica e alluminio è molto complesso, i due materiali presentano ritiri diversi, è necessario che gli stampi siano progettati alla perfezione. Così avviene.

Dal momento che i primi pezzi stampati presentano una rigidità eccessiva, si decide di caricare il nylon con della fibra di vetro, per rendere la struttura più elastica e di conseguenza più confortevole.

Tuttavia questo cambiamento porta con sé un nuovo problema: inizialmente stampati in massa, con l'aggiunta della fibra di vetro i pezzi presentano numerosi difetti superficiali, si rende necessaria una successiva verniciatura che, nonostante comporti un aumento dei costi di produzione, assicura un risultato estetico impeccabile. Per trovare la migliore verniciatura possibile, che resista a qualsiasi tipo di graffio, vengono coinvolti anche tecnici delle più specializzate industrie automobilistiche, abituati ad avere a che fare con questo tipo di problemi.

Risolti tutti i problemi di produzione, la Lisa è pronta per essere immessa sul mercato.



La sedia ha un successo immediato, ma alle prime vendite non seguiranno i riordini auspicati. Tre fattori principali determinano il lento svanire di un progetto eccezionale, un capolavoro di perfezione, talmente perfetto forse ,che ha perso un po' il legame con la realtà: la sedia è robusta, sì, ma eccessivamente pesante; questa pesantezza determina una difficoltà di impugnatura, di presa e, infine, forse è troppo costosa.

Molti anni dopo, Emanuele Baleri , figlio di Enrico, intuisce che è possibile avere una sedia robusta ma allo stesso tempo molto leggera, utilizzando la fibra di carbonio.

Viene realizzato un prototipo, ma ci si rende presto conto che nemmeno questa strada può essere intrapresa, il carbonio è un materiale molto costoso e necessita di un processo artigianale, adatto a piccole quantità.

Baleri Italia viene nel frattempo venduta e il nuovo proprietario decide di non investire ulteriormente in questo progetto.

Svanisce così un altro grande progetto del disegno industriale, nello scontro con il mercato e la leggerezza.

6.3 INNOVAZIONI E PROBLEMI

Elemento fondamentale nella progettazione della sedia Lisa è stato il raggiungimento di una resistenza (meccanica e nel tempo) non comune alla maggiorparte delle sedie.

La sedia Lisa ha superato tutti i test di resistenza, nonostante questo, ha avuto vita breve.

La ricerca della perfezione ha fatto sì che non ci si accorgesse di tre aspetti molto importanti: il peso eccessivo, la difficoltà di presa (determinata dal peso e dalla mancanza di un elemento che ne rendesse comodo l'afferraggio) e il costo di produzione eccessivo.

ELEMENTI DI INNOVAZIONE:

- *UNA SEDIA ETERNA*

La resistenza della sedia Lisa è straordinaria, di gran lunga superiore alla resistenza della maggiorparte delle sedie in commercio.

Per ottenere tale resistenza si è ricorso ad un materiale che potesse soddisfare tale requisito, il nylon66 caricato con il 50% di fibra di vetro, così come il disegno della scocca ed il relativo spessore è stato ideato in tale ottica.

- *UNA SEDIA PROGETTATA NEI MINIMI DETTAGLI*

Particolarmente complesso è stato definire con accuratezza e precisione gli accoppiamenti tra la scocca in PA66, la struttura in alluminio pressofuso e le gambe in acciaio.

Trattandosi di materiali con ritiri e tolleranze differenti, si è dovuto prestare particolare attenzione sia al disegno della sedia, sia alla progettazione degli stampi.

Al fine di eliminare eventuali attriti o rumori tra la scocca in materiale plastico e la struttura in alluminio, si è deciso di inserire tra i due componenti un elemento in poliuretano stampato mediante processo RIM (Reactive Injection Moulding).

Alle estremità inferiori delle gambe sono stati assemblati piedini in gomma antirumore.



Fig. 6.1
Sedia Lisa da tre differenti viste

PROBLEMI

- *PESO ECCESSIVO, DIFFICOLTA' DI PRESA*

La ricerca di una resistenza meccanica e nel tempo straordinaria, ha determinato il peso eccessivo della sedia Lisa, la quale raggiunge i 5.9 Kg.

La sedia è alla vista leggera, o quantomeno non dà l'idea di pesantezza, tuttavia, non appena si cerchi di spostarla, ci si rende conto della difficoltà nel farlo.

Quest'ultimo fatto è dovuto non solo al peso eccessivo, ma anche alla mancanza di elementi che ne favoriscano la presa (come ad esempio un bordo lungo lo schienale o un taglio sul medesimo).

- *UN COSTO ELEVATO*

L'accuratezza dei dettagli, l'utilizzo di materiali dalle ottime prestazioni funzionali e meccaniche, l'elevato numero di componenti (scocca, struttura, gambe, distanziatori, guarnizione, inserti conici, piedini antirumore), hanno fatto sì che il costo di produzione della sedia Lisa fosse troppo elevato, sicuramente giustificato dalla qualità del progetto, ma difficilmente comprensibile dalle logiche del mercato.



Fig.6.2
Sedia Lisa nelle versioni blu e argento

7. ANALISI PROGETTUALE LISA



7.1 DISTINTA BASE

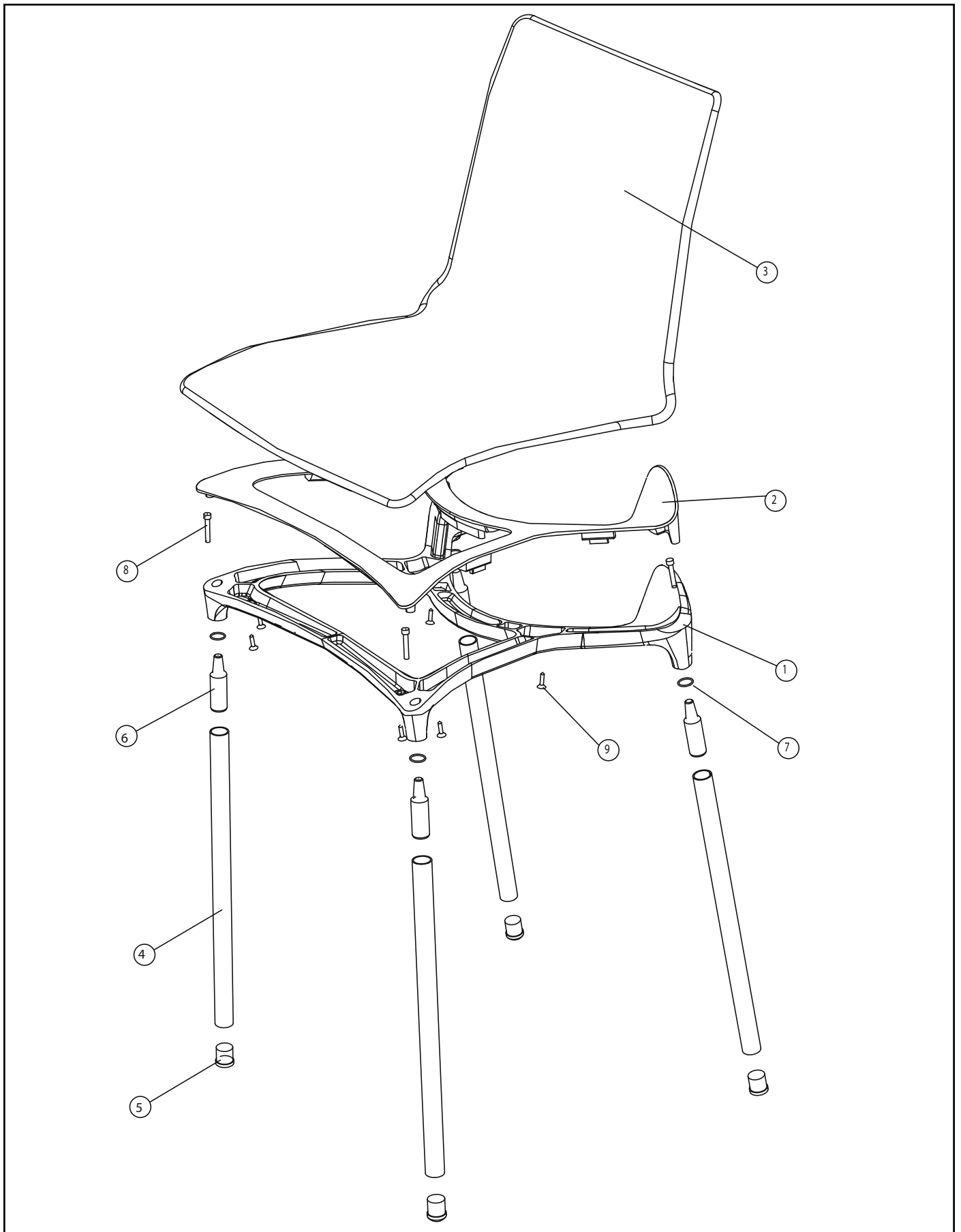


Fig. 7.1
Esploso

DISTINTA BASE

POSIZIONE	DENOMINAZIONE	MATERIALE
1.	Struttura pressofusa	Al EN 46100
2.	Guarnizione	PU
3.	Scocca	PA66 50%GF
4.	Gamba	Acciaio
5.	Piedino in gomma	Gomma
6.	Innesto	Acciaio
7.	-O- Ring	Gomma
8.	Viti fissaggio gambe	Viti testa a brugola UNI 5931 M6x20
9.	Viti autoformanti per scocca	Viti testa svasata UNI 10228 - 4x20 /H

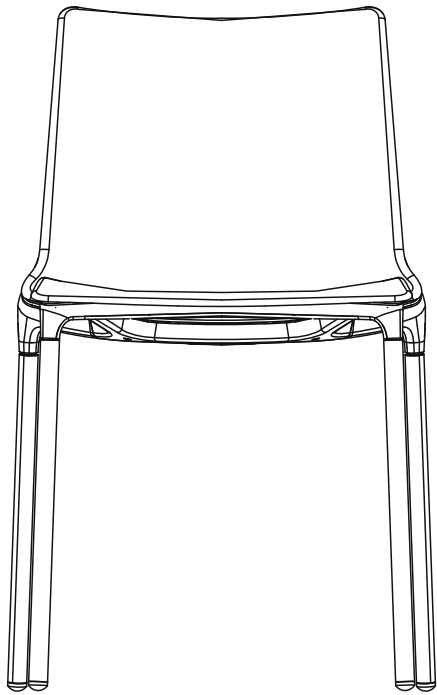
Tab. 7.1
Disitnta base Lisa

PROCESSI

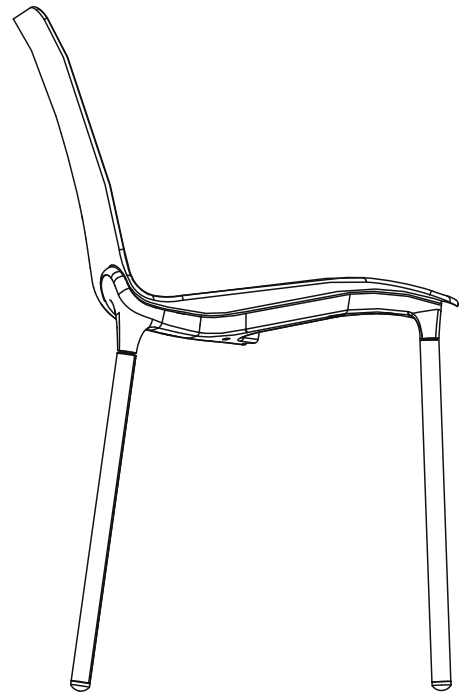
COMPONENTE	PROCESSO	FINITURA
1. Struttura pressofusa	Pressofusione	Lucidatura e cromatura Verniciatura con polveri poliestere ecologiche.
2. Guarnizione	Stampaggio RIM	- -
3.Scocca	Stampaggio a iniezione	Verniciatura con polveri poliestere ecologiche cotte in forno fino a 200°C con effetto antigraffio, antiscivolo, e antistatico.
4. Gamba	Estrusione	Lucidatura e cromatura o verniciatura con polveri poliestere ecologiche
5. Piedini in gomma	Stampaggio a compressione	- -

Tab. 7.2
Processi industriali dei principali componenti

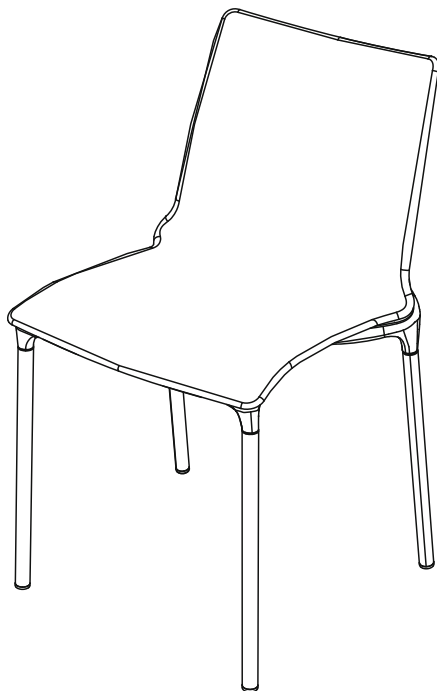
VISTE



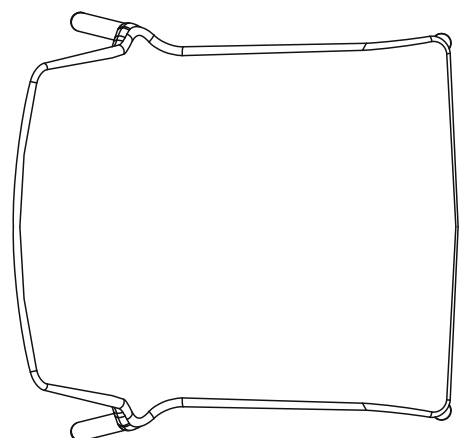
VISTA FRONTALE



VISTA LATERALE



PROSPETTIVA



VISTA LDALL'ALTO

Fig. 7.2
Viste della sedia Lisa

7.2 ANALISI STRUTTURA IN ALLUMINIO PRESSOFUSO



Fig.7.3
Render della struttura in pressofusione

STRUTTURA

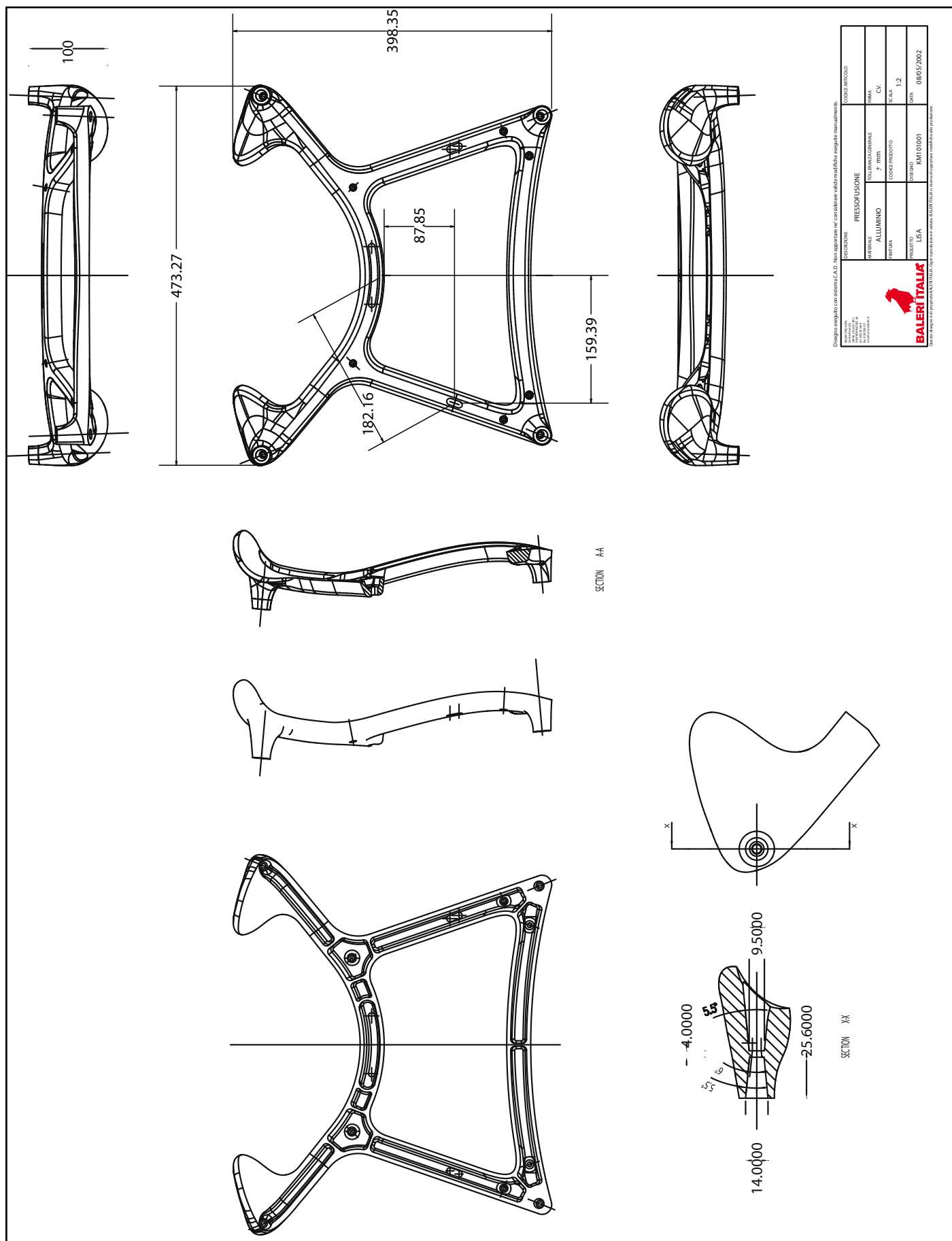


Fig.7.4
Tavola tecnica del componente pressofuso

7.2.1 PROCESSO DI PRESSOFUSIONE

Esistono due principali processi di pressofusione: a camera calda, o a camera fredda (utilizzato principalmente per le leghe alluminio-zinco ZA).

Nel caso della pressofusione della struttura della sedia Lisa, si tratta del processo a camera calda.

FASI DEL PROCESSO:

1. L'alluminio solido, in pani, viene inserito all'interno di un forno dove viene portato a fusione e mantenuto tale.

Il materiale fuso viene successivamente prelevato dal forno esterno e portato all'interno dei forni a bordo macchina per poter essere iniettato.

Tale sistema consente di disporre costantemente di un'elevata quantità di materiale fuso che non potrebbe essere contenuto solo nei forni a bordo macchina.



a)



b)

Fig. 7.5 a,b
Pani di alluminio



Fig. 7.6
Forno esterno



Fig. 7.7
chiusura del forno esterno



Fig. 7.8 a,b
Al fuso in uscita dal forno



a)



b)

Fig. 7.9 a,b
Trasporto e immissione Al nel forno a bordo macchina



a)



b)

Fig. 7.10 a,b
Forno a bordo macchina

2. Preparazione dello stampo che viene portato ad adeguata temperatura.
Ai fini del corretto stampaggio, è necessario che lo stampo sia riscaldato.

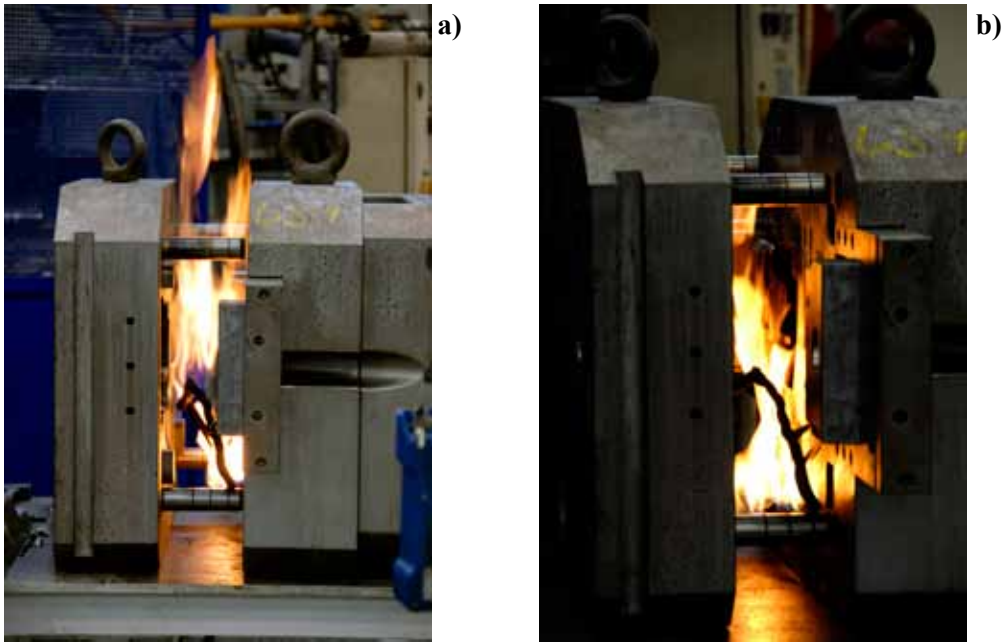


Fig.7.11 a, b
Preparazione dello stampo che viene portato ad adeguata temperatura

3. Iniezione del materiale fuso, contenuto nella camera di compressione, all'interno dello stampo.
Il materiale riempie velocemente l'impronta dello stampo e si raffredda a contatto con le pareti.
La pressione di iniezione è data dall'azione di un pistone attivato idraulicamente.
Tra una stampata e l'altra un lubrificatore mantiene lo stampo pulito e lubrificato, pronto per la stampata successiva.

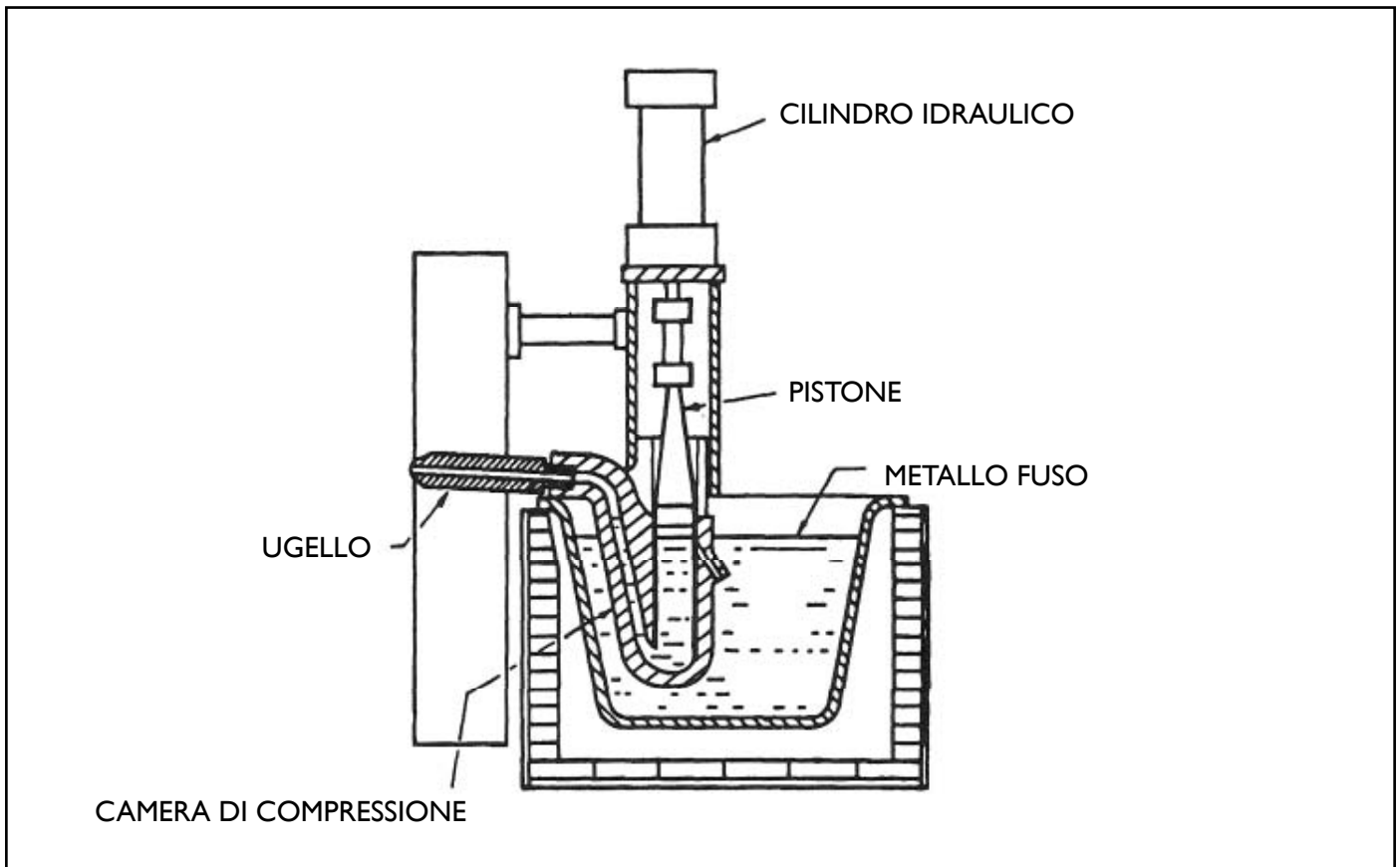


Fig.7.12
Schematizzazione della macchina a camera calda



a)



b)

Fig. 7.13 a, b
Stampi per la pressofusione.



Fig.7.14 a,b
Azione del lubrificatore

4. Il materiale iniettato solidifica a contatto con le pareti dello stampo. Il pezzo viene espulso mediante espulsori posti all'interno dello stampo, un braccio meccanico preleva il pezzo in uscita, lo immerge in acqua fredda al fine di diminuirne la temperatura, lo estrae e lo posiziona su un piano affinché possa essere prelevato da un operatore.



a)



b)

Fig.7.15
Estrazione meccanica del pezzo

Fig.7.16
Prelievo del pezzo da parte di un operatore

5. Il componente pressofuso presenta bave, materozze di trascinamento, attacchi di colata, bracci di colata e materozze che devono essere separati dal pezzo.
Tale operazione viene effettuata attraverso una tranciatrice automatica che dispone di uno stampo con il profilo del pezzo finale, in modo da poter eliminare le parti in eccesso.
Gli sfridi vengono infine fusi nuovamente e riutilizzati.



Fig. 7.17
Tranciatrice automatica posizionata accanto ad ogni stazione di pressofusione.

FONDERIA EFFETRE

Le immagini sono state scattate all'interno della fonderia Effetre di Ospitaletto (BS), azienda che si è occupata dello stampaggio della struttura pressofusa della sedia Lisa.
La effetre dispone di 7 presse per la pressofusione, ognuna con differenti potenze a seconda delle esigenze del componente da stampare,



Fig. 7.18
Fonderia Effetre

STAMPI PER PRESSOFUSIONE

Gli stampi per pressofusione vengono realizzati in acciaio e si configurano come illustrato in figura xxx.

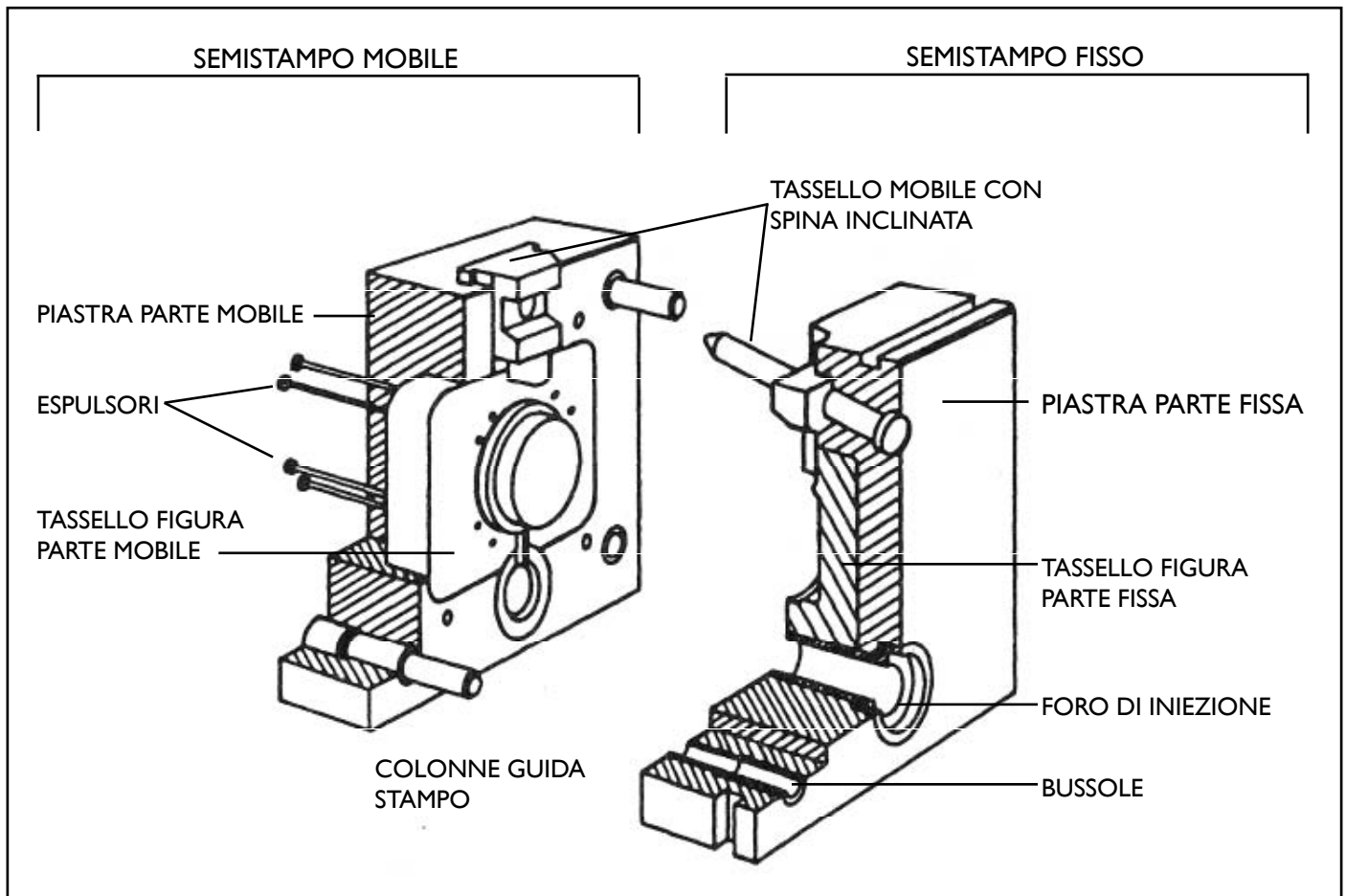


Fig. 7.19
Schema funzionale di uno stampo per pressofusione

Gli stampi per pressofusione sono soggetti a severe sollecitazioni termiche e meccaniche per effetto dei ciclici riscaldi e raffreddamenti.

I fattori che limitano la durata degli stampi sono numerosi, tra cui la fatica termica, l'erosione, la corrosione, le intaccature, le rotture e le usure.

IL NUMERO DEI PEZZI CHE UNO STAMPO PUO' PRODURRE DIPENDE DA:

- il materiale da costruzione utilizzato nello stampo;
- la progettazione e il disegno dello stampo;
- la forma e la geometria del pezzo;
- le lavorazioni e il grado di finitura superficiale;
- i trattamenti termici subiti;
- la temperatura di lavoro;
- la cadenza di produzione;
- il tipo di lega da pressofondere;
- il controllo sul processo di colata.

I materiali utilizzati nella realizzazione degli stampi dovranno quindi essere selezionati accuratamente e presentare le seguenti caratteristiche:

- *COEFFICIENTE DI ESPANSIONE TERMICA*
Deve essere il più basso possibile per minimizzare le tensioni termiche subite dal materiale.
- *CONDUCIBILITA' TERMICA*
Deve essere elevata poichè riduce il gradiente di temperatura e quindi le tensioni interne indotte.
- *RESISTENZA ALLO SNERVAMENTO A CALDO*
Gioca a favore della resistenza alla fatica termica.
- *RESISTENZA AL RINVENIMENTO*
Il materiale deve possedere una buona resistenza allo snervamento a caldo; in caso contrario, perdendo durezza a causa della temperatura a cui è sottoposto, esso rinviene, accelerando il fenomeno della cricatura per fatica termica.
- *RESISTENZA ALLA FATICA MECCANICA E TERMICA*
La perdita di durezza a causa del rinvenimento può essere notevolmente accelerata dalle sollecitazioni meccaniche.
Nella pressofusione il materiale è sottoposto ai carichi meccanici e termici alterni, è quindi molto importante che l'acciaio resista al meglio all'azione congiunta delle due sollecitazioni.
- *DUTTILITA'*
La duttilità rappresenta la capacità del materiale di resistere a deformazioni plastiche senza rompersi; valori elevati di duttilità concorrono a limitare la formazione di cricche da fatica termica.
- *PUREZZA*
La purezza del materiale influisce su numerose proprietà, prima tra tutte la lavorabilità.

Dopo le lavorazioni di macchina utensile, gli stampi devono essere sottoposti a trattamento termico, al fine di ottenere i valori ottimali di resistenza allo snervamento a caldo, resistenza al rinvenimento e valori di tenacità e duttilità desiderati.

FORZE CHE AGISCONO SULLO STAMPO:

- Forza di chiusura della macchina, tendente allo schiacciamento dello stampo;
- Eventuali forze di flessione;
- Forza di iniezione del metallo (che tende ad aprire lo stampo).
Tale forza è pari al prodotto della pressione specifica finale per la superficie frontale del getto (pezzo, dispositivo di colata, materozze di tracimazione)

FORZE CHE AGISCONO SULLO STAMPO IN PRESENZA DI TASSELLI LATERALI:

La presenza di tasselli laterali induce sullo stampo altre forze di reazione al contenimento della pressione applicata sul metallo fuso, che si traducono in ulteriori sollecitazioni e concorrono ad aumentare la forza di apertura dei semistampi.

I tasselli laterali formano parti della superficie del getto e come tali sono soggetti alla medesima pressione esercitata dal metallo che tende ad allontanarli dalla loro posizione; i tasselli laterali sono tenuti in posizione da talloni di riscontro inclinati.

La forza che agisce sui tasselli laterali è quindi determinata dal prodotto dell'area della superficie facente figura per la pressione esercitata dal metallo.

ANALISI DIMENSIONALE

Uno dei pregi di un pezzo ottenuto per pressofusione nei confronti di getti ottenuti con altri metodi di fusione è la *precisione dimensionale*.

La precisione ottenuta dipende da molti fattori tra i quali i più importanti sono:

- la qualità della progettazione dello stampo;
- la posizione del pezzo nello stampo;
- il grado di usura dello stampo;
- le caratteristiche della lega impiegata;
- fattori dipendenti dal processo di pressofusione.

La difficoltà di ottenere e mantenere la precisione delle dimensioni del pezzo è determinata da:

- Fenomeni di dilatazione termica dello stampo;
- Ritiro del pezzo dopo la sua espulsione dallo stampo.

Tutti i corpi sottoposti a variazione di temperatura si dilatano se riscaldati e si contraggono se raffreddati.

Lo stampo opera ad una temperatura di $200\div 350^{\circ}\text{C}$ e si dilata facendo aumentare le dimensioni originali delle impronte.

La lega viene iniettata allo stato fuso ad una temperatura di $620\div 700^{\circ}\text{C}$ nelle impronte dilatate, solidifica nello stampo e il getto viene estratto a temperature variabili tra 220°C e 370°C , raffreddandosi quindi fino alla temperatura ambiente e subendo una contrazione.

L'entità di queste contrazioni e dilatazioni dello stampo dipende da ampiezza e frequenza delle escursioni termiche e dalla natura dei materiali impiegati.

Comunemente, per ottenere la dimensione finale voluta sul pressofuso, tutte le misure del pezzo vengono maggiorate del 4%.

In alcuni casi, in relazione alla geometria, allo spessore, alla temperatura di estrazione del pezzo, le maggiorazioni adottate sono del 5-6%.

Questo accorgimento permette, nella maggiorparte dei casi, di ottenere dimensioni finali del pezzo molto vicine alle dimensioni volute.

La precisione dimensionale di un pezzo pressofuso dipende principalmente dal controllo termico esercitato sul processo.

Il ritiro libero del pezzo dopo la sua espulsione dallo stampo è a sua volta influenzato da geometria e spessore del pezzo.

ORIENTAMENTO DEL PEZZO NELLO STAMPO

Un diverso orientamento del pezzo nello stampo e della linea di divisione del pezzo, può portare a radicali cambiamenti nella concezione e costruzione dello stampo o influire in maniera determinante sulle caratteristiche estetiche, meccaniche, dimensionali, strutturali, sulle operazioni di finitura e, in definitiva, sul costo dello stampo e, di conseguenza, sul costo del pezzo.

Gli aspetti molto importanti da considerare, nella valutazione dell'orientamento del pezzo all'interno dello stampo sono:

- Il dispositivo di colata;
- La posizione dell'attacco di colata;
- La posizione delle materozze e degli sfoghi d'aria;
- L'estrazione del pezzo;
- L'uniformità di temperatura;
- I ritiri e le contrazioni;
- La precisione dimensionale;
- Gli sforni;
- La posizione e la movimentazione di tasselli laterali;
- La posizione e movimentazione delle anime e/o delle spine;
- Le superfici che presentano determinate esigenze estetiche;
- La tranciatura del pezzo e le materozze.

Ognuno degli aspetti sopraelencati è importante nella valutazione dell'orientamento di un pezzo nello stampo, tuttavia, risulta molto difficile poterli conciliare tutti; è quindi necessario valutare approfonditamente l'insieme dei benefici e dei lati negativi in rapporto alle esigenze del pezzo in modo da poter individuare il migliore compromesso.

LINEA DI DIVISIONE

Una volta definito l'orientamento del pezzo, è necessario stabilire la linea di divisione dello stampo, che deve essere il più semplice e lineare possibile poichè ogni deviazione su questa linearità comporta un innalzamento del costo dello stampo.

La collocazione della linea di divisione deve essere valutata considerando diversi aspetti:

- La difficoltà di lavorazione dello stampo (relativamente ai mezzi di lavorazione disponibili);
- La possibilità di realizzare un efficiente sistema di colata con flusso di riempimento ottimale;
- La posizione delle bave in rapporto alle possibilità di tranciatura;
- Le differenti espansioni termiche non devono creare interferenze o spostamenti delle figure;
- Non indebolire le sezioni dello stampo creando punti caldi;
- Considerare le esigenze dello stato superficiale del pezzo.

DIFETTI NEI PRESSOFUSI

- Riempimento insufficiente dell'impronta causato da un'elevata velocità di raffreddamento o spessori di pareti sottili;
- Formazione di bave sulla linea di divisione o in corrispondenza delle parti mobili dello stampo causate da un'elevata pressione di iniezione e dalla fluidità del metallo fuso;
- Bolle d'aria e porosità da ritiro: l'aria viene intrappolata nel pressofuso durante il riempimento dell'impronta oppure durante la fase di ritiro.
- Rotture sottocarico causate dalla porosità sui pressofusi di grande spessore;
- Solidificazione direzionale;

Distorsioni termiche e rotture a caldo sulle concavità del pezzo dovute al ritiro del metallo durante il raffreddamento e alla rigidità della forma e delle anime.

Presenza di linee di flusso.

REGOLE PROGETTUALI

- *SPESSORI*

Gli spessori devono essere uniformi, è necessario evitare variazioni brusche poichè potrebbero portare a rotture, evitare spessori eccessivi (di norma inferiori ai 5mm) per limitare la formazione di cavità interne e porosità, così come spessori troppo ridotti.

Lo spessore influisce sul tempo di raffreddamento e inoltre con la pressione si possono ottenere spessori di parete elevati senza aumenti di costo eccessivi.

- *NERVATURE*

Le nervature sono utili per uniformare gli spessori e dovrebbero essere progettate preferibilmente parallele alla direzione di estrazione.

- *SOTTOSQUADRI*

Qualora sia possibile, è preferibile progettare componenti privi di sottosquadri oppure posizionare il pezzo nello stampo in modo da poter evitare di ricorrere a tasselli mobili (la cui presenza rende lo stampo molto più costoso).

- *ANGOLI DI SPOGLIA*

Gli angoli di spoglia dipendono dal materiale e dall'altezza della parete.

- *RACCORDI*

I raccordi sono necessari per evitare concentrazioni di sforzi sullo stampo e porosità causate dalla deviazione del flusso (fenomeno facilitato da un brusco cambiamento di direzione del flusso nello stampo).

- *FORI E APERTURE*

Devono essere posizionati preferibilmente nella direzione di estrazione, al fine di evitare sottosquadri. La spoglia deve essere abbondante per facilitare l'estrazione delle anime.

- *INSERTI*

Sono utili per funzioni particolari ma comportano delle complicazioni: la necessità di un posizionamento preciso e un fissaggio stabile all'interno dello stampo e un aumento del tempo ciclo.

- *BAVE*

La tranciatura delle bave viene facilitata dalla presenza di un bordino sulla linea di divisione e da un profilo di forma semplificata sulla linea di divisione.

PARAMETRI PRESSOFUSIONE DELLA STRUTTURA



Fig. 7.20
Struttura pressofusa

MATERIALE	Lega Al UNI EN 46100
PRESSA DI INIEZIONE	Colosio, 750 tonnellate
PROCESSO	<ul style="list-style-type: none"> • Pressofusione a camera calda • Tranciatura manuale • Raffreddamento mediante robot che immerge i particolari stampati per circa 5 secondi in una vasca d'acqua tenuta costantemente fredda
CONFIGURAZIONE STAMPO	<ul style="list-style-type: none"> • Stampo a due piastre con estrazione mediante estrattori. • Acciaio per costruzione stampo: 1.1730 (C45) • Acciaio matrici: 1.2343 (V300) • Diametro del pistone di estrazione: 90mm
SISTEMA DI INIEZIONE	Attacco laterale
VELOCITA' DI INIEZIONE 1° FASE	25 giri
PRESSIONE DI INIEZIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Iniziale: 90 ATM • Finale: 90 * 300
RITIRO PER CALO FISIOLÓGICO MATERIALE	5%
RUGOSITA' OTTENUTA	Pezzo lucido a specchio 001
TEMPO CICLO TOTALE	1 minuto circa (comprensivo di caricamento lega, stampaggio, raffreddamento e tranciatura)

Tab. 7.3
Tabella con parametri pressofusione della struttura

7.3 ANALISI DELLA SCOCCA



7.3.1 PROCESSI, PARAMETRI

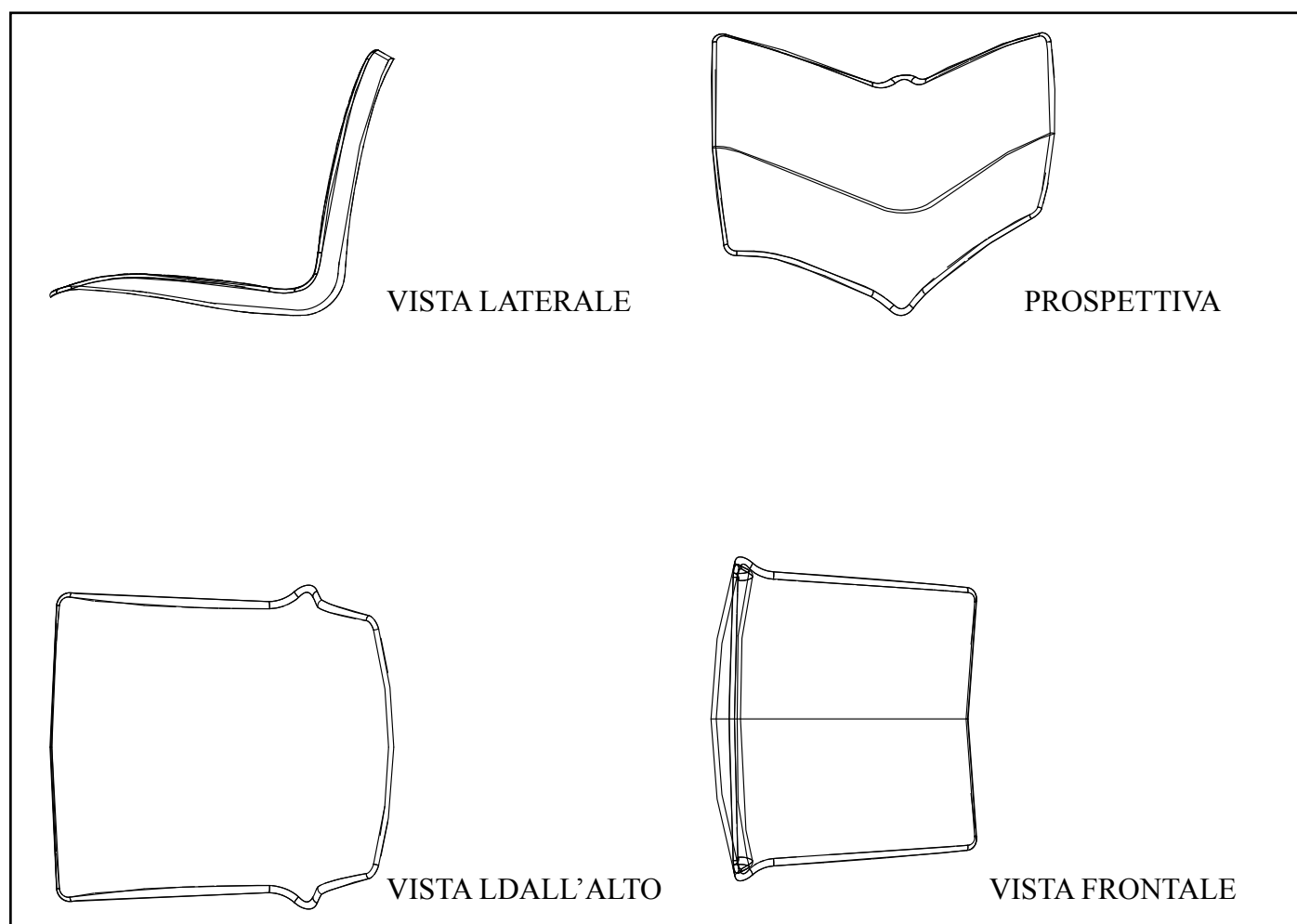


Fig. 7.21
Viste della scocca

PROCESSO

Scocca stampata a iniezione e verniciata a polvere .

SPESSORE SCOCCA

6mm

MATERIALE

PA66 caricata 50% fibra di vetro RADILON A RV370 di produzione Radici Plastics.

FINITURA

Cromatura lucida

Verniciatura con polveri TYGER Drylac ® a base poliestere, adatte per l'esterno, resistente ai raggi U.V.A.
Le vernici sono composte senza sostanze tossiche, cadmio, piombo ed altri metalli pesanti.

La resina è TGIC free, le particelle metalliche sono inossidabili.

Non verrà di seguito descritto il processo di stampaggio a iniezione poichè già descritto per la sedia Mimì, verranno indicati solo i parametri per lo stampaggio dello specifico componente e i problemi iniziali legati allo stampaggio.

PARAMETRI STAMPAGGIO A INIEZIONE SCOCCA

Di seguito sono riportati i dati relativi allo stampaggio ad iniezione del componente scocca, stampaggio effettuato presso la ditta B.M. Industria Bergamasca Mobili S.p.a, grazie alla quale è stato possibile reperire le informazioni sottostanti.

SISTEMA DI INIEZIONE	Vite di miscelazione
MODALITA' ATTIVAZIONE PRESSE	Idraulica
MODALITA' CHIUSURA MACCHINA	A ginocchiera
FORZA NOMINALE DELLA PRESSA	1500 tonnellate
TIPOLOGIE DI STAMPI	Stampa a 2 piastre a canale fresso
TIPO DI ATTACCO A INIEZIONE	A cono
TEMPERATURA MATERIALE AL MOMENTO DELL'INIEZIONE	280°C
PRESSIONE DI INIEZIONE	180°bar
VELOCITA' DI INIEZIONE	75 m/s e 95m/s
TEMPO CICLO TOTALE	120''

Tab. 7.4
Alcuni dati dello stampaggio a iniezione della scocca

7.3.2 SOFTWARE DI SIMULAZIONE

Nella stesura di questo testo, di fondamentale importanza è stato l'incontro con l'ingegnere **Innocente Rivolta**, esperto di calcoli strutturali e simulazioni di riempimento di materiali termoplastici, il quale in passato ha dato il suo sostanziale contributo sia nella progettazione della sedia Mimì che della sedia Lisa. L'ingegnere Rivolta ha precisato che una simulazione di riempimento non è garanzia assoluta, ma dà indicazioni su ciò che avverrà ed evita di compiere grossi errori, tuttavia è necessario passare tutte le informazioni al vaglio dell'esperienza.

Il processo di progettazione degli stampi è oggi ampiamente supportato da software di simulazione, che permettono di analizzare anticipatamente diversi fattori coinvolti durante il processo di stampaggio a iniezione.

Una volta effettuato il calcolo strutturale tramite il programma Nastran o altri solutori meccanici, il modello del pezzo da stampare viene importato all'interno del software di simulazione di riempimento; il programma utilizzato dall'ing. Rivolta è Moldflow, di Autodesk. (*"Il software di simulazione Autodesk® Moldflow® mette a disposizione strumenti per la simulazione dello stampaggio a iniezione, che permettono di convalidare e ottimizzare le parti in plastica, gli stampi a iniezione e il processo di stampaggio a iniezione. Autodesk Moldflow accompagna progettisti, costruttori di stampi e ingegneri dall'impostazione della simulazione fino all'interpretazione dei risultati, per valutare l'impatto sulla fattibilità dei prodotti delle modifiche apportate a spessore delle pareti, posizionamento dei punti di iniezione, materiale e geometria. Autodesk Moldflow offre un supporto geometrico che va dalle parti a parete sottile alle applicazioni solide e spesse, agevolando la valutazione di vari scenari alternativi prima della finalizzazione del progetto"* www.autodesk.it).

Generalmente il primo passo da effettuare consiste nella modifica e ritocco delle geometrie primitive che descrivono il pezzo, in quanto raramente il passaggio dal solutore al Moldflow genera modelli esatti; il passo successivo è la creazione della mesh del pezzo, passando da elementi 2D a elementi 3D.

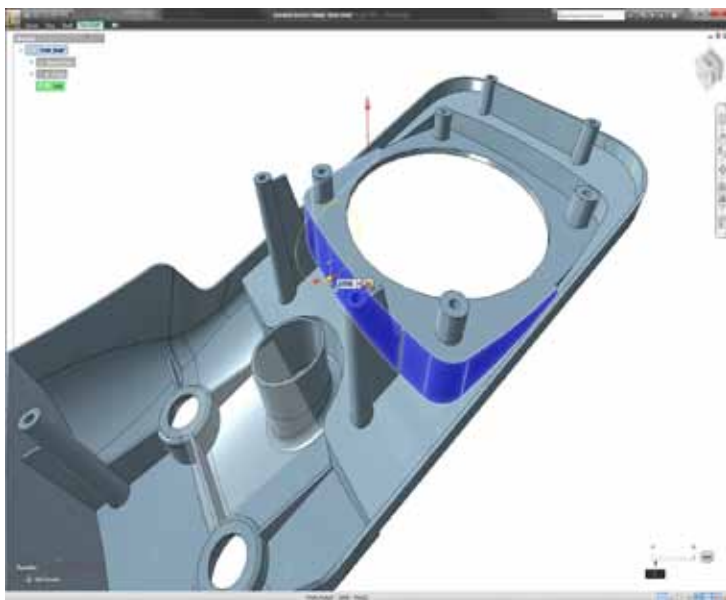


Fig. 7.22
Modifica delle geometrie tramite
Autodesk Moldflow

A questo punto, viene assegnato al pezzo il materiale scelto, selezionato all'interno della banca dati del programma, correlato di numerose variabili che lo descrivono.

Fondamentale, ad esempio, è la **curva reologica** del materiale.

La reologia è la scienza che studia le proprietà di flusso e di deformazione della materia; in generale, risulta molto complessa, poichè le proprietà reologiche si discostano notevolmente dall'idealità e dipendono da numerose variabili, quali il peso molecolare, la struttura della catena macromolecolare, il tipo e la concentrazione degli additivi, la temperatura, la pressione e il tempo.

Il calcolo che viene effettuato quindi, è un calcolo ad elementi finiti, ma molto più complesso rispetto al calcolo strutturale per la quantità di variabili che devono essere calcolate per ogni punto in cui il

In seguito all'assegnazione del materiale, è necessario impostare una serie di altri parametri di processo, quali per esempio la temperatura, la pressione, il tempo di raffreddamento, o la presenza o meno di fibre e l'impostazione di parametri di calcolo, come ad esempio l'utilizzo o meno del processore grafico e il numero di processori di cui servirsi.

Nel caso di presenza di fibre, il programma è in grado di calcolarne l'orientamento, aspetto determinante per le prestazioni, la resistenza e il peso complessivo del componente.

Impostati tutti i parametri necessari alla buona riuscita della simulazione, ha inizio il riempimento, al termine del quale è possibile valutare molti dei fattori che concorrono al corretto stampaggio ad iniezione di componenti in materiale termoplastico.

E' possibile una simulazione in tempo reale dello stampaggio, che consente di valutare dinamicamente più progetti in una frazione del tempo necessario per eseguire una simulazione standard, in modo da individuare in maniera rapida il progetto migliore.

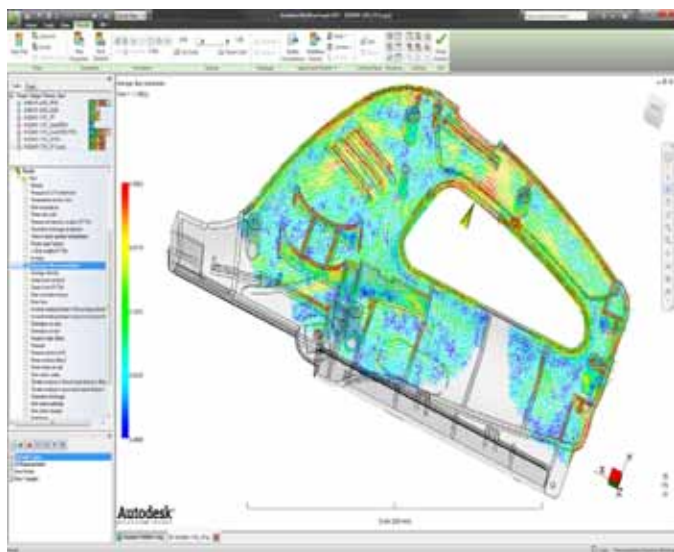


Fig. 7.23
Orientamento delle fibre

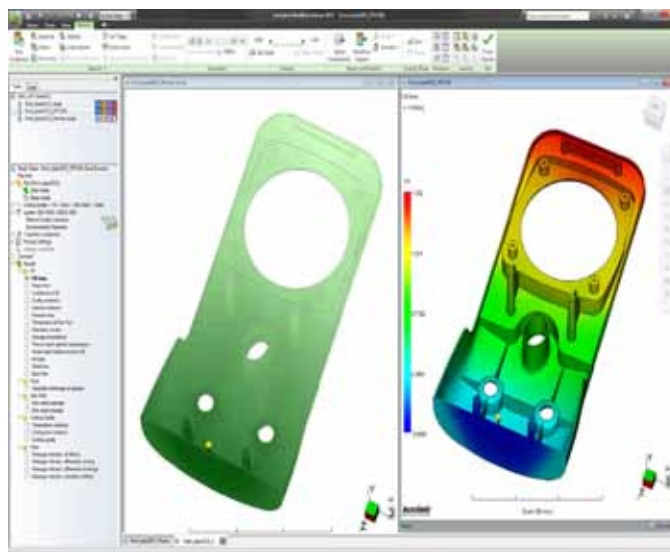


Fig. 7.24
Simulazione in tempo reale

Attraverso la lettura dei risultati è possibile, per esempio, determinare la forza di chiusura necessaria, e quindi agire in modo da abbassarla, le deformate (la quantità di deformazione del pezzo dopo essere stato stampato), la presenza di bolle d'aria, risucchi, linee di saldatura e la temperatura del materiale nei diversi punti dello stampato. Essendo possibile determinare la variazione di temperatura all'interno di uno stampo nel corso di un ciclo di stampaggio, è possibile prevedere anche il numero di cicli necessari per raggiungere una temperatura stabile dopo l'avvio della produzione.

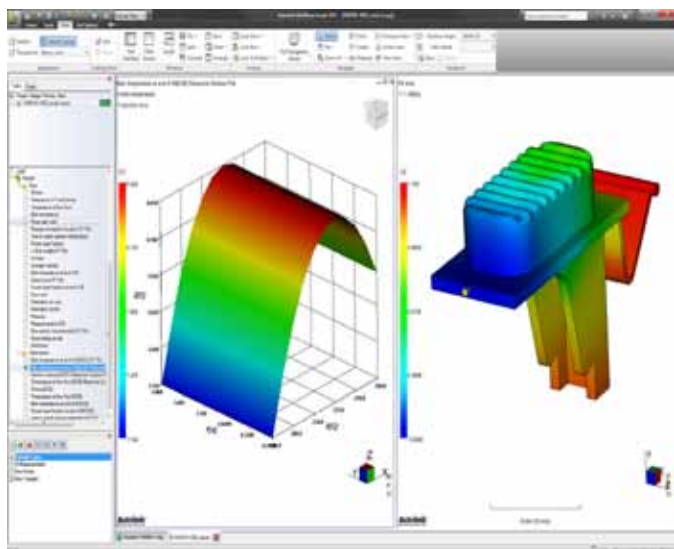


Fig. 7.25
Raffreddamento transitorio degli stampi a iniezione

RICORSO AL MOLDFLOW NELLA PROGETTAZIONE DELLA SCOCCA



Fig. 7.26 a, b : Simulazione di ritiro a)

b)

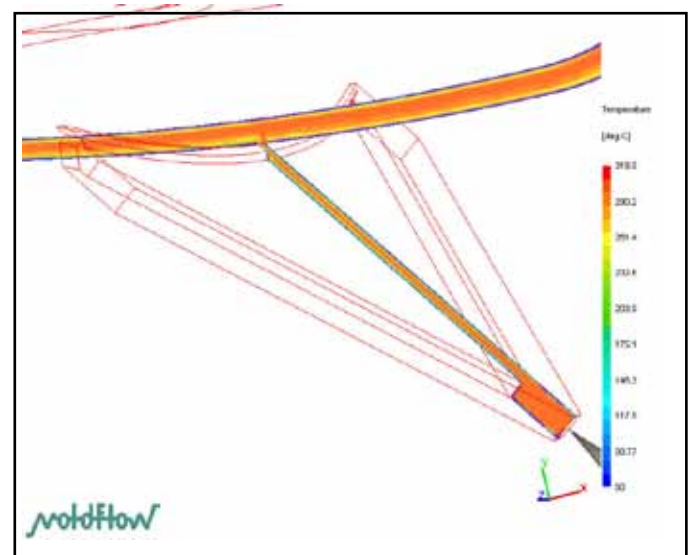
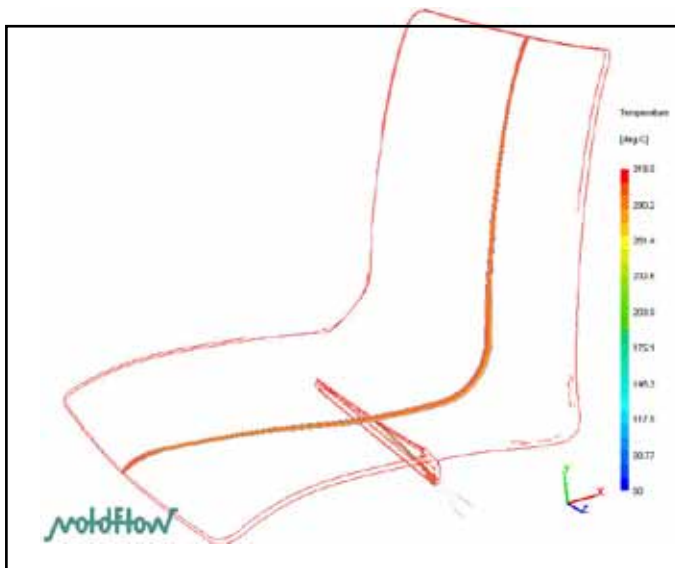


Fig. 7.27. a, b : Temperatura del materiale fuso a)

b)

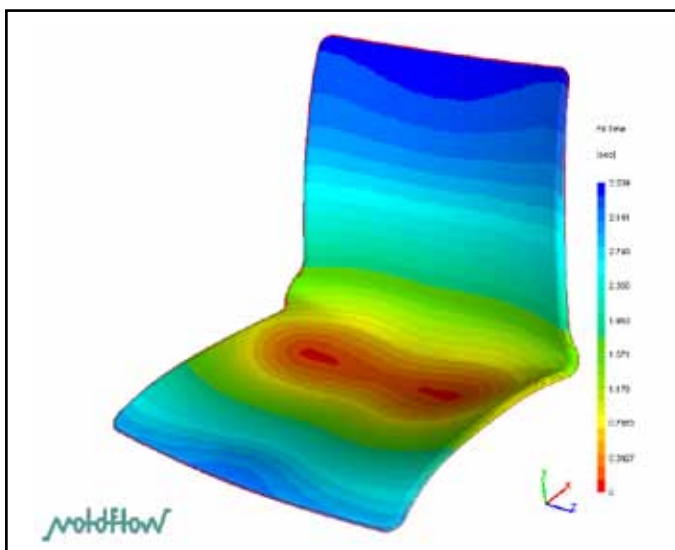


Fig. 7.28
Tempo di riempimento

7.3.3 DIFETTI DI STAMPAGGIO

DIFETTI INIZIALI

Come spesso accade, i risultati delle prime prove di stampaggio difficilmente sono soddisfacenti, è infatti necessario effettuare diverse prove mettendo a punto di volta in volta un parametro piuttosto che un altro. Nel caso della sedia Lisa i principali difetti di stampaggio erano legati alla colorazione in massa e alla presenza di fibre di vetro.



Fig.7.29
Striature argentee in prossimità del punto di iniezione



Fig.7.30
Macchie bianche disperse su tutta la superficie

CAUSE

Iniettando il materiale caricato, le fibre di vetro si scontrano contro la parete opposta dello stampo e determinano un surriscaldamento locale.

In corrispondenza dei punti surriscaldati le fibre di vetro si distribuiscono senza una direzione precisa, in maniera disomogenea e si originano fenomeni di macchie e striature come mostrato nelle figure 7.29 e 7.30.

POSSIBILE RISOLUZIONE DEL DIFETTO

Una possibile soluzione potrebbe essere data dallo spostamento del punto di iniezione, per fare in modo che le fibre di vetro non si scontrino contro le pareti dello stampo.

SOLUZIONE ADOTTATA

Essendo molto costoso ridisegnare uno stampo, tali problemi sono stati risolti rinunciando alla colorazione in massa del polimero; la successiva verniciatura a polvere della scocca consente infatti di ottenere una migliore qualità superficiale, priva di difetti.

DIFETTI FINALI

L'unico lieve difetto che ancora persiste nella scocca della sedia Lisa è costituito da un lieve risucchio sulla parte della seduta in corrispondenza del retrostante punto di iniezione.



Fig.7.31
Posizione punto iniezione



Fig 7.32
Risucchio

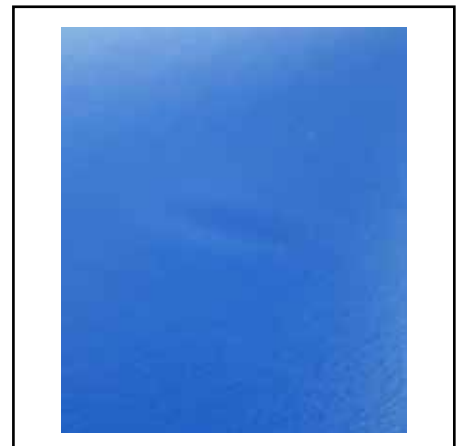


Fig.7.33
Ingrandimento del difetto

CAUSE

Le tensioni interne dovute al gradiente di temperatura/pressione creano un forte stress all'interno dello stampo e un forte ritiro del materiale causato dalla differenza di spessore dato dalla maggiore quantità di materiale che si accumula in corrispondenza del punto di iniezione, spessore dato dalla presenza della materozza.

RISOLUZIONE DEL DIFETTO

Esistono diversi modi di eliminare tale difetto:

- modificare il tipo di attacco di iniezione.
- modificare la posizione del punto di iniezione (in modo da rendere il difetto meno visibile).
- modificare il sistema di iniezione o di raffreddamento.
- applicare un foro in corrispondenza del risucchio.

Quest'ultima soluzione potrebbe essere la migliore in quanto il foro avrebbe anche una ragione funzionale, oltre che estetica: se la sedia Lisa venisse utilizzata in ambienti esterni, la presenza del foro posto in quella determinata posizione (si tratta del punto più basso della seduta), garantirebbe lo scolo dell'acqua evitandone l'accumulo.

7.3.4 VERNICIATURA A POLVERE

La verniciatura della sedia Lisa viene effettuata con polveri poliestere ecologiche cotte in forno a 200°C. caratterizzate da un'elevata flessibilità, da un basso costo e da un'elevata resistenza ai raggi UV, fattore che ne consente l'utilizzo anche per applicazioni destinate ad ambienti esterni.

Come la maggiorparte dei rivestimenti, anche le vernici consentono di ottenere una duplice funzione: estetica (donare all'oggetto il colore e la finitura superficiale desiderata) e protettiva (la presenza della vernice protegge il substrato rivestito funzionando da schermo isolante nei confronti degli attacchi corrosivi).

Le principali caratteristiche richieste ad una vernice sono generalmente una buona resistenza agli agenti atmosferici, alla radiazione solare (non presentare quindi fenomeni di ingiallimento) e una buona resistenza all'abrasione, nel caso in cui la superficie del manufatto possa essere soggetta a fenomeni di abrasione o incisione, come nel caso delle sedie, soggette al contatto con elementi quali bottoni, cinture, cerniere, etc.

Anche il processo di verniciatura, come nel caso dell'elettrodeposizione, richiede una fase preliminare di preparazione della superficie, effettuata tramite lavaggio con acqua e detergenti.

Data la natura organica del materiale, è sconsigliato l'utilizzo di solventi organici, poichè potrebbero danneggiare la superficie del prodotto.

Numerosi sono i trattamenti che possono essere seguiti per aumentare la polarità della superficie polimerica, che tendono ad ossidare la superficie sostituendo alcuni atomi di idrogeno con alcuni di ossigeno.

La scocca della sedia Lisa viene preriscaldata in forno a 200°C prima di essere verniciata, in modo da migliorare l'adesione tra il substrato e il rivestimento.

La tecnica della verniciatura a polveri è estremamente diffusa grazie ai numerosi vantaggi che offre, tra tutte le tecniche di deposizione è il metodo che offre la maggiore possibilità di espressività e allo stesso tempo una grande attenzione alla sostenibilità ambientale, sempre più importante nel mondo del design e non solo.

DESCRIZIONE DEL PROCESSO

Non si parte dal polimero finito, le polveri risultano essere una miscela di legante e reticolante, con l'aggiunta di pigmenti e additivi.

La vernice in polvere viene applicata sulla superficie da rivestire mediante applicazione a spruzzo.

La polvere viene omogeneizzata e indirizzata alla pistola di spruzzo, dove viene caricata elettrostaticamente. Le particelle, sostenute da un flusso di aria compressa, vengono spinte verso il pezzo da verniciare, messo a terra, in modo tale che la differenza di potenziale attragga le particelle di polvere. Le prime zone che vengono ricoperte sono quelle dove il campo elettrico risulta più intenso (sugli spigoli, per esempio).

Dal momento che la polvere spruzzata è isolante, man mano viene depositata funge da schermo per l'arrivo di ulteriori particelle, che vengono quindi indirizzate verso le superfici metalliche ancora scoperte dell'oggetto da rivestire.

Una volta che il pezzo è stato rivestito, viene messo in forno, dove, mediante trattamento termico solitamente a temperature comprese tra i 180 e i 200°C (200°C nel caso specifico della sedia Lisa), si attua la reticolazione della vernice.

Durante questa fase, le particelle di vernice tendono a fluire sulla superficie, a coalescere con altre particelle e a distendersi; tale fatto permette di ottenere superfici estremamente lisce e brillanti.

Gli spessori che normalmente vengono depositati sono compresi tra qualche decina di micrometro e i 70-80 micrometri.

Gli spessori che si ottengono non sono tuttavia perfettamente controllabili, a causa di alcuni parametri del processo di deposizione, quale l'influenza dell'intensità del campo elettrico, per esempio per effetto punta sugli spigoli.

VANTAGGI DELLA VERNICIATURA A POLVERI

Molto pulita dal punto di vista ecologico poichè non prevede l'utilizzo di solventi.

- Consente una verniciatura particolarmente veloce di pezzi con geometrie molto complesse, ottenendo spessori elevati, ottimi per la verniciatura di prodotti utilizzabili all'esterno.
- Viene depositato un solo strato di vernicie (non più strati come avviene per molte altre tecniche di deposizione) che risulta essere estremamente protettivo.
- Processo molto flessibile con possibilità di cambio colore in modo rapido ed economico; tale elemento rende la verniciatura a polveri molto adatta anche per la produzione di una serie limitata di pezzi.
- I colori e le finiture superficiali sono numerosissime, variando dall'opaco al lucido e dal liscio al rugoso.
- E' possibile verniciare diverse tipologie di metalli, dall'acciaio all'acciaio zincato.

VERNICIATURA DELLA SCOCCA

- **RISCALDAMENTO DELLA SCOCCA**

TEMPO: 20 min

TEMPERATURA: 200°C

- **VERNICIATURA**

TEMPERATURA: 100/120°C

- **COTTURA IN FORNO**

TEMPO : 20 min

TEMPERATURA: 200°C

7.4 MATERIALE:PA66 50%GF

SCHEMA TECNICA PA66 50%GF

PROPRIETA'	METODO	UNITA'	VALORE
DENSITA'	ISO 1183	g/cm ³	1,57
PUNTO DI FUSIONE	DSC	°C	260
RITIRO ALLO STAMPAGGIO	--	%	0,5
ASSORBIMENTO UMIDITA'	ISO 62	%	0,5/4,0
RESISTENZA AL CALORE	IEC 6069510-2	°C	> 165
CARICO DI TRAZIONE A SNERVAMENTO	ISO 527	MPa	220
CARICO DI TRAZIONE A ROTTURA	ISO 527	MPa	220
MODULO ELASTICO A TRAZIONE	ISO 527	MPa	14500
ALLUNGAMENTO A TRAZIONE A SNERVAMENTO	ISO 527	%	2,0
ALLUNGAMENTO A TRAZIONE A ROTTURA	ISO 527	%	2,0
RESISTENZA ALL'URTO CI	ISO 180/A	KJ/m ²	11,5
RESISTENZA ALL'URTO SI	ISO 180/U	KJ/m ²	110

Tab. 7.5
Scheda tecnica PA66 50%GF

7.4.1 LE POLIAMMIDI

Il testo che segue, che costituisce un approfondimento sulla famiglia delle poliammidi ed un confronto tra PA6 e PA66, è frutto di un'intervista ad Erico Spini, responsabile marketing e assistenza tecnica di Radici Group Plastics, società italiana leader nella produzione di PA6, PA66 e Copolimeri per i settori Auto, Elettrico e Beni di Consumo, con presenza consolidata in tutti i principali mercati mondiali.

L'intervista è stata integrata con articoli scritti da Erico Spini e pubblicati sulla rivista Plastics ("Tecnopolimeri: PA66 a confronto con PA6", apparsa sulla rivista dell'agosto 2010 e "Poliammide 6.10: ecologica e prestazionale, apparsa sulla rivista dell'agosto 2011).

INTRODUZIONE

La poliammide è un materiale sintetico di origine fossile.

Il primo processo di sintesi della PA66 risale al 1935 e viene realizzato a partire da 2 monomeri, l'acido adipico e l'esametildiammina, mentre la prima sintesi della PA6 avvenne nel 1938, a partire dal monomero caprolattame.

Negli anni '30, la prima applicazione di questi materiali era soprattutto nel settore tessile, mentre a partire dagli anni '70 e sempre di più dagli anni '80, trovarono un impiego sempre maggiore in tutte le industrie e i settori, dai beni di consumo, al settore automobilistico, a quello elettronico.

Il consumo mondiale totale annuo delle materie plastiche è, nel 2010, stimato attorno ai 6 milioni di tonnellate, di cui il 30 - 35% è rappresentato dai tecnopolimeri (polimeri finalizzati ad applicazioni tecniche).

Sommando i consumi di PA6 e PA66, si stima che essi rappresentino il 30% circa di tutte le applicazioni nel campo dei tecnopolimeri (dove vengono inclusi POM, PC, PBT, etc.).

Negli ultimi tre decenni si è assistito ad un'introduzione progressiva dei compounds su base poliammidica in applicazioni considerate fino ad allora possibili solo tramite l'utilizzo di acciai e leghe metalliche.

Sia la PA6 che la PA66, promosse dalle grandi multinazionali (quali DuPont, Rodia, Basf e Radici, per quanto riguarda la PA66, mentre per quanto riguarda la PA6 Basf, Radici- integrate nella produzione di entrambi i tipi di PA- e l'Asdm, numero uno mondiale nella produzione della PA6) hanno progressivamente sostituito in numerose applicazioni sia i metalli che i materiali termoindurenti.

Il grande successo delle poliammidi è dovuto principalmente al fatto che si tratta di materiali facilmente caricabili, addizitivabili, stabilizzabili, il che li rende adatti per svariate formulazioni.

La facilità di aggiungere additivi nelle formulazioni per migliorare, tra l'altro, proprietà quali la resistenza meccanica, termica e la resistenza alla fiamma, hanno permesso un'accelerazione nello sviluppo di componenti che presentano il vantaggio di essere meno costosi, capaci di integrare più funzioni, meno soggetti alla corrosione, più ecosostenibili e quindi, in definitiva, più competitivi.

Il processo di polimerizzazione di tale materiale consente di ottenere pochi materiali le cui differenze tra un grado e l'altro risiedono sostanzialmente nella fluidità, nella viscosità.

Talvolta vengono aggiunti stabilizzanti o lubrificanti già in fase di polimerizzazione, per produrre i granuli alla base del processo di creazione dei compound, in cui vengono aggiunti gli additivi più significativi per l'ottenimento delle proprietà finali del materiale (fibre, plastificanti, additivi antifiama, polveri o master per il colore, etc..)

L'azienda Radici produce oggi 300 formulazioni differenti di polimeri a base PA6 e PA66, che rispondono ad esigenze specifiche dei vari mercati.

CONFRONTO TRA PA6 E PA66

La scelta se sia più opportuno, per una determinata applicazione, usare un polimero a base PA66 oppure PA6, è stata argomento di innumerevoli discussioni.

Di seguito verranno riportati grafici e tabelle comparative che si riferiscono a misure effettuate presso i laboratori di caratterizzazione fisico- chimico- meccanica di Radici Group e su prove effettuate presso laboratori esterni indipendenti.

Tali grafici e tabelle, riassumono alcune importanti proprietà di base ben note relative ai nylon 66 e 6.

	PA 6	PA66	PA6- 30%GF	PA66- 30%GF
Temperatura di fusione	220	260	220	260
HDT (0,45 MPa)	180	220	220	250
HDT (1,81 MPa)	65	75	210	250
Assorbimento umidità	3	2,8	2,1	1,7
Assorbimento umidità (saturaz.)	9,5	8,5	6,6	5,5
Modulo trazione (Secco, GPa)	3,0	3,0	9,5	9,9
Modulo trazione (Condizionato, GPa)	1,0	1,1	6,2	7,1
Resistenza trazione (Secco, MPa)	80	85	185	190
Resistenza trazione (Condizionato, GPa)	40	50	115	130
Variazione dimensionale (Condizionato, %)	--	--	0,5	0,45
Variazione dimensionale (Saturazione, %)	--	--	1,18	0,8
Urto Charpy (Secco, Kj/m²)	5,5	5	15	13
Urto Charpy (Condizionato, Kj/m²)	60	20	29	22

Tab.7.6
Confronto tra PA 6 e PA66 caricate e non caricate

NOTE ALLA TABELLA

TEMPERATURA

La prima differenza importante riguarda la temperatura di fusione (260°C per la PA66 contro i 220°C della PA6.

Questi valori possono rappresentare un'indicazione immediata circa i limiti di impiego in presenza di temperature (anche di picco) elevate. Un oggetto che durante la propria vita utile possa essere sottoposto anche per poche ore a temperature di picco di 210- 220°C, non potrà essere realizzato in PA6.

HDT

L' HDT, ovvero Heat Deflection Temperature.

Il test viene eseguito mediante barrette sottoposte ad un carico costante per valutarne la deformazione e definire una temperatura oltre la quale la deformazione supera un dato valore predefinito dalla norma ASTM D648.

La sollecitazione indotta sul provino è un carico a flessione su tre punti.

Si applica al provino, nella zona delle fibre sottoposte a sollecitazione, un carico pari a 0,455 MPa oppure 1,82 MPa. Una volta ottenuto tale valore di sforzo, la norma prevede di scaldare il provino di 2°C al minuto. La temperatura alla quale il provino subisce una flessione di 0,25mm è la HDT (temperatura di inflessione per calore).

Come si nota dalla tabella 7.6, il PA66 è vantaggioso rispetto al PA6 per quanto riguarda l'HDT.

ASSORBIMENTO UMIDITA' in relazione a MODULO E RESISTENZA TRAZIONE, VARIAZIONE DIMENSIONALE, URTO CHARPY

Le poliammidi sono polimeri **igroscopici**, ovvero tendono a raggiungere l'equilibrio con l'ambiente circostante e quindi ad assorbire o cedere acqua.

Nel momento in cui un componente in PA viene stampato, questo è secco, con un contenuto di umidità massimo dello 0,2% (come indicazione generale per il processo di stampaggio), poichè in caso contrario il materiale idrolizzerebbe e diventerebbe estremamente fragile.

Una volta estratto dallo stampo, se lasciato all'interno di un ambiente umido, il componente assorbe progressivamente umidità; tale processo è tanto più veloce quanto più elevato è il tasso di umidità presente nell'ambiente e quanto più elevata è la temperatura.

Per oggetti immersi in un ambiente con un tasso di umidità pari al 50-60%, è necessario all'incirca un mese per ogni millimetro di spessore affinché diventi in equilibrio.

Queste variazioni dello stato igrometrico implicano anche una variazione significativa delle proprietà meccaniche: aumenta la resistenza all'urto poichè l'acqua assorbita funge da plastificante e determina un aumento della proprietà di allungamento alla rottura, mentre diminuiscono il **modulo e la resistenza a trazione/flessione**.

E' importante notare che la PA6 assorbe una maggiore quantità d'acqua rispetto alla PA66 e, conseguentemente, mostra maggiori variazioni delle proprietà.

Nella progettazione di componenti che lavorano a temperatura ambiente, andrebbero sempre considerate le condizioni igrometriche nella definizione delle proprietà e dei limiti di resistenza dei materiali.

Un altro aspetto correlato all'assorbimento di umidità è quello relativo alla **stabilità dimensionale**.

Esiste infatti una correlazione pressochè lineare tra le due variabili.

Per quanto riguarda l'urto Charpy con intaglio, si nota un significativo aumento dei valori, sia per la PA6, sia per la PA66, nel passaggio da un provino a secco ed uno condizionato.

L'urto Charpy viene misurato su un provino tramite il pendolo di Charpy, utilizzato per materiali plastici e metallici per definirne la tenacità a frattura e a flessione.

PROPRIETA' IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA

Uno dei maggiori fattori di successo della poliammide è rappresentato dalle buone proprietà meccaniche anche a temperature elevate.

Questo fattore ha permesso di utilizzare il PA6 e il PA66 in innumerevoli componenti fissati nel vano motore dei veicoli.

Per un'oculata scelta tra PA6 e PA66, occorre disporre di curve sforzo- deformazione a diverse temperature, nonchè di grafici relativi all'andamento del modulo in funzione della temperatura.

Nei grafici 7.1 e 7.2 sono riportati gli andamenti delle curve sforzo- deformazione per due poliammidi caricate con il 30% fibra di vetro normalmente utilizzate in applicazioni quali collettori aspirazione aria, copri punterie, etc..

Come si può notare dai grafici sottostanti (grafici 7.1 e 7.2) la PA66 presenta caratteristiche di resistenza alla trazione più elevate, soprattutto per quanto riguarda i provini condizionati e per temperature più elevate. Per quanto riguarda invece la deformazione alla rottura, si notano valori più elevati per la PA6.

CONFRONTO TRA PA66-GF30 con PA6- GF30

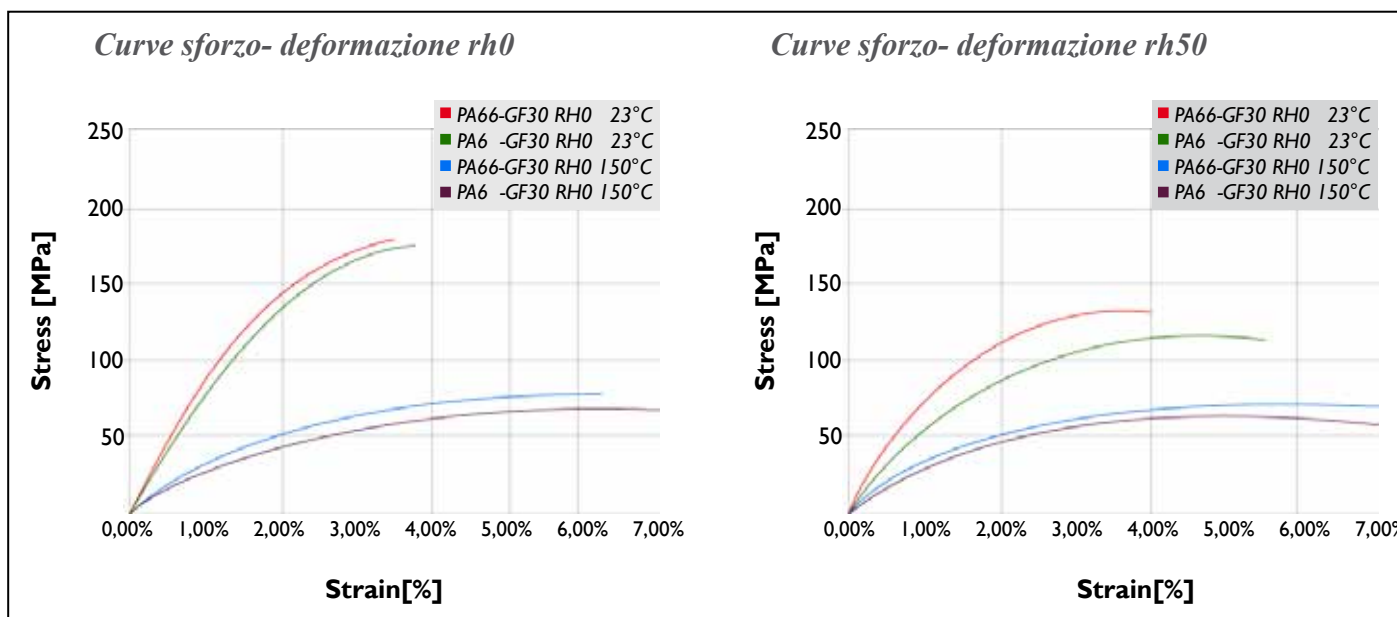


Grafico 7.1
Curva sforzo- deformazione rh0

Grafico 7.2
Curva sforzo- deformazione rh50

Nei grafici 7.3 e 7.4 vengono riportate le curve relative all'andamento del modulo a trazione misurato su provini secchi e condizionati. Si può constatare che i valori del modulo a trazione della PA66 sono superiori del 30-40% per temperature elevate.

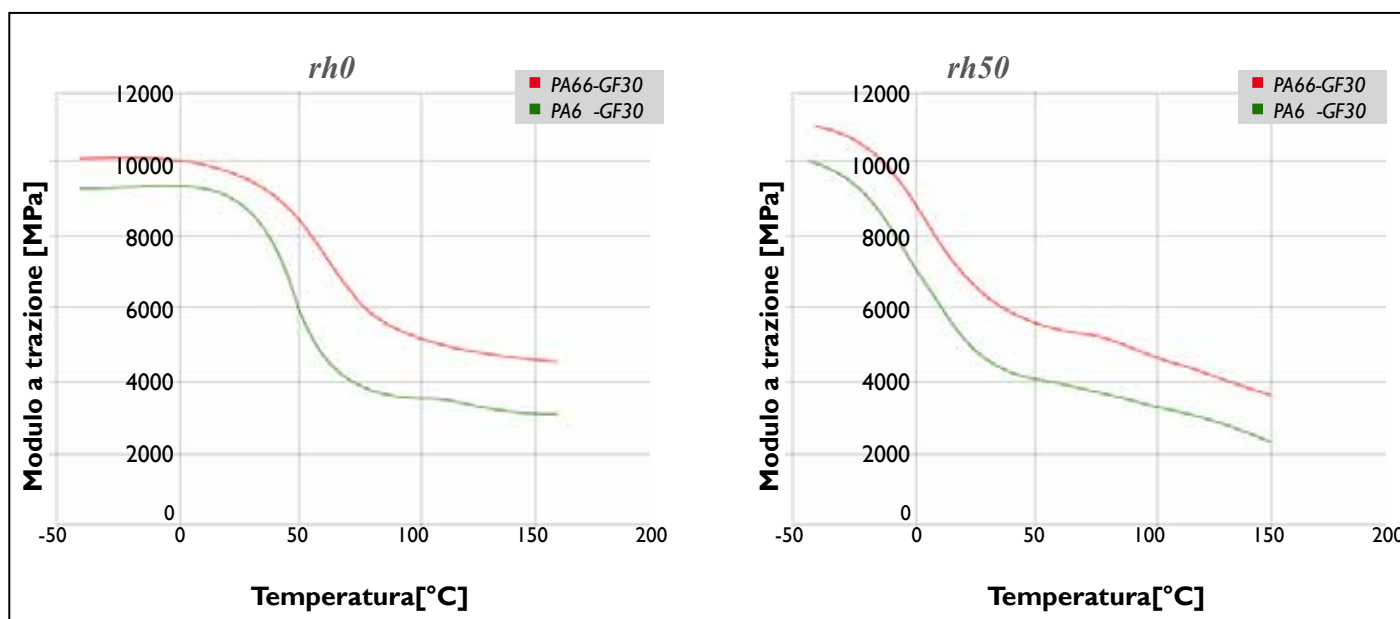


Grafico 7.3
Modulo a trazione- temperatura rh0

Grafico 7.4
Modulo a trazione- temperatura rh50

PROPRIETA' ALL'INVECCHIAMENTO TERMICO

Spesso l'indice principale per stabilire l'idoneità della PA ad essere utilizzata per lungo tempo in determinate condizioni ambientali è la resistenza all'invecchiamento termico, che può essere effettuato a contatto diretto con aria, olio, miscele di acqua e glicole e altri fluidi. Quando il contatto principale è con aria calda è importante fornire le curve del decadimento delle proprietà meccaniche nel tempo.

I grafici 7.5 e 7.6 mostrano l'andamento dei valori della resistenza a trazione e dell'urto Charpy SI (senza intaglio) per esposizione a temperatura di 160 e 180°C.

Si può notare che PA6 e PA66 hanno un comportamento simile anche a 180°C per quanto riguarda l'invecchiamento in aria. Questo dato conferma l'ottimo comportamento della PA6 anche a temperature considerate alte per un materiale che fonde a 220°C.

CONFRONTO TRA PA66-GF35 con PA6- GF35

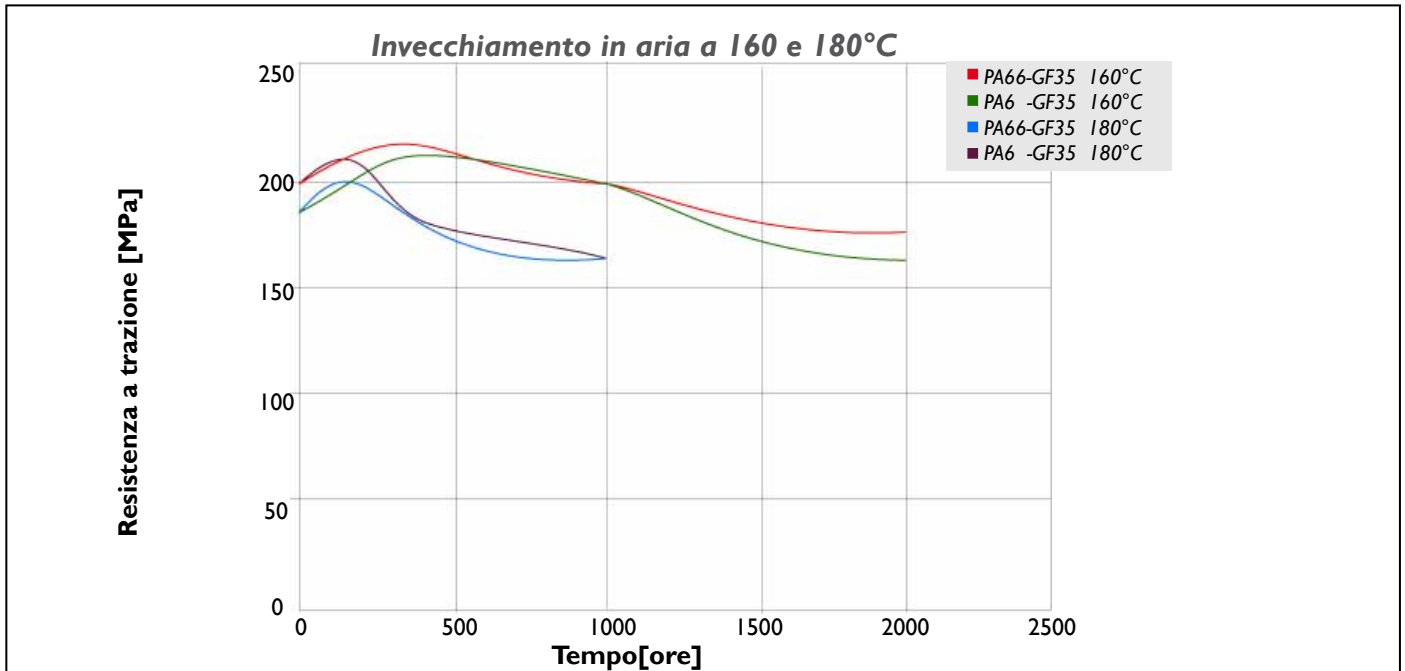


Grafico 7.5
Resistenza a trazione- tempo

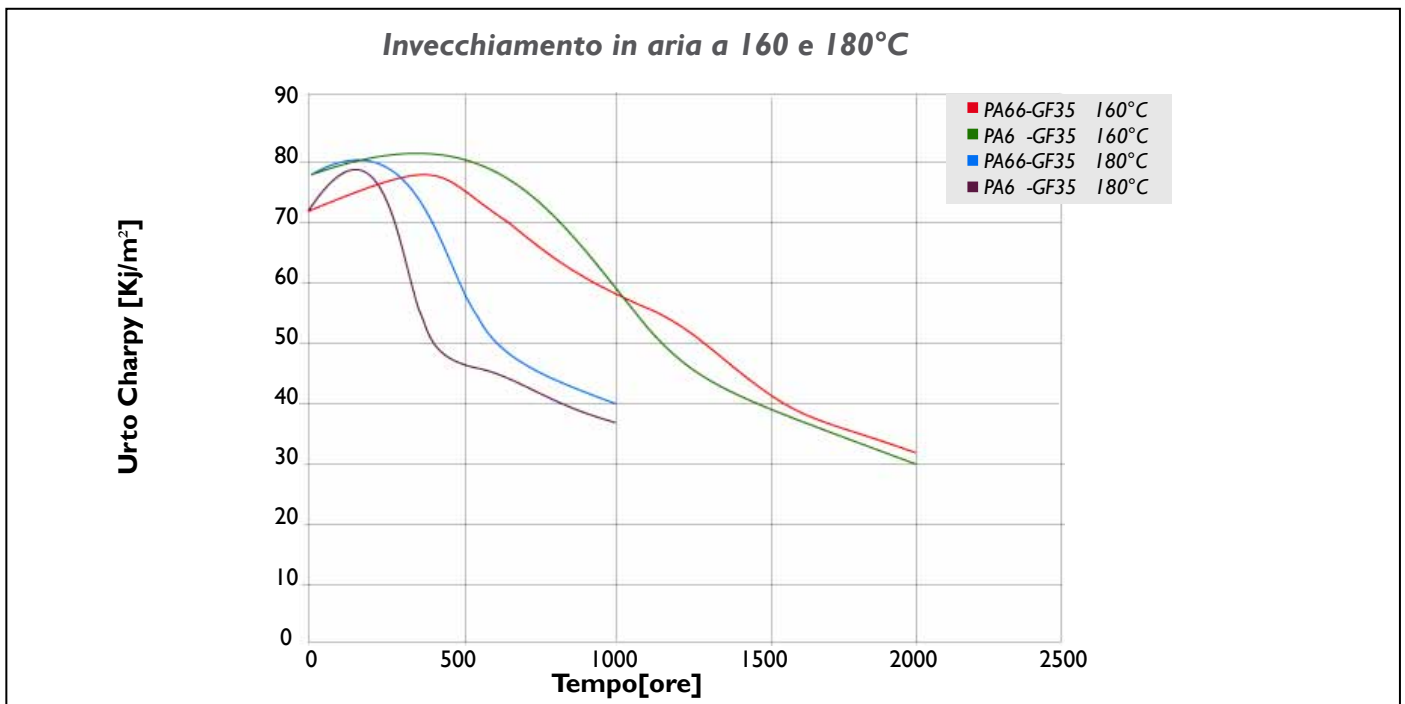


Grafico 7.6
Urto Charpy- tempo

RESISTENZA AL CREEP

Il creep è ciò che in italiano si definisce lo scorrimento viscoso o scorrimento plastico permanente ed indica la deformazione permanente di un materiale sottoposto a sforzo costante ad elevate temperature. Si manifesta al di sopra della temperatura di scorrimento che coincide, indicativamente, con la temperatura di ricristallizzazione e approssimabile alla metà della temperatura di fusione misurata in K.

Il criterio della resistenza al creep è importante per numerosissimi prodotti che possono essere sottoposti a questo tipo di sollecitazione sia a temperatura ambiente che a temperature elevate.

Come si può notare dai grafici 7.7 e 7.8, la PA66 presenta valori superiori in tutte le condizioni, valori del 20-30% più elevati a temperatura ambiente e umidità del 50%.

Se si considera il comportamento a 130°C, il vantaggio della PA66 si attesta intorno al 40%.

CONFRONTO TRA PA66-GF30 con PA6- GF30

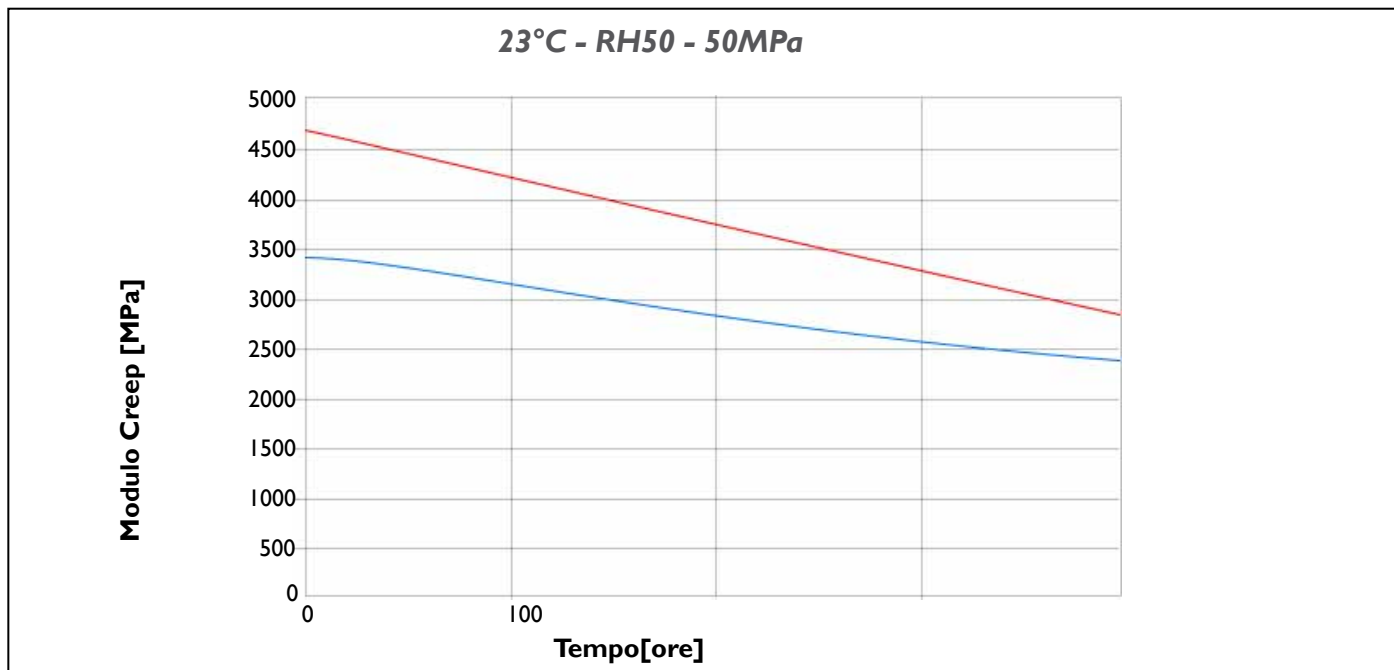


Grafico 7.7
Modulo Creep- tempo a 23°C

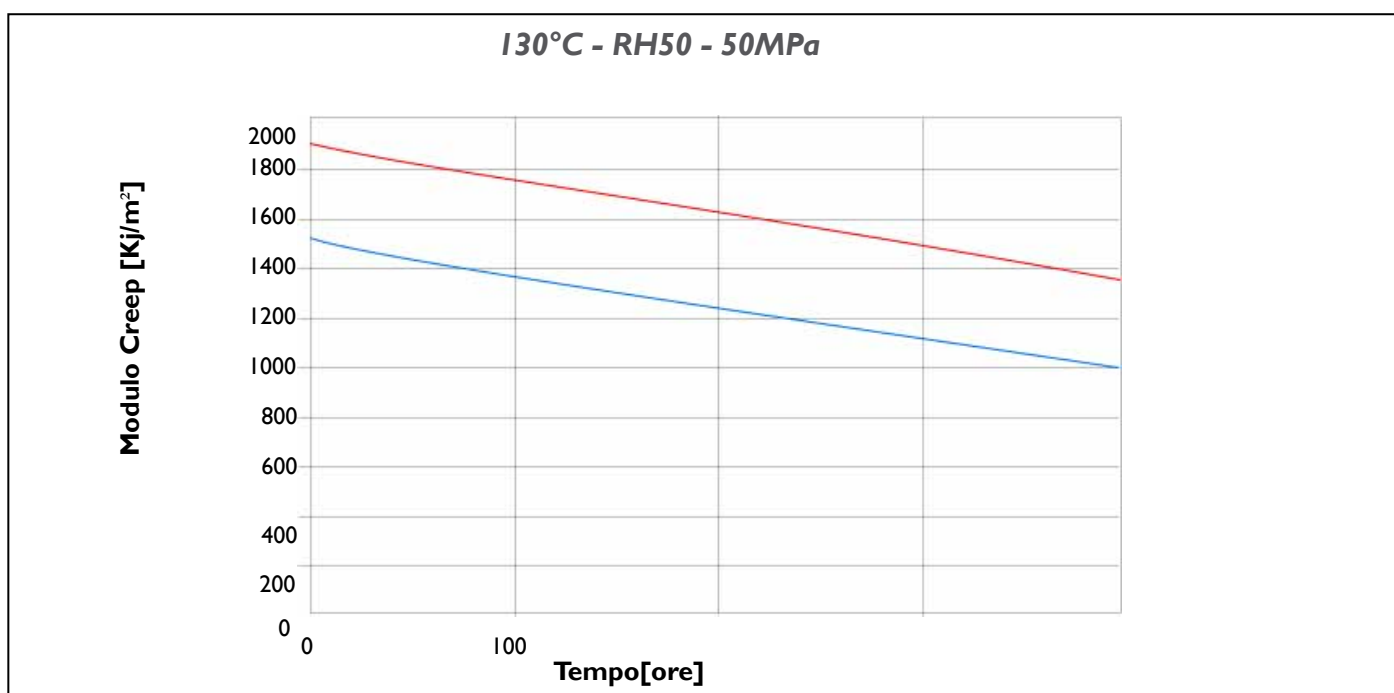


Grafico 7.8
Modulo Creep- tempo a 130°C

RESISTENZA ALLA FATICA

Anche il parametro della resistenza alla fatica è essenziale qualora si considerino oggetti sottoposti a carichi ciclici e a vibrazioni.

Nei grafici 7.9 e 7.10 vengono presentati i test a fatica effettuati a temperature differenti di 23°C e 140°C relativi alla PA66 e PA6.

Si tratta di sollecitazioni a trazione dove il valore minimo è fissato, per ogni condizione di carico, al 10% del valore massimo e la frequenza è di 5Hz.

CONFRONTO TRA PA66-GF35 con PA6- GF35

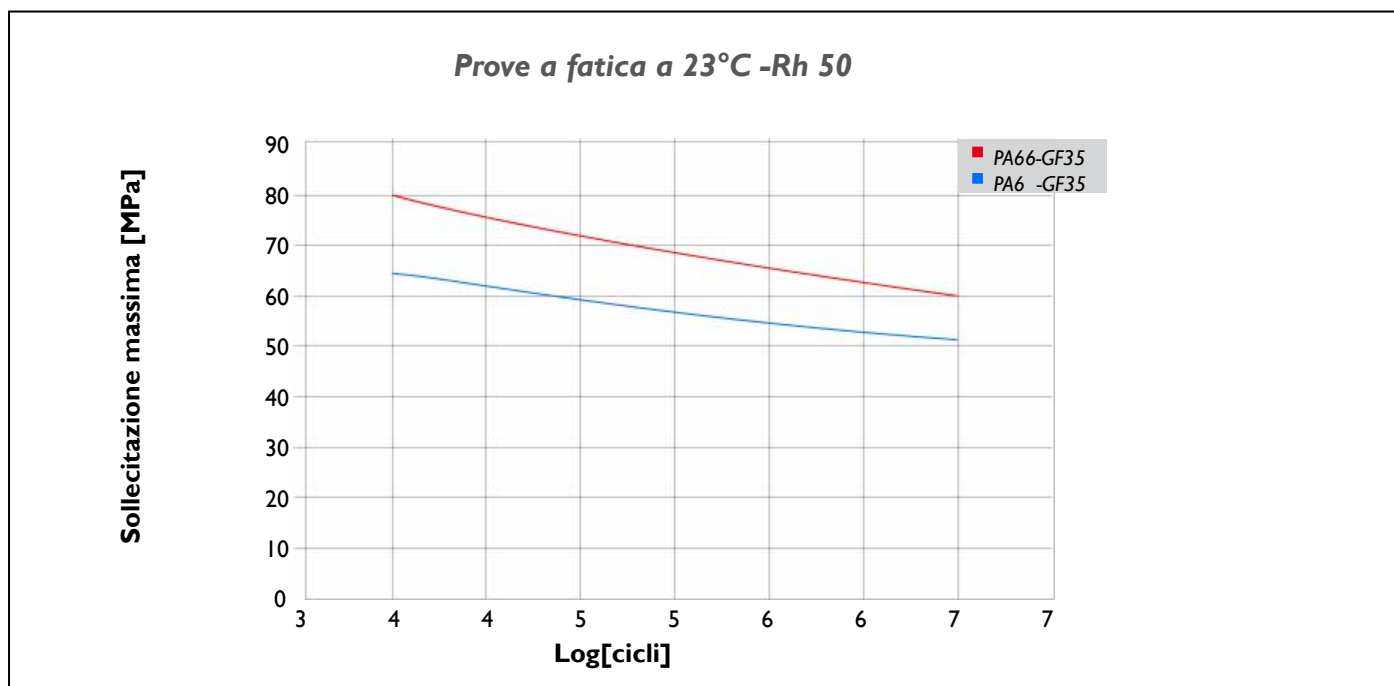


Grafico 7.9
Sollecitazione massima-cicli a 23°C

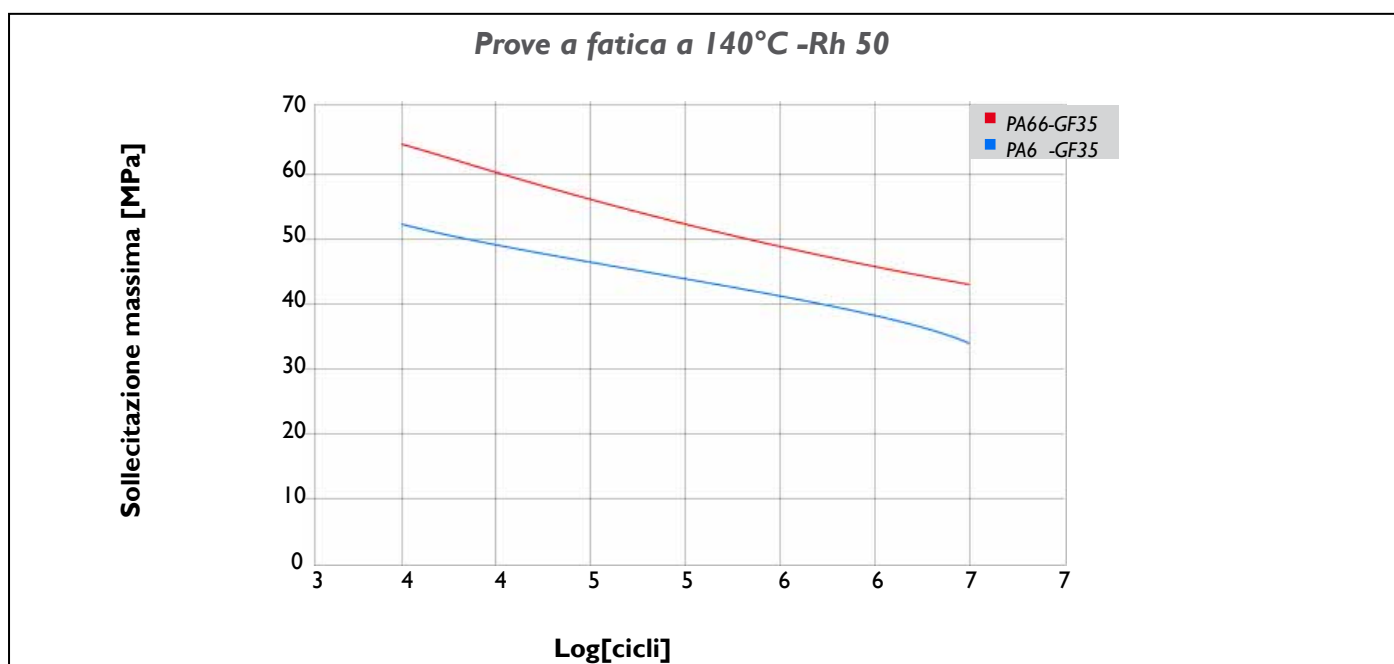


Grafico 7.10
Sollecitazione massima-cicli a 140°C

RESISTENZA AGLI UV

La resistenza ai raggi ultravioletti è favorevole in maniera significativa alla PA66.

A titolo di esempio viene illustrato il comportamento confrontando due gradi standard, a base PA6 e PA66 senza nessuna stabilizzazione.

Entrambi i materiali sono stati sottoposti a invecchiamento accelerato UV fino a 1000 ore tramite weatherometer. Il parametro usato per la valutazione è basato sulla lettura della cosiddetta “scala dei grigi” che è un indice per valutare di quanto la tinta iniziale si discosta da quella del provino sottoposto a test (la scala varia da 5 a 1, dove 5 è il valore iniziale e 1 rappresenta il massimo dello scostamento).

Dal grafico 7.11 si può notare che, dopo 1008 ore di esposizione, la PA66 mantiene un indice di 3,5 contro il 2,5 della PA6, il che significa una migliore tenuta ai raggi UV.

CONFRONTO TRA PA66 con PA6

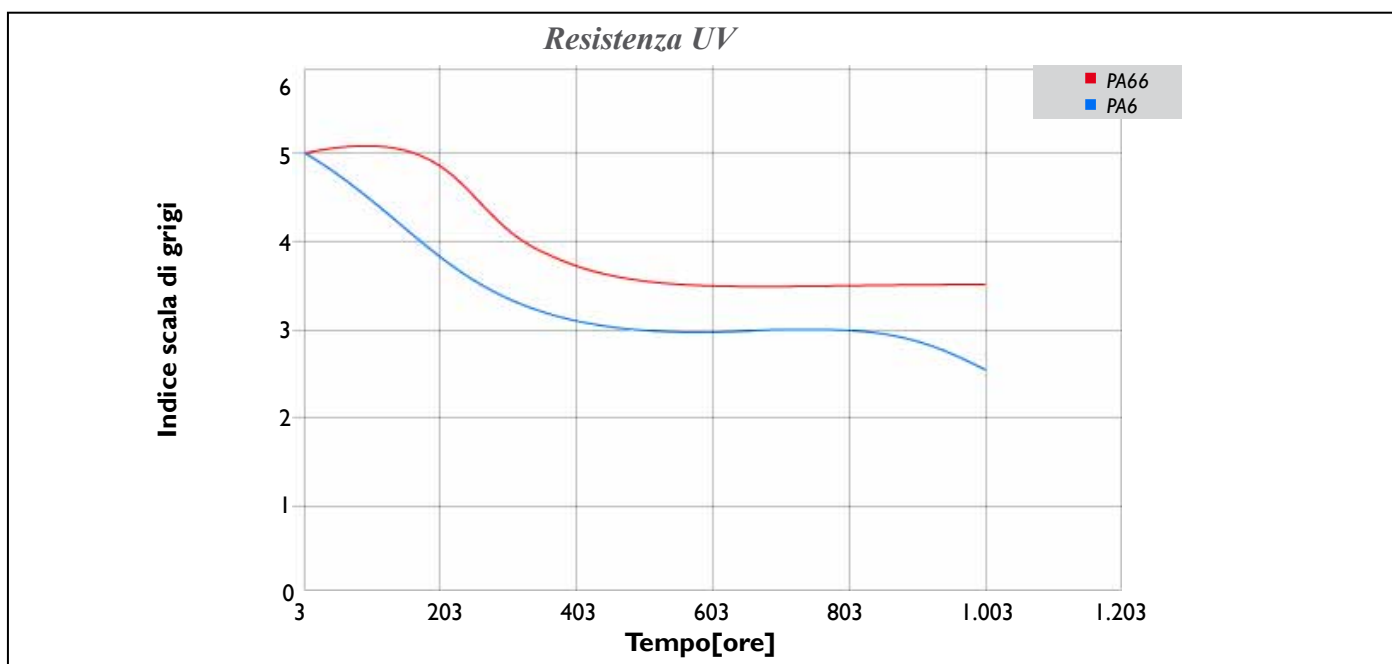


Grafico 7.11
Scala di grigi- tempo

RESISTENZA ALLA FIAMMA

La resistenza alla fiamma è una proprietà alla quale viene prestata sempre maggiore attenzione.

La nuova tendenza è quella di utilizzare materiali che non solo resistano alla fiamma, ma anche che bruciando non producano fumi nocivi.

Ad oggi la PA66 è maggiormente utilizzata poiché mostra valori più elevati rispetto alla PA6 per quanto riguarda RTI e HDT e un minore assorbimento di umidità.

Tutte queste caratteristiche sono apprezzate soprattutto dai progettisti nel settore elettrico ed elettronico.

Tuttavia, utilizzando la PA6, si riescono ad ottenere condizioni di stampaggio meno severe (soprattutto una minore temperatura della vite), con importanti vantaggi nella riduzione del rischio di degradazione del materiale.

ATTITUDINE ALLA VERNICIATURA

Sia la PA6 che la PA66 sono materiali di interesse potenziale per quanto riguarda la verniciatura a polvere, la quale richiede temperature elevate.

Per temperature superiori a 180°C, la PA66 è più adatta poiché garantisce una maggiore stabilità dimensionale dopo la permanenza nei forni di essiccazione per tempi compresi tra 20 e 40 minuti.

ATTITUDINE ALLA TRASFORMAZIONE TRAMITE STAMPAGGIO

Le poliammidi in generale sono materiali di facile trasformazione se si considerano le formulazioni standard.

Da un confronto tra PA6 e PA66 si può notare che:

- La PA6 presenta una finestra di stampabilità un po' più ampia.
- La PA6 presenta un aspetto superficiale generalmente migliore rispetto alla PA66. Ciò è dovuto al fatto che la sua formulazione è meno cristallina e più amorfa della PA66, quindi cristallizzando più lentamente riesce a coprire meglio le pareti dello stampo garantendo una migliore qualità superficiale.
- La PA66 è più fluida ed è particolarmente adatta a cicli di stampaggio più rapidi e per produzioni di oggetti di piccole dimensioni. Con l'utilizzo di un prodotto nucleato (quindi con l'aggiunta di un apposito additivo con lo scopo di aumentare ulteriormente la cadenza di stampaggio), è possibile ottenere cicli di stampaggio di 5-6 secondi.
- La PA6 ha un ritiro di stampaggio inferiore e spesso non è possibile rispettare le tolleranze dimensionali del componente nel caso si decida il cambio di materiale da PA6 a PA66 e viceversa. Il motivo del minore ritiro della PA6 dipende anche in questo caso dalla sua struttura meno cristallina rispetto alla PA66.

Considerando invece formulazioni speciali, come nel caso dei prodotti resistenti alla fiamma, occorre usare accorgimenti quali la corrosione degli stampi e/o la degradazione del materiale.

CONCLUSIONI DEL CONFRONTO TRA PA6 E PA66

Analizzando quando emerso dai grafici e dalle considerazioni fatte si può riassumere che:

- ***Contatto con aria fino a 180°C:***

La PA66 presenta caratteristiche leggermente superiori in modulo, resistenza meccanica e stabilità dimensionale.

La PA66 presenta caratteristiche superiori per quanto riguarda creep e fatica.

La PA6 presenta caratteristiche superiori per quanto riguarda urto e deformazione a rottura.

Temperatura di fusione e HDT sono maggiormente favorevoli alla PA66.

La resistenza all'invecchiamento termico a 180°C è uguale sia per la PA6 che per la PA66.

- ***Resistenza ai raggi UV:***

La PA66 presenta caratteristiche superiori rispetto alla PA6.

- ***Attitudine alla verniciatura con essicamento in forni a temperatura fino a 200°C:***

La PA66 è potenzialmente più interessante grazie alla buona stabilità dimensionale.

- ***Resistenza alla fiamma:***

Si possono ottenere buoni risultati sia con la PA6 che con la PA66. Tuttavia, la PA66 è maggiormente performante a temperature elevate.

Appare quindi evidente, dall'analisi svolta finora, che indicare a priori la maggiore o minore idoneità della PA6 rispetto alla PA66 e viceversa, risulta molto difficile.

Entrambe presentano caratteristiche migliori o peggiori l'una rispetto all'altra.

Esistono già un numero significativo di applicazioni dove entrambi i polimeri vengono utilizzati; è necessario scegliere caso per caso e considerare l'effetto combinato di invecchiamento termico e sollecitazioni meccaniche.

Nel caso della scocca della sedia Lisa, oltre alle caratteristiche meccaniche, migliorate con l'aggiunta alla PA66 di una carica 50% fibra di vetro, un parametro di fondamentale nella scelta tra PA6 e PA66, è stato l'attitudine alla verniciatura con essiccamento in forno fino a 200°C. In questo caso, la PA66 presenta caratteristiche superiori rispetto alla PA6.

7.4.2 POLIAMMIDI A MINOR IMPATTO AMBIENTALE

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è assistito ad un boom di vendite per quanto riguarda i prodotti contenenti una percentuale di polimero derivante dal recupero di materiali di scarto, polimeri estremamente richiesti soprattutto nel settore automobilistico.

Anche le poliammidi, come tutti i materiali termoplastici, a differenza dei termoindurenti, possono essere riciclate.

L'azienda Radici, oltre ad una divisione chimica (che si occupa del processo di polimerizzazione), una divisione plastica (che si occupa della produzione di compound), e una divisione fibre, possiede anche una divisione tessile, dalla quale viene reperita una notevole quantità di materiali di scarto sottoforma di filati, i quali vengono recuperati e aggiunti alle varie formulazioni di PA al fine di produrre materiali con un contenuto di prodotto green.

Esistono due differenti tipi di riciclo: il ***post consumer recycle*** e il ***post industrial recycle***.

Nel caso del ***post consumer recycle***, si tratta di ridare una seconda (e presumibilmente una terza o una quarta) vita a prodotti giunti a fine vita, pronti per essere smaltiti, mentre il ***post industrial recycle*** è il recupero di scarti provenienti dalla produzione industriale (come nel caso del recupero dei filati sopra citati).

Il processo che consente quest'ultimo tipo di riciclo è molto meno complesso e quindi meno costoso rispetto al primo, ma i benefici ecologici sono inferiori, per cui la tendenza e l'obiettivo è di ottenere il maggior numero di prodotti derivanti da un riciclo post consumer.

Il problema del post consumer recycle è da individuare nei costi elevati di produzione.

Se da un lato infatti si conosce perfettamente il costo di un materiale di prima scelta (nonostante certamente dipenda dalle oscillazioni dei prezzi delle materie prime), poichè prodotti in grandi quantità, il costo dei materiali recuperati da prodotti a fine vita è, ad oggi, oggetto di grandi discussioni.

A tale proposito sono stati condotti significativi esperimenti, soprattutto nel settore automobilistico, che confermerebbero l'elevato costo dei materiali riciclati, dovuto alle numerose operazioni necessarie per il loro recupero.

Se si pensa infatti al settore automobilistico, a titolo di esempio, il recupero di un componente comporta infatti lo smontaggio dell'intera automobile, la separazione dei componenti in funzione del tipo di plastica, la separazione degli inserti metallici, la pulizia dei componenti, la macinazione e una serie di altre operazioni che rendono il processo particolarmente lungo e quindi il costo al chilo del materiale di seconda scelta particolarmente elevato.

Uno degli impegni della Radici Group è di svolgere attività di Life Cycle Assessment, ovvero attività di valutazione, tramite parametri quali la quantità di CO2 equivalente emessa da un oggetto in materiale termoplastico, rispetto ad un tecnopolimero termoindurente, alle leghe leggere e ai metalli in generale.

Dagli studi emerge che i tecnopolimeri a base termoplastica, a differenza dei materiali sopra citati,

presentano un impatto ambientale molto basso, nonostante si tratti di materiali di sintesi, quindi non biodegradabili.

Ciò dipende da diversi fattori, primo tra tutti il fatto che la loro lavorazione richiede quantità di energia molto basse, una bassa energia di polimerizzazione (non prevede temperature superiori ai 250- 260°C, mentre per rifondere l'acciaio, per esempio, occorrono temperature elevate, che comportano un elevato consumo di energia) e una scarsa necessità di operazioni successive allo stampaggio, a differenza dei termoplastici che, dopo essere stati stampati, richiedono operazioni quali, ad esempio, la rimozione delle bave.

Il Life Cycle Assessment prende inoltre in considerazione la vita di un prodotto in tutti i suoi aspetti, dalla nascita alla fine vita edurante la fase di utilizzo.

In quest'ottica risulta più semplice comprendere il vantaggio ecologico dato dall'impiego di materiali termoplastici se ne si considera l'impiego nel settore dei mezzi in movimento, qualsiasi essi siano.

Sostituendo infatti l'impiego del metallo con l'impiego di materiali termoplastici, si alleggerisce il peso del veicolo e si riduce quindi il consumo di carburante.

PA 6.10: UNA POLIAMMIDE ECOLOGICA

La PA 6.10 è una poliammide proveniente in parte da fonte biologica, ottenuta dalla policondensazione di esametildiammina e acido sebacoico.

L'acido sebacoico viene ricavato dai semi della pianta dell'olio di ricino, un vegetale che cresce in India, Cina, Brasile e Africa, anche su terreni aridi non adatti alla coltivazione di piante per l'alimentazione umana. Rappresenta un prodotto ecologico poichè proveniente da fonte rinnovabile che entra come costituente della PA 6.10 per il 60% circa in peso. Inoltre, la pianta dell'olio di ricino, consuma CO₂ durante il suo ciclo vitale, contribuendo in questo modo a rendere il bilancio di impatto ambientale favorevole rispetto ai polimeri di origine fossile.

La PA 6.10 è un materiale semicristallino adatto per innumerevoli applicazioni ad elevato contenuto tecnico: si tratta infatti di un tecnopolimero a tutti gli effetti, in grado di sostituire, soprattutto se caricata, un metallo. Come avviene anche per tutte le altre poliammidi, la PA6.10 può essere facilmente caricata, additivata e stabilizzata, al fine di ottenere particolari proprietà.

Confrontata con PA6, PA66, PA11 e PA 12, la PA6.10 :

- Presenta un minore assorbimento di umidità, e conseguente maggiore stabilità dimensionale, rispetto alle PA6 e PA66.
Confrontando provini condizionati a 23°C con 50% di umidità relativa e provini portati a saturazione, la PA6.10 assorbe a saturazione circa un terzo dell'acqua rispetto alle PA6 e PA66, mentre in condizioni di umidità al 50%, il comportamento è intermedio tra la PA66 e la PA12.
- Presenta una migliore resistenza chimica rispetto alle PA6 e PA66.
- Presenta una migliore resistenza termica rispetto alla PA12.
- Considerando alcune proprietà meccaniche e le loro variazioni a causa dell'assorbimento di umidità, la PA6.10 presenta variazioni del modulo e resistenza a trazione intermedie rispetto a PA66 e PA12. Il modulo a trazione allo stato condizionato risulta equivalente ai valori della PA12, mentre risulta superiore la resistenza a trazione.
Per quanto riguarda la resistenza all'urto Charpy con intaglio, la PA6.10 presenta valori eccellenti a -30°C.
- La temperatura di fusione e i valori di HDT risultano vicini a quelli della PA6. Sono invece nettamente superiori rispetto a quelli della PA11 e PA12, lasciando intravedere caratteristiche di resistenza termiche più elevate.

- Se si confrontano i valori di densità, la PA6.10 è leggermente più leggera delle PA6 e PA66 e leggermente più pesante delle PA11 e PA12.

Il grafico 7.12 mostra una visione d'insieme delle proprietà caratteristiche della PA6.10 a confronto con le tradizionali PA6 e PA12.

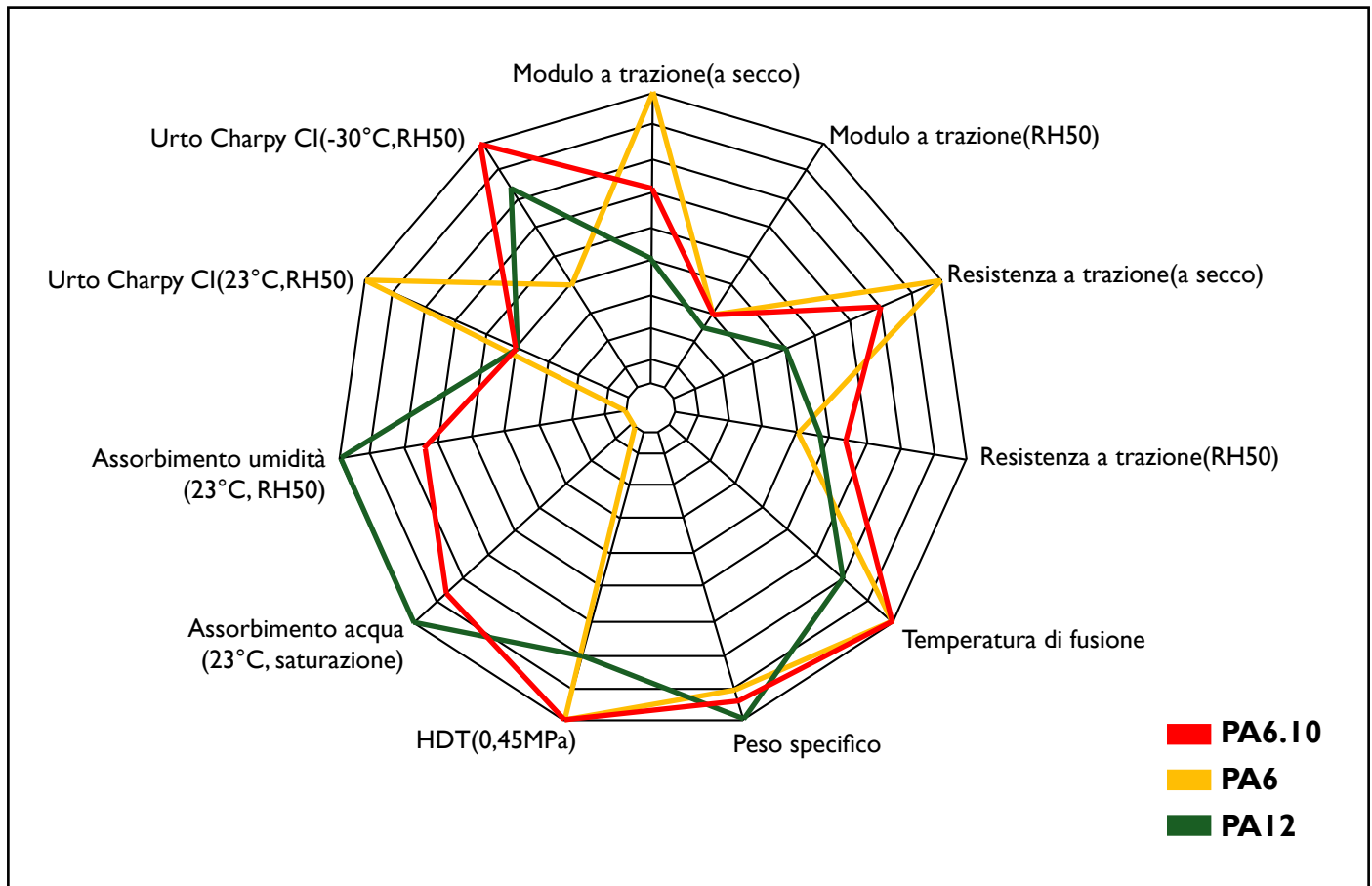


Grafico 7.12
Confronto proprietà tra PA6, PA6.10 e PA12

Appare quindi evidente la notevole possibilità di impiego della PA6.10 in applicazioni ad elevato contenuto tecnico.

Un'applicazione nota è costituita dai monofilamenti per spazzolini da denti, grazie all'ottimo recupero elastico in ambiente umido.

Il minor assorbimento d'acqua consente inoltre di rispettare tolleranze dimensionali molto strette, garantendo una maggiore precisione dimensionale dei componenti.

In conclusione, la richiesta di polimeri a minor impatto ambientale anche per applicazioni ad elevato contenuto tecnico può costituire un fattore determinante per lo sviluppo di materiali come la PA6.10 che è in parte costituita da prodotti di origine biologica.

Le caratteristiche chimiche - fisiche - meccaniche precedentemente illustrate potrebbero renderne possibile l'uso alternativo su parecchi componenti esistenti in sostituzione di polimeri di origine fossile e contribuire alla sostituzione dei materiali metallici.

La PA6.10 si presta agevolmente a modifiche formulative, è facilmente trasformabile, confermando quindi tutti i fattori decisivi che hanno permesso alla famiglia dei "nylon" di stabilire una certa supremazia nel campo dei tecnopolimeri.

7.5 SUGGERIMENTI PROGETTUALI

Obiettivo della progettazione della sedia Lisa, come già affermato, è stato quello di creare una sedia indistruttibile, resistente nel tempo.

Il raggiungimento di tale obiettivo ha comportato però alcuni problemi che ne hanno determinato una vita breve.

PROBLEMI

- Pesantezza
- Difficoltà di presa
- Costo elevato

Sarebbe possibile ridare vita al progetto cercando soluzioni progettuali alternative, che costituiscano un compromesso tra la bellezza della forma, la resistenza e una maggiore leggerezza e facilità di presa e spostamento.

7.5.1 UN ESPERIMENTO: SCOCCA IN FIBRA DI CARBONIO

Con lo scopo di alleggerire la sedia, Emanuele Baleri, figlio di Enrico, propone di sostituire la scocca in PA66 50%GF con una scocca con truttura in honeycomb di alluminio e fibra di carbonio.

In particolare, si tratta di un nido d'ape chiamato "flex-core", attraverso il quale è possibile ottenere forme molto più arrotondate e complesse rispetto al normale nido d'ape.

Tali strutture nascono proprio per soddisfare l'esigenza di coniugare resistenza meccanica e leggerezza. Caratteristiche principali dei materiali compositi sono l'alta resistenza (la matrice ha il compito di trasferire le sollecitazioni alle fibre e le fibre di resistere meccanicamente), il basso peso e una notevole durata nel tempo; la combinazione con uno strato di honeycomb di alluminio permette di migliorare le caratteristiche meccaniche del prodotto mantenendo allo stesso tempo un peso contenuto.



Fig.7.34

Vista anteriore e posteriore della scocca realizzata in honeycomb e fibra di carbonio

PROCESSO

1. CREAZIONE DEI FOGLI DI FIBRA DI CARBONIO

Il primo passo è la creazione dei fogli di fibra di carbonio, vengono tagliati degli strati di fibre della lunghezza desiderata e successivamente questi vengono impilati e incollati.

Si ottengono quindi dei *prepreg*, ovvero fibre preimpregnate di resina, che garantiscono omogeneità strutturale al composito.

2. INSERIMENTO NELLO STAMPO DEI FOGLI E DELL'HONEYCOMB

I due fogli di fibra di carbonio ottenuti vengono inseriti nei due gusci dello stampo; tra i due strati viene inserito la struttura alveolare di alluminio.

3. CHIUSURA DELLO STAMPO

Lo stampo viene chiuso e sigillato con la pompa del vuoto, la quale ha la funzione di togliere tutta l'aria contenuta all'interno della fibra di carbonio.

4. INSERIMENTO DELLO STAMPO NELL'AUTOCLAVE

Lo stampo viene inserito all'interno di un'autoclave dove viene sottoposto a dei programmi di temperatura e pressione, al termine dei quali si ottiene il laminato indurito.

5. APERTURA DELLO STAMPO

All'apertura dello stampo si ottiene un pezzo che necessita di essere rifinito.

6. RIFINITURA

Una volta estratto il componente dallo stampo si procede con la rimozione manuale delle bave.

SVANTAGGI

Tuttavia, se da un lato il ricorso a questa soluzione per la produzione della scocca della sedia Lisa comporta una notevole riduzione del peso, dall'altro lato comporta anche un notevole innalzamento dei costi dovuti a :

- elevato costo del materiale
- elevato costo di produzione (si tratta di un processo artigianale)
- elevati tempi di produzione

Inoltre, l'utilizzo di fibra di strutture sandwich costituite da fibre di carbonio e alluminio, presenta grossi problemi di smaltimento e riciclo.

Tali fattori hanno fatto sì che si abbandonasse il ricorso a questa soluzione nella progettazione della sedia.

7.5.2 PROPOSTE PER UNA POSSIBILE RIPROGETTAZIONE

La progettazione della scocca in fibra di carbonio e honeycomb di alluminio si è rivelata una soluzione progettuale difficile da percorrere a causa degli elevati costi del processo, tuttavia esistono altri percorsi possibili per ridare vita alla sedia Lisa, che verranno di seguito accennati come spunti progettuali di partenza per una possibile futura riprogettazione.

- **DA PA66 50%GF A PA66 30%GF**

Il peso della scocca è dovuto alla presenza del 50% di fibre di vetro le quali presentano un peso di gran lunga superiore a quello del polimero termoplastico.

Una riduzione della loro presenza comporterebbe quindi una riduzione del peso.

In questo modo si perderebbe sicuramente un po' della resistenza originaria, ma essendo la scocca stata progettata per resistere a sollecitazioni meccaniche elevatissime, una diminuzione della resistenza non comprometterebbe comunque l'elevata robustezza.

Tuttavia questa soluzione non garantirebbe di per sé la risoluzione dei problemi della sedia.

Se da un lato è vero che si ridurrebbe il peso, dall'altro tale riduzione non sarebbe sufficiente a trasformare la Lisa in una sedia leggera, poiché la percentuale di peso guadagnata sarebbe abbastanza bassa.

La differenza infatti tra la densità dei due materiali non è elevata:

DENSITA' PA66 50% GF: 1.57 g/cm³

DENSITA' PA66 30% GF: 1.36 g/cm³

Tale soluzione potrebbe essere percorribile unitamente ad altri interventi progettuali.

- **DA STRUTTURA IN ALLUMINIO PRESSOFUSO A COMPONENTE TERMOPLASTICO**

Sostituendo la struttura in alluminio pressofuso con un tecnopolimero si otterrebbe una notevole riduzione di peso.

DENSITA' ALLUMINIO: 2,7 g/cm³

DENSITA' TECNOPOLIMERI: 1,06 - 1,42 g/cm³

La densità, e di conseguenza il peso specifico, nel passaggio dall'alluminio ad un tecnopolimero sarebbe dimezzata.

- **UN SOLO COMPONENTE IN TECNOPOLIMERO**

L'intera sedia potrebbe essere realizzata riducendo tutti i componenti ad un unico componente in materiale polimerico.

Questa soluzione garantirebbe una estrema riduzione del peso, ma stravolgerebbe completamente sia l'estetica della sedia, sia la sua primaria caratteristica di elevata resistenza.

Potrebbe tuttavia costituire una possibile soluzione.

- **INSERIMENTO DI ELEMENTI CHE NE FACILITINO LA PRESA.**

Al fine di migliorare la difficoltà di presa e spostamento della sedia Lisa, potrebbero essere inseriti elementi per facilitarne l'afferraggio.

Tali elementi potrebbero essere un differente profilo dello schienale, integrando, per esempio, un bordo sporgente per l'afferraggio oppure un taglio, come nel caso della sedia Juliette di Hannes Wettstein.

- **COMBINAZIONE DELLE SOLUZIONI SOPRACITATE**

La riprogettazione della sedia potrebbe comprendere più di uno degli spunti fin qui citati.

Si potrebbe infatti pensare ad una scocca in PA6630%GF, che comprenda un elemento per facilitarne l'afferraggio, con una struttura sottostante in tecnopolimero anziché in alluminio.

8. CONCLUSIONI

L'azienda Baleri Italia S.p.a. è stata un'azienda di grande rilievo per quanto riguarda l'attenzione ai processi tecnologici, all'innovazione industriale, alla ricerca di nuovi materiali, all'individuazione di designers compatibili con la filosofia e la coerenza aziendale.

Guardare all'interno di questa azienda con occhi obbiettivi, per studiare i tre casi analizzati di disegno industriale, si è rivelato un percorso istruttivo e entusiasmante.

Il processo di formazione di un prodotto è in realtà molto più complesso di quanto possa sembrare a occhi inesperti, il risultato finale molto spesso non mette in mostra le insidie che si è dovuto superare per arrivare alla sua produzione.

E' ancor più insidioso è il processo nel momento in cui si decida di intraprendere nuove strade, sperimentare nuove tecnologie e materiali.

Numerose sono le figure che partecipano ad un progetto (l'imprenditore, l'art director, il designer, i produttori di materiali, gli stampatori, gli stampisti, chi esegue calcoli e verifiche di resistenza, etc.), ognuna delle quali entra nella progettazione con la sua parte di responsabilità, responsabilità che tuttavia spesso ricadono inevitabilmente sull'imprenditore, figura che paga le conseguenze delle scelte sbagliate.

Nel caso della sedia Mimì, per esempio, l'elemento che è venuto a mancare e che ha determinato l'impossibilità di proseguire con la produzione, è stato l'appoggio delle multinazionali, fondamentali nel momento in cui si decida di sperimentare nuovi materiali.

L'azienda Du Pont De Nemours S.p.a è infatti colpevole di aver indicato come materiale ideale un materiale che in realtà non soddisfaceva per nulla i requisiti progettuali.

Tutti e tre i progetti potrebbero sembrare non in linea con la collezione, non rispettosi dei valori di coerenza che sorreggono tutta la produzione Baleri Italia; la sedia Mimì in quanto realizzata con un materiale soggetto a facile rottura nel momento in cui entra in contatto con solventi utilizzati per pulire, la sedia Lisa troppo poco comoda da spostare e maneggiare, la sedia Richard III completamente lontana dalle logiche di comfort e usabilità di un prodotto.

Eppure, nei primi due casi (Mimì e Lisa), è stata proprio l'estrema coerenza con la filosofia aziendale a determinarne la fine della produzione, esistono numerose sedie in commercio realizzate in policarbonato, e quindi soggette anch'esse all'azione dei solventi, che tuttavia continuano ad essere prodotte e vendute, per esempio.

Per quanto riguarda la Richard III, è proprio la sua diversità e non omologazione con il resto dei prodotti a renderla parte fondamentale della collezione, un elemento che non solo arricchisce, ma che completa anche la collezione, sempre rispettando i valori di ironia e internazionalità e autenticità, etc.

Analizzando tutti i diversi fattori che sono entrati in gioco nella progettazione di queste tre sedie, mi sono resa conto di quanti vincoli, limiti, dinamiche, problemi e parametri in generale, accompagnano il percorso del disegno industriale.

BIBLIOGRAFIA

Catalogo Baleri Italia “Underwear”
Catalogo Baleri Italia “Frammenti”
Catalogo Baleri Italia “Frammenti II”
Catalogo Baleri Italia “Frammenti III”
Rivista “Plastics”, agosto 2010
Rivista “Plastics”, agosto 2011
“Design Italia, dietro le quinte dell’industria”, S. Casciani, T. Sandberg, 2008
“Starck”, C. Colin, Pierre Mardaga Editeur, 1988
“Materiali e design”, M. Ashby, K. Johnson, Casa Editrice Ambrosiana, 2005
“I rivestimenti, la pelle del design”, S. Rossi, Alinea Editrice, 2008
“Materiali per il design, materiali polimerici”, R. Frassine, M. Levi, C. Marano, M. Rink, Epitesto, 2005
“Lo stampo: disegno, calcolo, costruzione”, L. Andreoni, M. Casè, G. Pomesano, Edimet, 1994

INTERVISTE A:

Adriano Farfaglia, proprietario Effetre S.r.l
Piercarlo Porta, produttore di poliuretano
Aldo Proserpio, proprietario Linea AR S.a.s
Innocente Rivolta, proprietario Erreplast S.r.l
Giancarlo Robotti, responsabile marketing e assistenza tecnica B.M. Industria Bergamasca Mobili S.p.a
Erico Spini, direttore marketing e assistenza tecnica Radici Group S.p.a