

**SCIENZA
E TECNOLOGIA**

**DEI MATERIALI
POLIMERICI**

Progettazione

Giacomo Davoli

Ad Elena, Luisa e Margherita

REALIZZATO GRAZIE AL CONTRIBUTO DI



PREFAZIONE

Questo volume, che completa un progetto comprensivo di altri due volumi, nasce con lo scopo di fornire le basi per la progettazione di manufatti realizzati in materiale polimerico agli studenti degli istituti tecnici superiori. In questo senso il linguaggio impiegato è il più semplice possibile, inoltre è riportata la traduzione in lingua inglese dei termini tecnici di impiego maggiore. Gli argomenti trattati risultano in ogni caso di fondamentale utilità anche per la formazione di personale tecnico all'interno delle aziende nel settore (soprattutto per quanto riguarda la sezione sulle tolleranze).

La parte principale del volume è dedicata alla definizione dei più importanti criteri di progettazione di un manufatto in materiale polimerico sia per quanto riguarda la scelta del materiale che relativamente al corretto dimensionamento strutturale, funzionale e tecnologico. Allo stesso modo sono introdotte le generalità, sia a livello di componentistica che a livello di soluzioni costruttive, degli stampi necessari per ottenere i manufatti tramite stampaggio ad iniezione. È inoltre presente una trattazione relativa alle principali tecnologie di finitura ed ai principali metodi di assemblaggio. Particolare attenzione è stata data all'aspetto delle tolleranze, con un capitolo dedicato all'interno del quale viene descritto, con esempi, l'innovativo metodo proposto dalla principale normativa del settore. Sono state infine inserite sezioni riguardanti la gomma vulcanizzata ed i compositi: in entrambi i casi gli argomenti sono stati trattati sia da un punto di vista delle proprietà dei materiali che da un punto di vista tecnologico.

Ing. Giacomo Davoli, PhD

Sommario

Capitolo 1 - TECNOLOGIE DI FINITURA	11
1.1 Lavorazione meccanica e lucidatura.....	11
1.2 Serigrafia (<i>silk screen printing</i>)	12
1.3 Tampografia (<i>pad printing</i>).....	14
1.4 Metallizzazione sotto vuoto (<i>vacuum metalizing</i>).....	15
1.5 Trattamento galvanico (<i>electroplating</i>)	15
1.6 Marcatura laser (<i>laser marking</i>)	17
1.7 Verniciatura post stampaggio (<i>painting</i>)	18
Capitolo 2 - METODI DI ASSEMBLAGGIO	21
2.1 Giunti a scatto (<i>snap-fit</i>).....	22
ESEMPIO 2.1: CALCOLO DELLA FRECCIA MASSIMA E DELLA FORZA MASSIMA DI UN GIUNTO A SCATTO	25
ESERCIZIO 2.1	26
2.2 Collegamenti ad interferenza (<i>interference fit</i>)	26
ESERCIZIO 2.2	27
2.3 Collegamenti filettati (<i>screw fitting</i>)	27
2.4 Saldatura (<i>welding</i>)	29
2.4.1 SALDATURA AD ARIA CALDA (<i>HOT AIR WELDING</i>)	30
2.4.2 SALDATURA A LAMA CALDA (O AD ATTREZZO CALDO, <i>HOT PLATE WELDING</i>).....	30
2.4.3 SALDATURA AD ULTRASUONI (<i>ULTRASONIC WELDING</i>).....	32
2.4.4 SALDATURA A VIBRAZIONE/FRIZIONE (<i>VIBRATION/FRICTION WELDING</i>).....	34
2.4.5 SALDATURA LASER (<i>LASER WELDING</i>)	36
2.5 Colle/adesivi/solventi (<i>glues/adhesives/solvents</i>).....	37
2.6 Confronto tra le tecnologie di saldatura/incollaggio.....	39
Capitolo 3 - PROGETTAZIONE COMPONENTI	41
3.1 Selezione dei materiali	41
3.1.1 IL METODO DI ASHBY	42
3.1.2 REPERIMENTO DELLE INFORMAZIONI (SCHEDE TECNICHE, DATABASE)	44
3.2 Dimensionamento	44
3.2.1 FATTORE DI SICUREZZA (<i>FACTOR OF SAFETY</i>).....	45
3.2.2 ANALISI FEM STRUTTURALE E CAE DI PRODOTTO	47
3.2.3 SIMULAZIONE DEL PROCESSO DI STAMPAGGIO AD INIEZIONE E CAE DI PROCESSO.....	54
3.2.4 TESTING	59
3.3 Ritiri e curve PVT	60
3.4 Superfici di divisione (<i>parting lines</i>)	64
3.5 Sottosquadri (<i>undecuts</i>)	65
3.6 Spessori (<i>part thickness</i>)	66
3.7 Nervature/irrigidimenti (<i>ribs</i>).....	68
3.8 Guide (<i>bosses</i>)	70
3.9 Raggi di raccordo (<i>fillet radii</i>)	71
3.10 Angoli di sformo (<i>draft angles</i>).....	72
3.11 Fori (<i>holes</i>).....	75
3.12 Scritte (<i>lettering</i>)	76
3.13 Cerniere integrate (<i>living hinges</i>)	76
3.14 Finiture superficiali.....	78
3.14.1 STANDARD DI FINITURA	79

Capitolo 4 - STAMPI	83
4.1 Componentistica per stampi	84
4.2 Materiali per stampi.....	89
4.3 Stampi a 2 piastre (<i>two plate molds</i>).....	90
4.4 Stampi a 3 piastre (<i>three plate molds</i>)	91
4.5 Canali caldi (<i>hot runners</i>).....	92
4.6 Scelta del numero di cavità	93
ESEMPIO 4.1: DEFINIZIONE DEL NUMERO DI CAVITÀ PIÙ CONVENIENTE	94
ESERCIZIO 4.1.....	97
4.7 <i>Family mold</i>	98
4.8 Progettazione colate.....	98
4.8.1 LAYOUT UTILIZZABILI	100
4.8.2 BILANCIAMENTO COLATE	100
4.8.3 GATE DIRETTO (<i>DIRECT GATE, SPRUE GATE</i>).....	102
4.8.4 GATE CAPILLARE (<i>SUBMARINE GATE</i>).....	103
4.8.5 GATE A VENTAGLIO/FILM (<i>FAN GATE, FILM GATE</i>)	104
4.8.6 GATE AD ANELLO (<i>RING GATE</i>)	106
4.8.7 GATE A DIAFRAMMA/A VELO (<i>DIAPHRAGM GATE</i>).....	106
4.8.8 GATE A BANANA (<i>BANANA GATE</i>)	107
4.8.9 POSIZIONAMENTO GATE	107
4.9 Gestione degli sfoghi per l'aria	109
4.10 Problematiche strutturali degli stampi.....	110
4.11 Condizionamento degli stampi.....	110
4.11.1 SISTEMI DI CONDIZIONAMENTO A FLUIDO	111
4.11.2 SISTEMI DI CONDIZIONAMENTO CON RESISTENZE ELETTRICHE	114
Capitolo 5 - TOLLERANZE DEI COMPONENTI STAMPATI	115
5.1 La normativa DIN 16742:2013.....	115
5.1.1 I CRITERI GENERALI	115
5.1.2 I GRADI DI TOLLERANZA TG E LA LORO DEFINIZIONE.....	117
5.2 Esempi pratici	121
ESEMPIO 5.1: BOCCOLA IN POM	121
ESEMPIO 5.2: BOCCOLA IN ABS.....	122
ESERCIZIO 5.1.....	123
Capitolo 6 - PROPRIETÀ DEGLI ELASTOMERI (GOMME) VULCANIZZATI	125
6.1 Definizioni e classificazioni	125
6.2 Mescole	128
6.3 Durezza (<i>hardness</i>)	130
6.4 Prove di trazione e di resistenza allo strappo (<i>tear resistance</i>)	133
6.5 <i>Compression set</i>	137
6.6 Elasticità all'urto (resa elastica)	137
6.7 Proprietà termiche	139
6.8 Principali tipologie di gomme vulcanizzate	142
6.8.1 ACM (GOMMA ACRILICA/ <i>ACRYLIC RUBBER</i>)	142
6.8.2 AEM (ETILENE ACRILICO/ <i>ETHYLENE ACRYLIC RUBBER</i>)	143
6.8.3 AU (GOMMA POLIURETANICA POLIESTERE/ <i>POLYESTER-URETHANE</i>) / EU (GOMMA POLIURETANICA POLIETERE/ <i>POLYETHER-URETHANE</i>).....	143

6.8.4 BR (GOMMA BUTADIENICA/ <i>BUTADIENE RUBBER</i>).....	143
6.8.5 CIIR (GOMMA CLOROBUTILICA/ <i>CHLOROBUTYL RUBBER</i>).....	144
6.8.6 CO (EPICLORIDINA/ <i>EPICHLOROHYDRIN RUBBER</i>).....	144
6.8.7 CPE (POLIETILENE CLORURATO/ <i>CHLORINATED POLYETHYLENE</i>).....	145
6.8.8 CR (POLICLOROPRENE/ <i>POLYCHLOROPRENE</i>).....	145
6.8.9 CSM (POLIETILENE CLOROSOLFONATO/ <i>CHLOROSULFONATED POLYETHYLENE</i>).....	145
6.8.10 EPDM (ETILENE-PROPILENE-DIENE-MONOMERO/ <i>ETHYLENE-PROPYLENE-DIENE-MONOMER</i>) / EPM (ETILENE-PROPILENE-MONOMERO/ <i>ETHYLENE-PROPYLENE-MONOMER</i>).....	146
6.8.11 FFPM (O FFKM, ELASTOMERI PERFLUORATI/ <i>PERFLUOROELASTOMER</i>).....	146
6.8.12 FPM (O FKM, FLUOROELASTOMERI/ <i>FLUOROELASTOMER</i>).....	147
6.8.13 HNBR (GOMMA NITRILICA IDROGENATA/ <i>HYDROGENATED NITRILE RUBBER</i>).....	147
6.8.14 IIR (GOMMA BUTILICA/ <i>BUTYL RUBBER</i>).....	148
6.8.15 IR (GOMMA ISOPRENICA/ <i>ISOPRENE RUBBER</i>).....	148
6.8.16 MQ/VMQ/PMQ/FMQ (GOMMA SILICONICA/ <i>SILICONE RUBBER</i> / GOMMA FLUOROSILICONICA/ <i>FLUROSILICONE RUBBER</i>).....	148
6.8.17 NBR (GOMMA NITRILICA/ <i>NITRILE RUBBER</i>).....	149
6.8.18 NR (GOMMA NATURALE/ <i>NATURAL RUBBER</i>).....	150
6.8.19 SBR (GOMMA STIRENICA BUTADIENICA/ <i>STYRENE-BUTADIENE RUBBER</i>).....	150
6.8.20 TR (GOMMA POLISULFURICA/ <i>POLYSULFIDE RUBBER</i>).....	151
Capitolo 7 - TECNOLOGIE DI TRASFORMAZIONE DEGLI ELASTOMERI VULCANIZZATI.....	153
7.1 Produzione delle mescole.....	153
7.1.1 MESCOLATORE APERTO (<i>OPEN MIXING MILL/EXTERNAL MIXING MEAN</i>).....	153
7.1.2 MESCOLATORE CHIUSO (<i>CLOSED MIXING MILL/INTERNAL MIXING MEAN/BANBURY</i>).....	154
7.1.3 FORMATURA DELLE MESCOLE.....	155
7.2 Vulcanizzazione (<i>vulcanization</i>).....	156
7.2.1 STAMPAGGIO A COMPRESSIONE (<i>COMPRESSION MOLDING</i>).....	157
7.2.2 STAMPAGGIO <i>TRANSFER</i> (<i>TRANSFER MOLDING</i>).....	157
7.2.3 STAMPAGGIO AD INIEZIONE (<i>INJECTION MOLDING</i>).....	158
7.3 Finitura.....	158
7.4 Pneumatici (<i>tyres</i>).....	159