

Scienza dei Polimeri

FILIPPO CANGIALOSI

Proprietà e Lavorazione delle Materie Plastiche

Guida pratica per i tecnici dell'industria

www.plasticando.it



INDICE

PARTE PRIMA: ELEMENTI DI SCIENZA DEI POLIMERI	21
CHE COSA SONO I POLIMERI	23
Definizioni	23
Come si ottengono	23
Classificazione in base alla struttura	24
Classificazione in base al comportamento	24
STRUTTURA MOLECOLARE	27
Lo stato solido	27
Polimeri amorfi e cristallini	27
Cristallizzazione	27
La misura della cristallinità	28
Proprietà dei polimeri amorfi e cristallini	28
LE PROPRIETÀ TERMICHE DEI POLIMERI	31
L'energia	31
Energia termica	31
"Temperature" dei polimeri	31
TEMPERATURA DI FUSIONE	35
L'effetto della temperatura sui polimeri	35
La temperatura di fusione	35
La temperatura di transizione vetrosa	35
Temperatura di utilizzo	36
Temperatura di lavorazione	36
Temperatura di fusione per i polimeri termoindurenti	36
AMORFI E CRISTALLINI: LAVORAZIONE	39
Volume, Pressione e Temperatura	39
PESO MOLECOLARE	43
Definizione	43
Peso molecolare dei polimeri	43
Peso molecolare e lavorabilità	44
Come caratterizzare due polimeri o due lotti dello stesso polimero	44
ORIENTAZIONE	47
Definizione	47
Importanza dell'orientazione	47
L'orientazione nello stampaggio dei polimeri	47
ORIENTAZIONE	47
PROPRIETÀ MECCANICHE	49
Definizioni	49
Sforzo e deformazione	49
Modulo elastico	49
Tensione e allungamento a rottura	49
Resilienza	49

Resistenza a fatica	50
PROPRIETÀ MECCANICHE E STRUTTURA	53
Concetti generali	53
Modulo elastico	53
Tensione e allungamento a rottura	54
Resilienza	54
VISCOSITÀ	57
Definizione	57
Significato pratico	57
La viscosità dei polimeri	57
La curva di flusso	57
Da che cosa dipende la viscosità	58
Il Melt Flow Index	58
VISCOELASTICITÀ	61
Introduzione	61
Viscoelasticità lineare	62
Viscoelasticità	64
RITIRO	71
Definizione	71
Cause	71
Il ritiro nello stampaggio ad iniezione	71
Rimedi	73
RIGONFIAMENTO (DIE SWELL)	77
Definizione	77
Viscoelasticità dei polimeri	77
Lavorazione dei polimeri	78
DEGRADAZIONE	81
Definizione	81
Cause	81
Rimedi	82
ADDITIVI	85
Definizioni	85
Riempitivi	85
Stabilizzanti	85
Plasticizzanti	85
Antifiamma	85
Antistatici	86
Cos'è un Masterbatch	86
ESSICCAZIONE	87
Quando e perché	87
Come	87
MISCELE POLIMERICHE	89
Definizioni	89
Miscibilità e immiscibilità	89
Effetto della miscelazione	89

I compatibilizzanti	90
Dispersione	90
LA SCHEDA TECNICA DEI POLIMERI	93
Definizione	93
Titolo	93
Proprietà Fisiche	93
Proprietà meccaniche	93
Altre proprietà	94
PARTE SECONDA: ELEMENTI DI LAVORAZIONE DEI POLIMERI	97
STAMPAGGIO AD INIEZIONE	99
Lo stampaggio ad iniezione	99
Il processo	99
I vantaggi dello stampaggio ad iniezione	99
Gli svantaggi dello stampaggio ad iniezione	100
I polimeri nello stampaggio ad iniezione	100
Lo stampaggio ad iniezione dei termoindurenti	101
ESTRUSIONE	105
Che cosa è l'estrusione	105
L'unità produttiva	105
Che cosa succede nel processo di estrusione	105
Le zone dell'estrusore	105
La pressione	106
La portata	106
Effetto delle variabili operative sulla portata	106
Applicazioni	106
Cosa succede al materiale durante l'estrusione	107
SOFFIAGGIO CORPI CAVI	111
Che cosa è il soffiaggio	111
Regolazione dei parametri di processo	111
TERMOFORMATURA	115
Descrizione	115
I vantaggi della termoformatura	115
Gli svantaggi della termoformatura	115
Parametri di lavorazione	116
Materiale	116
PARTE TERZA: I POLIMERI TERMOPLASTICI	119
POLIETILENE (PE)	121
Struttura chimica	121
Caratteristiche	123
Trasformazione	124
Impieghi	124
Nomi commerciali	124
COPOLIMERO ETILENE-VINILACETATO (EVA)	125
Struttura chimica	125
Caratteristiche	125

Trasformazione	125
Impieghi	125
POLIPROPILENE (PP)	127
Struttura chimica	127
Caratteristiche	128
Trasformazione	129
Impieghi	129
Nomi commerciali	129
POLISTIRENE (PS)	131
Struttura chimica	131
Caratteristiche	131
Trasformazione	131
Impieghi	131
Polistirene (High Impact Polystyrene HIPS)	132
Struttura chimica	132
Caratteristiche	132
Trasformazione	132
Impieghi	132
COPOLIMERO STIRENE-ACRILONITRILE (SAN)	133
Struttura chimica	133
Caratteristiche	133
Trasformazione	133
Impieghi	133
COPOLIMERO ACRILONITRILE-BUTADIENE-STIRENE (ABS)	135
Struttura chimica	135
Caratteristiche	136
Trasformazione	136
Impieghi	136
POLIVINILCLORURO (PVC)	137
Struttura chimica	137
Caratteristiche	137
Trasformazione	137
Impieghi	138
POLIVINILIDENCLORURO (PVDC)	139
Struttura chimica	139
Caratteristiche	139
Trasformazione	139
Impieghi	139
POLITETRAFLUORETILENE (PTFE)	141
Struttura chimica	141
Caratteristiche	141
Trasformazione	142
Impieghi	142
Nomi commerciali	142
POLIMETILMETACRILATO (PMMA)	143
Struttura chimica	143

Caratteristiche	144
Trasformazione	144
Impieghi	144
Nomi commerciali	144
POLIOSSIMETILENE (POM)	145
Struttura chimica	145
Caratteristiche	145
Trasformazione	146
Impieghi	146
Nomi commerciali	146
POLIAMMIDI (PAN)	147
Struttura chimica	147
Caratteristiche	147
Svantaggi	148
Trasformazione	149
Impieghi	149
Nome commerciale	149
POLICARBONATO (PC)	151
Struttura chimica	151
Caratteristiche	151
Svantaggi	152
Trasformazione	152
Impieghi	152
POLIETILENTEREFTALATO (PET)	153
Struttura chimica	153
Caratteristiche	153
Trasformazione	153
Impieghi	153
ACETATO DI CELLULOSA (CA)	155
Struttura chimica	155
Caratteristiche	155
Trasformazione	155
Impieghi	156
PARTE QUARTA: I POLIMERI TERMOINDURENTI	157
RESINA FENOLICA (CRF)	159
Struttura chimica	159
Caratteristiche	160
Trasformazione	160
Impieghi	160
Nome commerciale	160
RESINA UREICHE (UF) E MELAMMINICHE (MF)	161
Struttura chimica	161
Caratteristiche	161
Trasformazione	161
Impieghi	161

POLIESTERE INSATURO (UP)	163
Struttura chimica	163
Caratteristiche	163
Trasformazione	163
Impieghi	163
RESINA EPOSSIDICA (EP)	165
Struttura chimica	165
Caratteristiche	165
Trasformazione	165
Impieghi	165
POLIURETANI RETICOLATI (PUR)	167
Struttura chimica	167
Caratteristiche	167
Trasformazione	167
Impieghi	167
PARTE QUINTA: I POLIMERI ELASTOMERICI	169
GLI ELASTOMERI	171
Che cosa sono	171
GOMMA NATURALE (NR)	173
Struttura chimica	173
Caratteristiche	173
Trasformazione	173
Impieghi	173
POLIBUTADIENE 1, 4 CIS (BR)	175
Struttura chimica	175
Caratteristiche	175
Trasformazione	175
Impieghi	175
ELASTOMERO TERMOPLASTICO STIRENE-BUTADIENE (SBR)	177
Struttura chimica	177
Caratteristiche	177
Trasformazione	177
Impieghi	177
ELASTOMERI TERMOPLASTICI ETILENE-PROPILENE (EPM ED EPDM)	179
Struttura chimica	179
Caratteristiche	179
Trasformazione	179
Impieghi	179
PARTE SESTA: QUADERNO DI SCIENZA DEI POLIMERI	181
GUIDA ALL'USO DEL QUADERNO DI PLASTIC@NDO	183
CHI DOVREBBE USARLO	183
Tecnici	183
Responsabili della formazione	183

MATERIALE DIDATTICO	183
TEMPO NECESSARIO	183
APPROFONDIMENTI	183
TEST DI VALUTAZIONE INIZIALE	184
Istruzioni per la compilazione	184
Domande su Scienza dei Polimeri	184
Domande su Tecnologia dei Polimeri: Stampaggio	185
Domande su Tecnologia dei Polimeri: Estrusione	185
Domande su Tecnologia dei Polimeri: Stampaggio per soffiaggio	185
Domande su Tecnologia dei Polimeri: Termoformatura	185
Risposte	186
Risultati	186
LA STORIA DELLA PLASTICA	187
TEST DI VERIFICA 1	189
Argomenti di riferimento:	189
Risposte	190
Risultati	190
TEST DI VERIFICA 2	191
Argomenti di riferimento:	191
Risposte	192
Risultati	192
TEST DI VERIFICA 3	193
Argomenti di riferimento:	193
Risposte	194
Risultati	194
TEST DI VERIFICA 4	195
Argomenti di riferimento:	195
Risposte	196
Risultati	196
TEST DI VERIFICA 5	197
Argomenti di riferimento:	197
Risposte	198
Risultati	198
TEST DI VERIFICA 6	199
Argomenti di riferimento:	199
Risposte	199
Risultati	199
SIGLE DEI POLIMERI	200
RICONOSCERE I POLIMERI	202
TERMOPLASTICO O TERMOINDURENTE?	202

RICONOSCERE I POLIMERI	202
QUALE TERMOINDURENTE?	202
RICONOSCERE I POLIMERI	203
QUALE TERMOPLASTICO?	203
TRASFORMAZIONE DEI POLIMERI	206
Estrusione monovite	206
Estrusione bivate	206
La filatura a secco	206
Filatura da fuso	206
Filmatura per soffiaggio.	206
Stampaggio ad iniezione.	206
Rivestimento per rotazione.	206
TEST DI VALUTAZIONE FINALE	207
Istruzioni per la compilazione	207
Domande su Scienza dei Polimeri	207
Risposte	208
Risultati	209
RISPOSTE AI TEST	211
RISPOSTE TEST INIZIALE	212
RISPOSTE TEST VERIFICA 1	212
RISPOSTE TEST VERIFICA 2	213
RISPOSTE TEST VERIFICA 3	213
RISPOSTE TEST VERIFICA 4	214
RISPOSTE TEST VERIFICA 5	214
RISPOSTE TEST VERIFICA 6	215
RISPOSTE TEST FINALE	215

INTRODUZIONE

Ho scritto questo libro per aiutare i tecnici dell'industria a comprendere il ruolo del materiale nella regolazione ed ottimizzazione dei processi di trasformazione delle materie plastiche.

La lavorazione delle materie plastiche è una delle maggiori attività produttive e si stima che in Italia impieghi più di centoventimila addetti. Ciascun tecnico, trascorre la maggior parte delle ore lavorative in attività volte alla scelta dei materiali, la regolazione del processo ed all'eliminazione dei difetti.

Ho sentito la necessità di scrivere questo libro per venire incontro ai tecnici dell'industria. La letteratura tecnica sulle materie plastiche in Italia è poca e spesso di livello troppo specialistico; inoltre esistono poche scuole, a livello di istruzione superiore e professionale, che affrontano i temi della scienza e tecnologia delle materie plastiche. La maggior parte degli addetti alla trasformazione della plastica non ha fatto alcuno studio di chimica e tanto meno studi specifici sui polimeri.

Questo libro è stato pensato e scritto per tutti coloro che non hanno mai studiato la chimica e la scienza dei polimeri, ma che hanno imparato a lavorare la plastica con anni di esperienza e di duro lavoro. Sono sicuro, però, che questo libro sarà di giovamento anche per chi vuole ripensare a quello che già sa in maniera nuova e su solide basi scientifiche.

Ho utilizzato una descrizione semplice, senza fare ricorso a formule chimiche e matematiche, per aiutare il lettore a comprendere il "perché" di certi fenomeni, senza mai sacrificare la correttezza scientifica. Lo scopo del libro è quello di aiutare il lettore a conoscere i polimeri dal punto di vista microscopico (molecolare) per meglio comprenderne il comportamento macroscopico (caratteristiche del pezzo finito e del processo produttivo).

Il libro è suddiviso in due parti.

La prima parte è organizzata in brevi capitoli che affrontano ciascun argomento in maniera completa e pertanto possono anche essere letti in qualunque ordine dal lettore più esperto. Ogni capitolo è suddiviso in brevi paragrafi; i termini più importanti sono evidenziati, mentre per i termini più complessi si è riportata la spiegazione nell'apposito glossario. Ogni capitolo è riccamente illustrato con figure, diagrammi e tabelle.

La seconda parte del libro descrive brevemente le tecnologie più utilizzate per la trasformazione dei polimeri: l'estrusione, lo stampaggio ad iniezione, il soffiaggio di corpi cavi e la termoformatura. Oltre che presentare il processo di lavorazione, ho evidenziato il legame tra le caratteristiche del materiale (spiegate nella prima parte del libro) e la loro influenza sulla regolazione del processo.

Questa guida pratica è dedicata ai tecnici della produzione, ai responsabili del controllo qualità, agli addetti alla manutenzione, ai responsabili dell'acquisto delle materie prime che, ogni giorno, danno il loro fondamentale contributo alle attività economiche del nostro Paese. L'impegno, le capacità e la creatività di queste persone contribuiscono a fare crescere le aziende in cui lavorano.

Questo libro è il primo volume pubblicato per i tipi **CQC Filippo Cangialosi Editore** che si propone di diventare il punto di riferimento per tutti coloro che vogliono informarsi e formarsi sulla plastica. Quello che avete tra le mani non è solo un libro, ma uno strumento di formazione a distanza che può essere completato con gli altri prodotti editoriali, già pubblicati ed in preparazione, contrassegnati con il marchio **Plastic@ndo**.

Per maggiori informazioni vi invito a consultare il sito **www.plasticando.it**

Palermo, 16 Aprile 2002

Filippo Cangialosi

INTRODUZIONE ALLA 2^A EDIZIONE

Con grande soddisfazione mi accingo a presentarvi la seconda edizione del libro "Proprietà e Lavorazione delle materie plastiche" dopo due anni dalla prima edizione.

Il successo della prima edizione, i commenti ed i suggerimenti che ho ricevuto mi hanno incoraggiato a rivedere e migliorare questo libro per venire incontro alle esigenze dei lettori in concomitanza con la sua ri-pubblicazione per i tipi di EuroPass Editore.

Le novità più importanti sono:

- L'aggiunta del capitolo 11 dedicato alla viscoelasticità dei polimeri; per la cui stesura ringrazio il Prof. Francesco Paolo La Mantia del Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Processi e dei Materiali dell'Università di Palermo. Questo capitolo affronta il tema della viscoelasticità dei polimeri in maniera chiara e semplice mettendo in evidenza il legame tra struttura, proprietà meccaniche e lavorazione dei polimeri.
- L'aggiunta della Parte Terza, dedicata alla presentazione dei polimeri termoplastici più utilizzati. Per ogni polimero è riportata una scheda di sintesi che introduce il lettore alla Struttura chimica, Caratteristiche, Trasformazione, Impieghi, Nomi commerciali.
- L'aggiunta della Parte Quarta, dedicata alla presentazione dei polimeri termoindurenti più utilizzati. Per ogni polimero è riportata una scheda di sintesi che introduce il lettore alla Struttura chimica, Caratteristiche, Trasformazione, Impieghi, Nomi commerciali.
- L'aggiunta della Parte Quinta, dedicata alla presentazione dei polimeri elastomerici più utilizzati. Per ogni polimero è riportata una scheda di sintesi che introduce il lettore alla Struttura chimica, Caratteristiche, Trasformazione, Impieghi, Nomi commerciali.
- Il numero delle pagine è quasi raddoppiato passando da 102 a 178

Con l'auspicio che questa seconda edizione possa avere il successo della prima, auguro a tutti buona lettura.

Palermo, 23 giugno 2004

Filippo Cangialosi

Palermo, Italia

www.plasticando.it info@plasticando.it

INTRODUZIONE ALLA 3^A EDIZIONE

Con grande soddisfazione vi presento la terza edizione del libro “Proprietà e Lavorazione delle materie plastiche”.

La novità più importante di questo libro è che “raddoppia” in fatti alla fine è stato aggiunto il contenuto del “Quaderno di scienza dei polimeri” che prima era un volume a se stante.

Il Quaderno di Scienza dei polimeri nasceva come uno strumento di autoformazione destinato ai tecnici dell'industria delle materie plastiche.

Il volume è stato pensato e scritto per le esigenze dell'operatore di linea, quindi il suo contenuto è preciso e pratico e riporta solo le informazioni utili per l'operatore di linea.

Qualcuno ha detto che *“non tutto è misurabile, ma solo ciò che è misurabile può essere migliorato”*. Riteniamo che le conoscenze di ciascun tecnico possano e debbano essere misurate per individuare i punti di forza e di debolezza della propria conoscenza e per avviare un progetto di miglioramento.

Il grande filosofo greco Socrate diceva che il vero saggio è *“colui che sa di non sapere”* perché solo chi ha consapevolezza dei propri limiti ha la forza e la determinazione di migliorarsi.

Con l'aggiunta di questo Quaderno vogliamo aiutare tutti i tecnici dell'industria della plastica a guardare avanti verso la strada del miglioramento; allo stesso tempo ci auguriamo che esso possa essere utile per tutti coloro che sono responsabili della formazione dei dipendenti perché imparino a valorizzare le risorse umane.

Palermo, 19 marzo 2010

Filippo Cangialosi

Palermo, Italia

www.plasticando.it **info@plasticando.it**

RINGRAZIAMENTI

Voglio esprimere il mio riconoscimento a tutte le persone che hanno reso possibile la pubblicazione di questo libro.

In particolare il mio ringraziamento e la mia stima vanno all'Ing. Gianluca La Manna per la sua collaborazione nella ricerca bibliografica e la preparazione delle illustrazioni.

Grazie al Prof. Francesco Paolo La Mantia che con le sue conoscenze, il suo spirito pratico ed il suo ingegno mi ha fatto conoscere il mondo della plastica e mi supporta continuamente nella mia attività lavorativa.

Grazie a tutti coloro che mi hanno insegnato qualcosa sulla plastica.

Grazie ai miei clienti che mi hanno dato la possibilità di mettere al loro servizio le mie conoscenze.

Grazie a tutti i tecnici che hanno partecipato ai corsi di formazione da me tenuti, perché con le loro domande ed osservazioni mi hanno permesso di ordinare il mio sapere in un libro dedicato interamente alla loro formazione.

Grazie, in particolare, a mia moglie Milena per la sua pazienza ed il supporto datomi durante la redazione e la pubblicazione di questo libro.

Filippo Cangialosi

Palermo, Italia

www.plasticando.it

info@plasticando.it

PROPRIETÀ E LAVORAZIONE DELLE MATERIE PLASTICHE

GUIDA PRATICA PER I TECNICI DELL'INDUSTRIA

*A mia moglie Milena,
per il suo continuo sostegno
alla mia attività e alla stesura
di questo volume*

