

**SCIENZA
E TECNOLOGIA**

**DEI MATERIALI
POLIMERICI**

**Tecnologie di
trasformazione**

Giacomo Davoli

Ad Elena, Luisa e Margherita

REALIZZATO GRAZIE AL CONTRIBUTO DI



PREFAZIONE

Questo volume nasce con lo scopo di fornire nozioni sulle principali tecnologie di trasformazione dei materiali polimerici agli studenti degli istituti tecnici superiori. In tal senso il linguaggio impiegato è il più semplice e chiaro possibile, inoltre è riportata la traduzione in lingua inglese dei termini tecnici di impiego maggiore. Il volume è strutturato in modo tale da comprendere sia le nozioni teoriche tipiche dei manuali tecnici di questo settore, sia le applicazioni pratiche di queste nozioni. È infatti di estrema importanza, per un futuro tecnico intermedio, comprendere i fenomeni fisici alla base del processo di trasformazione utilizzato e, in virtù di questi, gli effetti dei parametri di processo sulle caratteristiche del prodotto realizzato.

Il contenuto del volume risulta quindi utile anche per la formazione di tecnici direttamente all'interno delle aziende del settore sia al fine di incrementare le conoscenze dei neoassunti in materia sia, nel caso di personale con esperienza, al fine di supportare le conoscenze acquisite sul campo con una cornice teorica ed una metodologia razionale.

Visto il taglio pratico, risulta infine di primaria importanza abbinare le lezioni teoriche ad una serie di esperienze di laboratorio che illustrino quanto spiegato.

All'interno del volume saranno descritte tecnologie come estrusione, stampaggio ad iniezione, termoformatura, soffiaggio e stampaggio rotazionale. In particolare lo stampaggio ad iniezione sarà trattato in modo piuttosto approfondito con una descrizione accurata dei parametri di processo, delle possibili difettologie sui pezzi e di un approccio metodologico all'impostazione dei parametri di stampaggio.

Ing. Giacomo Davoli, PhD

Sommario

Capitolo 1 - INTRODUZIONE	9
1.1 Tecnologie continue e discontinue	10
Capitolo 2 - TRATTAMENTI PRELIMINARI DELLA MATERIA PRIMA	13
2.1 Stoccaggio	13
2.2 Essiccamento e deumidificazione	15
2.2.1 MISURA DELL'UMIDITÀ RESIDUA	19
2.2.2 DIAGRAMMA DI MOLLIER (APPROFONDIMENTO)	21
2.2.3 ESSICCATORI	21
2.2.4 DEUMIDIFICAZIONE A TORRI DI SETACCI MOLECOLARI	22
2.2.5 ALTRI METODI DI DEUMIDIFICAZIONE	24
Capitolo 3 - ESTRUSIONE	25
3.1 Estrusione monovite	25
3.1.1 TRAMOGGIA E ZONA DI ALIMENTAZIONE (<i>HOPPER AND FEED ZONE</i>)	26
3.1.2 ZONA DI COMPRESIONE (<i>COMPRESSION ZONE</i>)	29
3.1.3 ZONA DI DOSAGGIO (<i>METERING ZONE/CONVEYING ZONE/PUMPING ZONE</i>)	33
3.1.4 MISCELAZIONE (<i>MIXING</i>)	35
3.1.5 TESTA DI ESTRUSIONE (<i>EXTRUSION DIE</i>)	37
3.1.6 ESTRUSIONE DI LASTRE E FILM	40
3.1.7 ESTRUSIONE DI TUBI	42
3.1.8 FILMATURA IN BOLLA (<i>BLOWING EXTRUSION</i>)	43
3.1.9 ESTRUSIONE DI PROFILI	45
3.1.10 CO-ESTRUSIONE E RICOPRIMENTO DI CAVI	46
3.2 Estrusione bivate (<i>twin screw extrusion</i>)	48
Capitolo 4 - STAMPAGGIO AD INIEZIONE	53
4.1 Le presse per lo stampaggio ad iniezione	53
4.1.1 GRUPPO DI INIEZIONE	55
4.1.2 GRUPPO DI CHIUSURA	56
4.1.3 LO STAMPO	57
4.2 Ciclo di stampaggio	58
4.2.1 INIEZIONE (<i>INJECTION</i>)	60
4.2.2 COMMUTAZIONE (<i>SWITCHOVER</i>)	66
4.2.3 MANTENIMENTO (<i>PACKING</i>)	68
4.2.4 RAFFREDDAMENTO (<i>COOLING</i>)	70
4.2.5 CARICA, DOSAGGIO O PLASTIFICAZIONE (<i>PLASTIFICATION, PLASTICIZING</i>)	72
4.2.6 ESTRAZIONE (<i>EJECTION</i>)	78
4.3 Comportamento del materiale in cavità	80
4.3.1 ANDAMENTO DELLE PRESSIONI	80
4.3.2 IMPIEGO DEI SENSORI DI PRESSIONE E TEMPERATURA IN CAVITÀ	82
4.3.3 CURVE PVT E RITIRI	85
4.4 Parametri effettivi del fuso, dello stampo e del pezzo	89
4.5 Scheda di stampaggio	91
4.6 Scelta della pressa ad iniezione	93
4.6.1 UTILIZZO DI PRESSE DIVERSE PER LA PRODUZIONE DELLO STESSO COMPONENTE	98
4.7 Lo "Stampaggio Pragmatico": una metodologia per la corretta impostazione dei parametri di stampaggio	101
Capitolo 5 - PRINCIPALI DIFETTOLOGIE DEL PROCESSO DI STAMPAGGIO AD INIEZIONE	105
5.1 Punti neri (<i>black specks</i>)	106
5.2 Bolle (<i>bubbles</i>)	108
5.3 Fragilità (<i>brittleness</i>)	109
5.4 <i>Jetting</i>	110
5.5 Bruciature nella zona del <i>gate</i>	111
5.6 Effetto diesel (<i>burn marks</i>)	112
5.7 Delaminazione (<i>delamination</i>)	113
5.8 Decolorazione (<i>discoloration</i>)	114

5.9 Tempo ciclo eccessivo	115
5.10 Bave (<i>flash</i>)	116
5.11 Bave di materiale fuso nell'ugello	117
5.12 Difficoltà di estrazione	118
5.13 Riempimento incompleto dello stampo (<i>short shot</i>)	119
5.14 Striature da degradazione	120
5.15 Striature e macchie da inquinamento dello stampo	120
5.16 Affioramento fibre di vetro	121
5.17 Striature (<i>silver streaking</i>)	121
5.18 Cavità e risucchi (<i>void and sink marks</i>)	122
5.19 Difficoltà di estrazione della materozza	123
5.20 Debolezze/risalto delle linee di giunzione (<i>weak weld lines</i>)	124
5.21 Decolorazione in corrispondenza del <i>gate</i> (<i>blush</i>)	125
5.22 Vesciche (<i>blisters</i>)	126
5.23 Distorsioni (<i>warpage</i>)	127
5.23.1 FATTORI CHE INFLUENZANO I RITIRI	128
Capitolo 6 - ALTRE TIPOLOGIE DI STAMPAGGIO AD INIEZIONE	133
6.1 Stampaggio gas assistito (<i>Gas Assisted Injection Molding</i>)	133
6.1.1 <i>SHORT SHOT GAIM</i>	133
6.1.2 <i>FULL SHOT GAIM</i>	139
6.1.3 <i>PLASTIC EXPULSION PROCESS (PEP)</i>	140
6.1.4 <i>EXTERNAL GAS MOLDING (EGM)</i>	141
6.1.5 <i>WATER ASSISTED INJECTION MOLDING (WAIM)</i>	141
6.2 Stampaggio con inserti/diversi materiali	143
6.2.1 STAMPAGGIO CON INSERTI METALLICI (<i>METAL INSERTS</i>)	143
6.2.2 STAMPAGGIO BIMATERIALE (<i>MULTISHOT/MULTICOMPONENT INJECTION MOLDING</i>)	144
6.2.3 COINIEZIONE (<i>SANDWICH INJECTION MOLDING</i>)	146
6.3 <i>Microcellular injection molding</i> (MuCell)	147
6.4 Microstampaggio	149
6.5 In Mold Labeling (IML)	150
Capitolo 7 - TERMOFORMATURA	153
7.1 Termoformatura sotto vuoto (<i>vacuum forming</i>)	155
7.2 Termoformatura in pressione (<i>pressure forming</i>)	156
7.3 Termoformatura assistita da punzone (<i>plug assisted thermoforming</i>)	157
7.4 Termoformatura pneumatica (<i>pneumatic thermoforming</i>)	158
7.5 Preformatura meccanica (<i>drape forming</i>)	159
7.6 Termoformatura doppia (<i>twin sheet thermoforming</i>)	160
7.7 Rifilatura (<i>trimming</i>)	160
7.8 Attrezzature necessarie per la termoformatura	161
7.9 Spessori del pezzo termoformato	163
Capitolo 8 - SOFFIAGGIO	165
8.1 Soffiaggio-estrusione (<i>Extrusion Blow Molding</i>)	166
8.2 Soffiaggio-iniezione (<i>Injection Blow Molding</i>)	170
Capitolo 9 - STAMPAGGIO ROTAZIONALE	173
Capitolo 10 - GLOSSARIO	179
10.1 Italiano/inglese	179
10.2 Inglese/italiano	183
Capitolo 11 - ESERCIZI	189
TABELLA 4.9	190
TABELLA 4.10a	192
TABELLA 4.10b	192
TABELLA 4.10c	192
TABELLA 4.11	194
FLOW CHART PROVE DI STAMPAGGIO	196