

## Guida alla lavorazione degli elastomeri termoplastici

### MARFRAN® ELIFRAN® DRYFLEX® VITAPRENE®

Un elastomero termoplastico (TPE) evidenzierà le sue caratteristiche solo dopo un processo di lavorazione, in sintesi la progettazione del pezzo, la sua geometria ed il modo con cui viene prodotto, determineranno in maniera rilevante le caratteristiche finali. E' quindi di estrema importanza che il progettista conosca le varie metodologie di lavorazione, in modo da selezionare il profilo di proprietà più appropriato.

#### 1. STAMPAGGIO A INIEZIONE di MARFRAN, ELIFRAN, DRYFLEX, VITAPRENE.

Gli elastomeri termoplastici Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene sono comunemente utilizzati per realizzazione di manufatti elastici o flessibili mediante stampaggio a iniezione. E' opportuno ricordare che elasticità/flessibilità sono fortemente influenzate dal dimensionamento progettuale del manufatto e da come il materiale fluisce nello stampo. Le caratteristiche meccaniche di Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene sono diverse se valutate in direzioni differenti (negli angoli retti e e lungo la direzione di iniezione), questo significa che il materiale è anisotropico. Quindi l'effetto dell'orientamento molecolare si evidenzia nei materiali TPE sottoposti a condizioni di lavorazione normali. L'entità dell'orientamento è funzione dello shear al quale il polimero fuso è sottoposto, e si evidenzia con un maggior modulo a flessione (maggiore rigidità) in corrispondenza degli angoli retti e nella direzione del flusso. Adottando parametri di lavorazione che minimizzino lo shear, come basse pressioni e velocità di iniezione e alte temperature, è possibile ridurre l'effetto dell'orientamento.

L'entità dell'orientamento è anche determinata dalla geometria dello stampo. I seguenti fattori minimizzano l'orientamento:

- Gate d'iniezione i più ampi possibile
- Gate d'iniezione posizionati in modo da minimizzare la distanza percorsa dal materiale all'interno dello stampo
- Superfici dello stampo goffrate o lavorate mediante elettroerosione o sabbiate invece che lucidate

Se la temperatura di stampaggio utilizzata per Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene è troppo bassa, ci possono essere seri rischi di flusso freddo, il quale è causa di perdita di resistenza.

##### 1.1 LA MACCHINA

Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene possono essere lavorati in macchine convenzionali da stampaggio a iniezione. Si possono anche utilizzare stampi multi-cavità. Il numero delle cavità deve essere limitato al fine di garantire una produzione ripetibile.

E' importante che la macchina utilizzata non sia troppo grande. Si raccomanda che almeno il 30% del volume iniettabile sia utilizzato per ogni ciclo.

###### 1.1.1 Profilo della vite

La maggior parte della macchine da stampaggio sono equipaggiate con viti universali con rapporto di compressione compreso fra 2:1 e 3:1, un angolo di passo dei filetti di 60° e un sistema per evitare il riflusso del materiale. Tali viti sono eccellenti per la lavorazione del Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene. Viti speciali corte con rapporti di compressione più alti (da 3:1 a 4:1) possono risultare idonee a bassa velocità di rotazione.

###### 1.1.2. Ugelli

Tutti i tipi di ugello possono essere utilizzati. Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene basati su SEBS possono stazionare nell'ugello per un breve periodo dato che il materiale non si degrada alle normali temperature di lavorazione e non sviluppa gas ad elevate pressioni. Contrariamente i compound a base di SBS non devono stazionare nell'ugello per troppo tempo, dato che il materiale è molto sensibile alla degradazione termossidativa, questo significa che degrada facilmente se riscaldato in presenza di ossigeno.

###### 1.1.3. Pre-essiccamento

Il pre-essiccamento non è necessario, essendo Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene non igroscopici in condizioni normali di stoccaggio. Tuttavia l'eventuale presenza di umidità viene normalmente evaporata nello stampo ed espulsa attraverso gli sfiati.

##### 1.2. PROGETTAZIONE DELLO STAMPO

Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene si comportano egregiamente nella maggior parte degli stampi convenzionali che, anche se progettati per altri materiali, possono essere utilizzati con nessuna o limitate modifiche. Se lo stampo viene progettato appositamente per SBS e SEBS, alcuni aspetti devono essere tenuti in considerazione. Nell'ideazione del pezzo drastiche variazioni di spessore devono essere evitate come pure angoli vivi che devono, quanto più possibile, raccordati. Vanno, inoltre, evitate sezioni sottili ed estese che renderebbero difficoltoso limitare la temperatura.

Le pareti dello stampo lucidate causano vuoti fra lo stampo ed il pezzo, dato che il materiale iniettato forza l'aria contro la parete. Questo fatto causa difficoltà di estrazione del pezzo a causa del risucchio. Una superficie ruvida (sabbata o goffrata) facilita l'estrazione.

###### 1.2.1. Punti d'iniezione

Punti d'iniezione standard con angoli di estrazione 2.5° risultano essere soddisfacenti con Marfran e Dryflex. Comunque, il tipo di estrattore del punto d'iniezione dovrebbe essere deciso sulla base del grado specifico. Per i tipi morbidi, si suggerisce l'uso di estrattori a cono inverso. Punti d'iniezione a tunnel o a film sono i tipi usuali. Si suggerisce di dotare ciascun punto d'iniezione con il suo estrattore. Nella Figura 1 sono evidenziati alcuni esempi di posizionamento corretto

del punto d'iniezione.

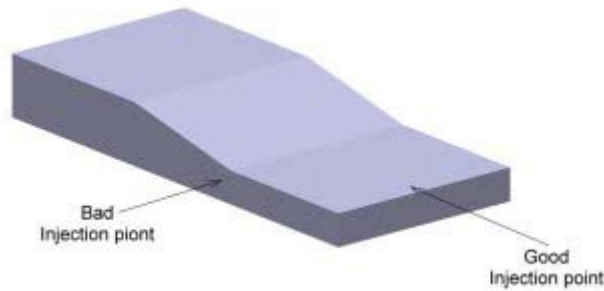


Figura 1. Posizionamento del punto d'iniezione

**1.2.2. I canali di distribuzione**

Canali di distribuzione a sezione circolare sono la soluzione migliore, dato che la superficie di contatto con lo stampo, a parità di sezione del canale, è inferiore, per esempio, di quella dei canali con sezione semi-circolare.



Anche i canali secondari dovrebbero avere sezione circolare con diametro inferiore e, se possibile, si dovrebbero diramare ad angolo retto dal canale principale. Per garantire un bilanciamento di flusso, i canali secondari dovrebbero avere tutti la stessa lunghezza. Il tiramatarozza può essere costituito da una breve estensione del canale principale oltre il punto di diramazione (vedere Figura 2).

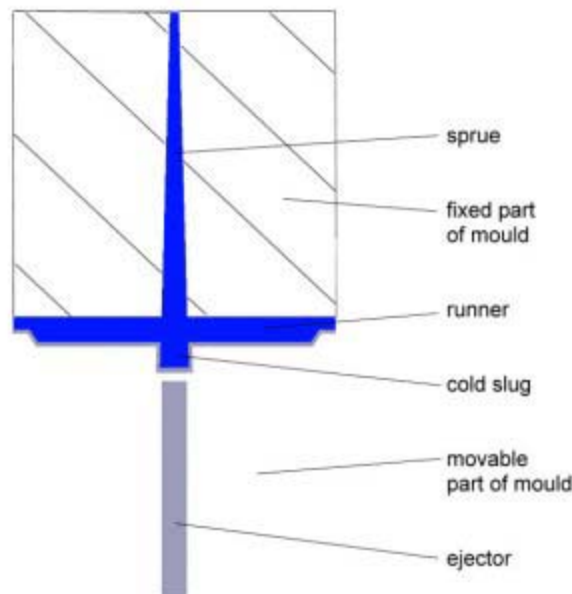


Figura 2. Tiramatarozza (Cold slug)

I canali caldi possono essere utilizzati per parti con sezioni sottili e consentono la riduzione del tempo ciclo; l'uso di canali caldi, inoltre, evita la produzione di matarozze che andrebbero poi recuperate. I canali caldi dovrebbero avere sezioni più ampie dei canali tradizionali, al fine di mantenere costante la pressione nello stampo. La temperatura minima di stazionamento del materiale nei canali dovrebbe essere di circa 175°C per materiali a base di SBS, maggiore o uguale a 185°C per materiali a base di SEBS.

**1.2.3. Punti d'iniezione e sfiati**

Gli elastomeri termoplastici Marfran e Dryflex produrranno buoni risultati quando vengono stampati attraverso punti d'iniezione normali realizzati conformemente ai comuni criteri di progettazione.

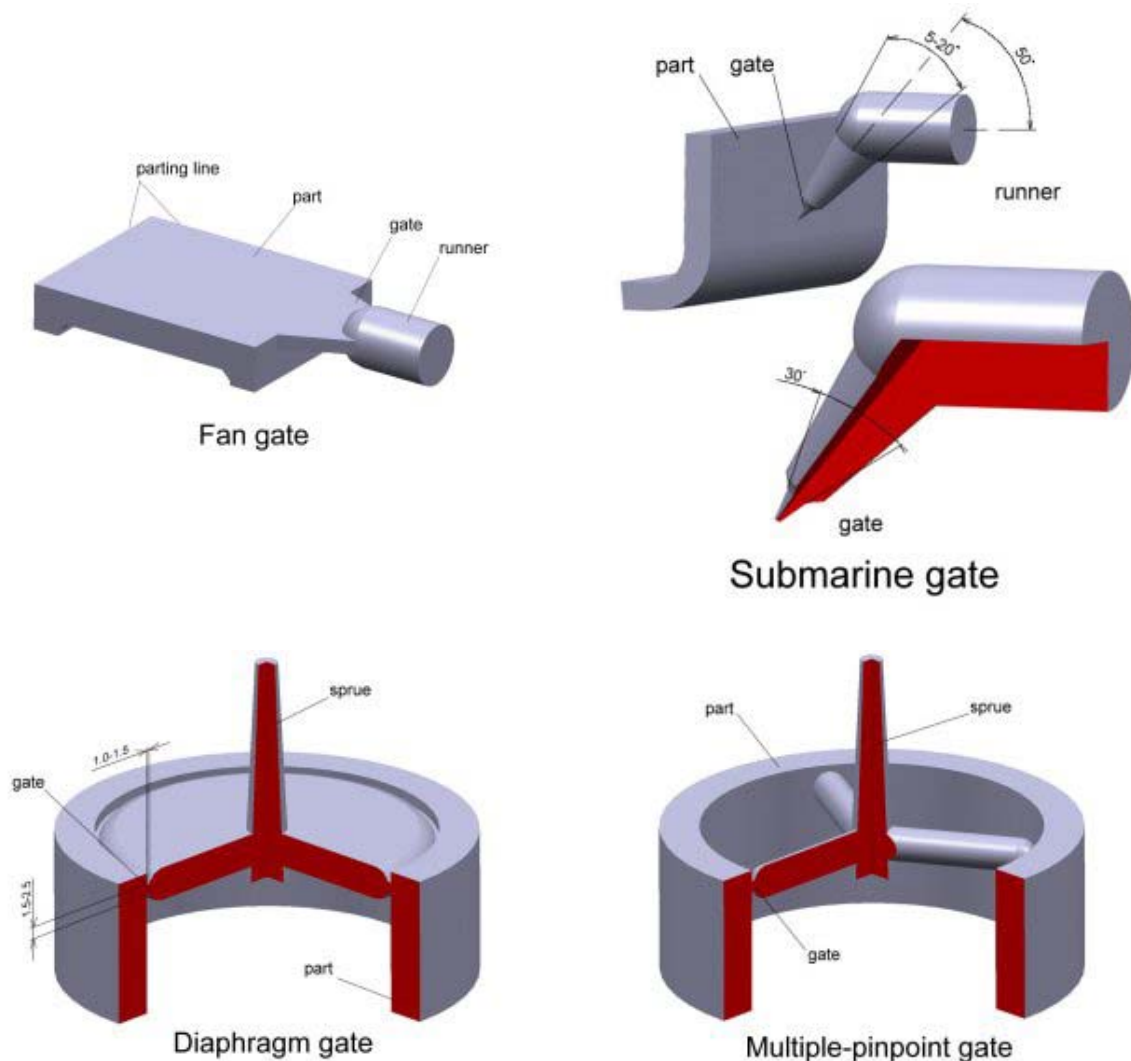


Figura 3. Esempi di diversi punti d'iniezione

Come regola generale, il punto d'iniezione dovrebbe essere grande quanto basta per riempire lo stampo. Il volume di materiale nella zona del punto d'iniezione dovrebbe essere il quanto più possibile limitato. Se il volume dovesse essere troppo grande in rapporto al pezzo, ci potrebbe essere il rischio di flusso di materiale "freddo" che comprometterebbe le caratteristiche meccaniche finali.

I punti d'iniezione dovrebbero essere posizionati in zone determinate sulla base dei convenzionali criteri di progettazione. Al fine di migliorare la finitura di superficie, il punto d'iniezione andrebbe collocato in modo che il flusso incontri ostacolo o resistenza immediatamente dopo l'ingresso nella cavità. Nel caso di parti molto sottili, si suggerisce l'uso di punti d'iniezione a film o punti d'iniezione multipli.

Il punto d'iniezione andrebbe collocato nella zona più sottile del pezzo, al fine di minimizzare eventuali disomogeneità. Un rapido controllo mediante trazione manuale consente di verificare l'omogeneità nel punto d'iniezione.

Dato che Marfran e Dryflex vengono iniettati a velocità medio/alte, lo stampo necessita di sfiati opportunamente dimensionati. Canali di sfiato con spessori fra 0,01 e 0,02 mm sono in genere sufficienti.

#### 1.2.4. Ritiro dimensionale

Il ritiro dimensionale post stampaggio viene preso in considerazione in fase di progettazione dello stampo allo stesso modo di tutti gli altri polimeri termoplastici. Per un materiale a base di SBS/PS (Elastofran, Gumifran e Adifran), il ritiro è generalmente compreso fra 0,4% e 1,5%, mentre un materiale a base di SBS/PP (Elifran) è generalmente compreso fra 0,8% e 2,5%. Anche il ritiro di un materiale a base di SEBS (Marfran) è in genere compreso fra 0,8% e 2,5%. E' opportuno sottolineare che il ritiro dimensionale dipende solo parzialmente dal materiale, essendo nei TPE fortemente influenzato anche dal dimensionamento dello stampo (spessori), dal posizionamento del punto d'iniezione e dalle condizioni di stampaggio/raffreddamento.

#### 1.2.5. Estrazione

Per consentire una lavorazione totalmente in automatica, lo stampo deve avere diversi estrattori. Dato che gli elastomeri Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene hanno un elevato coefficiente di attrito superficiale e che la maggior parte di loro sono morbidi e flessibili, il sistema di estrazione deve essere attentamente progettato in funzione del manufatto specifico e, soprattutto, della sua durezza. Per i tipi morbidi si suggerisce l'uso di piatti di estrazione; l'aria compressa è spesso utilizzata per l'estrazione di manufatti profondamente inseriti nello stampo e può, inoltre, facilitare l'estrazione meccanica eliminando il vuoto.

Se vengono utilizzati solo perni estrattori, questi devono essere i più larghi possibile e dovrebbero sempre agire sulle parti più rigide del manufatto. Sistemi di estrazione convenzionali lavorano ottimamente con i compound più duri (durezza Shore D).

Una superficie di stampo finita mediante elettroerosione o sabbiatura è raccomandata per agevolare il distacco del manufatto; tale finitura produce un manufatto con superficie vellutata. Superfici con differente rugosità possono essere facilmente realizzate.

Gli angoli di sformatura ottimali sono compresi fra  $0,25^\circ$  e  $1^\circ$ .

### 1.2.6. Raffreddamento dello stampo

Lo stampo deve avere adeguati canali di raffreddamento per far sì che la temperatura sia controllabile garantendo la dissipazione rapida ed omogenea del calore; tutto ciò assicura cicli di raffreddamento corti.

Risucchi o ritiri disomogenei sono diretta conseguenza di riduzioni di volume non uniformi durante la fase di raffreddamento. Nel caso del Marfran o del Dryflex, i risucchi possono presentarsi in sezioni superiori a 6mm di spessore. I risucchi sono evitabili mediante l'adozione, in fase di progetto, di nervature e/o sezioni di rinforzo (vedere Figura 4) tali da garantire spessori omogenei. Grazie alla flessibilità del materiale, manufatti con sottosquadri possono essere stampati ed estratti normalmente.

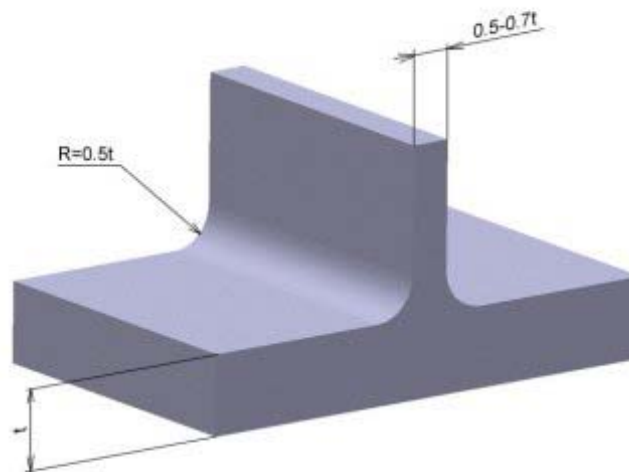


Figura 4.

Le nervature di rinforzo dovrebbero avere spessore circa la metà dello spessore della parete adiacente.

## 1.3. PARAMETRI DI PROCESSO

Le seguenti indicazioni devono essere considerate solamente come "linee guida" dato che l'esperienza è sempre il miglior criterio nella scelta dei parametri di processo per i materiali termoplastici.

### 1.3.1. Compound MARFRAN, DRYFLEX e VITAPRENE a base di SEBS

#### 1.3.1.1 Temperatura del cilindro

Il normale intervallo di temperatura del cilindro per i compound SEBS è compreso fra  $190$  e  $245^\circ\text{C}$  per manufatti con dimensioni normali. Per manufatti con dimensioni elevate, potrebbero essere necessarie temperature fino a  $260^\circ\text{C}$ .

#### 1.3.1.2 Pressione di iniezione

Marfran, Dryflex e Vitaprene possono essere stampati a iniezione con un ampio range di pressioni. Comunque i migliori risultati si ottengono usando la minima pressione necessaria ad un riempimento graduale ed uniforme dello stampo. Pressioni eccessive spesso sono causa di forti orientamenti interni al manufatto o di surriscaldamento dovuto ad attrito. A causa delle proprietà elastomeriche di Marfran, Dryflex e Vitaprene, la solidificazione nel gate d'iniezione non avviene nello stesso modo dei termoplastici rigidi e un eccesso di pressione può portare ad un sovrariempimento con conseguente deformazione del manufatto. Se il riempimento dello stampo richiede comunque pressioni elevate, queste devono essere applicate lo stretto necessario per l'ottenimento di un completo riempimento. In funzione delle dimensioni del manufatto e della sua superficie, le pressioni d'iniezione possono essere comprese fra  $35$  e  $150$  MPa.

#### 1.3.1.3 Velocità d'iniezione

La viscosità dei materiali SEBS o SBS dipende assai di più dalla velocità di scorrimento (shear rate) che dalla temperatura, se paragonati agli "usuali" termoplastici; a loro volta i compound SEBS sono più sensibili allo shear rate dei compound a base di SBS. Questo fatto offre dei benefici in termini di tempi di raffreddamento ridotti e facilità nel controllo del processo.

A causa della forte dipendenza viscosità/shear rate, le elevate velocità d'iniezione sono da considerarsi ottimali per i materiali a base di SEBS ai fini del riempimento dello stampo. Eventuali inclusioni d'aria a velocità elevate andranno rimosse con un opportuno sistema di sfiati nello stampo. Il "cuscino" di materiale deve essere il minimo possibile al fine di

prevenire eventuali inestetismi nel punto d'iniezione.

#### 1.3.1.4 Velocità della vite e contropressione

Normalmente la velocità della vite è compresa fra 25 e 75 rpm da regolare in modo da ottenere una completa plastificazione immediatamente prima dell'iniezione successiva. La contropressione ottimale è la minima tale da evitare "colature" nello stampo dopo il riempimento.

#### 1.3.1.5 Tempo e pressione di mantenimento

Come per la maggior parte dei materiali termoplastici, il tempo e la pressione di mantenimento devono essere tali da evitare risucchi conseguenti a "inversioni di flusso" nel gate d'iniezione da un lato, e distorsioni dovute a sovrariempimento dall'altro lato.

A causa della natura elastomerica del Marfran, Dryflex e Vitaprene, il sovrariempimento è la più frequente causa di problemi rispetto all'"inversione di flusso". Quindi valori di tempo e pressione di mantenimento ridotti sono raccomandati al fine di ottenere il miglior risultato possibile.

#### 1.3.1.6 Forza di chiusura

Raramente è necessaria una elevata forza di chiusura per Marfran, Dryflex e Vitaprene. In funzione delle dimensioni e forma dello stampo, la pressione di chiusura dello stampo può variare fra 25 e 45 MPa. Tali valori sono sufficienti a mantenere lo stampo chiuso.

#### 1.3.1.7 Tempo ciclo/Tempo di raffreddamento

Grazie al rapido processo di solidificazione di Marfran, Dryflex e Vitaprene, il tempo di raffreddamento è generalmente breve se comparato con altri materiali. Il tempo ciclo dipende comunque dalle dimensioni e dalla forma del manufatto. Valori tipici sono:

- Sezioni fino a 2 mm: 15 - 25 sec
- Sezioni fra 2 e 6 mm: 30 - 60 sec

#### 1.3.1.8 Temperatura dello stampo

Per materiali SEBS, la temperatura dello stampo deve normalmente essere compresa fra 30 e 60°C. Tali temperature, relativamente alte, facilitano il flusso nello stampo, assicurano un riempimento completo riducendo le pressioni di iniezione e garantiscono l'ottenimento di superfici uniformi senza incrementi significativi del tempo ciclo.

#### 1.3.1.9 Varie

Grazie all'eccellente stabilità termica dei compound SEBS, la pulizia del cilindro dopo un fermo macchina non è strettamente necessario. Compound SEBS sono stati tenuti in macchine da stampaggio alla temperatura di lavorazione per più di due ore senza che si rilevassero fenomeni degradativi di rilievo. Nel caso sia comunque necessaria una pulizia, possono essere impiegati HDPE o PP.

Marfran, Dryflex e Vitaprene sono totalmente riciclabili. Il materiale rigenerato può essere miscelato con materiale vergine (si suggeriscono dosaggi compresi fra 10 e 25%). La macinatura di compound morbidi richiede l'impiego di taglienti molto affilati oppure di mulini raffreddati. I parametri di processo tipici per gli SEBS sono evidenziati nella Tabella 1.

### 1.3.2 Compound ELIFRAN, DRYFLEX e VITAPRENE a base di SBS

#### 1.3.2.1 Temperatura del cilindro

La temperatura del cilindro, per materiali a base di SBS, deve essere compresa fra 150 e 205°C e non deve superare i 220°C.

#### 1.3.2.2 Pressione di iniezione

Elifran, Dryflex e Vitaprene possono essere stampati in un ampio range di pressioni. Comunque i migliori risultati si ottengono usando la minima pressione necessaria ad un riempimento graduale ed uniforme dello stampo. Pressioni eccessive spesso sono causa di forti orientamenti interni al manufatto o di surriscaldamento dovuto ad attrito. A causa delle proprietà elastomeriche di Elifran, Dryflex e Vitaprene, la solidificazione nel gate d'iniezione non avviene nello stesso modo dei termoplastici rigidi e un eccesso di pressione può portare ad un sovrariempimento con conseguente deformazione del manufatto. Se il riempimento dello stampo richiede comunque pressioni elevate, queste devono essere applicate lo stretto necessario per l'ottenimento di un completo riempimento. In funzione delle dimensioni del manufatto e della sua superficie, le pressioni d'iniezione possono essere comprese fra 35 e 150 MPa.

#### 1.3.2.3 Velocità d'iniezione

I compound a base di SBS andrebbero preferibilmente iniettati a velocità moderate (medie), essendo la loro dipendenza della viscosità dallo shear rate inferiore rispetto a quelli a base di SEBS.

#### 1.3.2.4 Velocità della vite e contropressione

Normalmente la velocità della vite è compresa fra 25 e 75 rpm da regolare in modo da ottenere una completa plastificazione immediatamente prima dell'iniezione successiva. La contropressione ottimale è la minima tale da evitare "colature" nello stampo dopo il riempimento.

#### 1.3.2.5 Tempo e pressione di mantenimento

Come per la maggior parte dei materiali termoplastici, il tempo e la pressione di mantenimento devono essere tali da evitare risucchi conseguenti a "inversioni di flusso" nel gate d'iniezione da un lato, e distorsioni dovute a sovrariempimento dall'altro lato.

A causa della natura elastomerica del Elifran, Dryflex e Vitaprene, il sovrariempimento è la più frequente causa di problemi rispetto all'"inversione di flusso". Quindi valori di tempo e pressione di mantenimento ridotti sono raccomandati al fine di ottenere il miglior risultato possibile.

### 1.3.2.6 Forza di chiusura

Raramente è necessaria una elevata forza di chiusura per Elifran, Dryflex e Vitaprene. In funzione delle dimensioni e forma dello stampo, la pressione di chiusura dello stampo può variare fra 25 e 45 MPa. Tali valori sono sufficienti a mantenere lo stampo chiuso.

### 1.3.2.7 Tempo ciclo/Tempo di raffreddamento

Grazie al rapido processo di solidificazione di Elifran, Dryflex e Vitaprene, il tempo di raffreddamento è generalmente breve se comparato con altri materiali. Il tempo ciclo dipende comunque dalle dimensioni e dalla forma del manufatto. Valori tipici sono:

- Sezioni fino a 2 mm: 15 - 25 sec
- Sezioni fra 2 e 6 mm: 30 - 60 sec

### 1.3.2.8 Temperatura dello stampo

La temperatura dello stampo ottimale per materiali a base di SBS è compresa fra 20 e 40°C.

### 1.3.2.9 Varie

I compound a base di SBS sono soggetti a degradazione termossidativa e non devono essere tenuti a temperature di lavorazione elevate per lunghi periodi. Nel caso sia necessaria una pulizia, possono essere impiegati HDPE o PP. Elifran, Dryflex e Vitaprene sono totalmente riciclabili. Il materiale rigenerato può essere miscelato con materiale vergine (si suggeriscono dosaggi compresi fra 10 e 25%). La macinatura di compound morbidi richiede l'impiego di taglienti molto affilati oppure di mulini raffreddati. I parametri di processo tipici per gli SBS sono evidenziati nella Tabella 1.

**Tabella 1 Parametri di processo tipici per lo stampaggio degli elastomeri termoplastici Marfran, Elifran, Dryflex e Vitaprene**

Parametro di processo	SBS	SEBS
Dimensione macchina (forza di chiusura in ton)	90	90
Max. peso iniettabile (g)	115	115
Tipo stampo	2-parti	2-parti
Numero di cavità	1	1
Peso iniettato (g)	55	55
<b>Temperature del cilindro (°C)</b>		
Posteriore	170	180
Centrale	180	190
Anteriore	190	200
Ugello	200	210
Temperatura dello stampo (° C)	25	50
<b>Pressione di iniezione (MPa)</b>		
Alta	50	50
Bassa	35	50
<b>Varie</b>		
Tempo di iniezione (sec)	3 ÷ 5	1 ÷ 2
Velocità di iniezione	media	alta
Tempo di mantenimento (sec)	2,5	2,5
Tempo di chiusura (sec)	10	7
Velocità vite (rpm)	30	40
Contropressione (MPa)	0,55	0,70
Tempo ciclo (sec)	20	14

## 2. ESTRUSIONE

Gli elastomeri termoplastici **Marfran, Dryflex e Vitaprene** possono essere facilmente estrusi, a patto di utilizzare opportuni parametri di processo. A causa della loro struttura triblocco, le proprietà di flusso (viscosità) sono relativamente insensibili alle variazioni di temperatura, ma cambiano rapidamente al variare dello shear e/o della pressione (tale considerazione è valida soprattutto per i materiali a base di SEBS).

I compound a base di SEBS, con il loro blocco intermedio saturo, sono estremamente stabili rispetto alla degradazione termossidativa, contrariamente ai materiali a base di SBS che degradano se surriscaldati o se lavorati con viti con rapporto di compressione troppo alto.

### 2.1 Estrusione di compound Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS

Per questi materiali si suggerisce l'uso di estrusori lunghi con rapporto L/D di 20:1 o superiore e con zone di alimentazione lunghe; tale tipo di impianti vengono usualmente impiegati per l'estrusione di poliolefine e sono ottimali anche per questo tipo di compound.

Il flusso all'interno della filiera deve essere il più breve possibile al fine di evitare l'insorgere di rugosità superficiale conseguenza del processo di solidificazione del materiale. Andrebbe evitato l'uso di canotti di raccordo con la filiera lunghi e sia la filiera che l'eventuale canotto devono essere riscaldati.

La matrice della filiera dovrebbe essere lunga quanto basta per fornire la voluta forma e finitura di superficie. Una matrice

più lunga di circa un diametro o di una sezione del profilo può essere causa di rugosità di superficie se viene usato un traino per portare a dimensione il profilo.

L'applicazione di un modesto traino (10÷20%) aiuta a incrementare la tenacità finale per profilo.

La temperatura del fuso nell'estrusione di materiali a base di SEBS è normalmente compresa fra 150 e 210°C, tuttavia è possibile raggiungere temperature di processo fino a 260°C grazie alla stabilità del blocco molecolare intermedio completamente saturo. Il seguente profilo di temperatura a partire dalla tramoggia fino alla filiera 170, 180, 190, 200 e 210°C è ideale come impostazione iniziale, e può successivamente essere modificato in funzione del tipo di materiale SEBS impiegato ed al tipo di vite. Per i compound più morbidi si suggerisce di utilizzare temperature più basse.

E' stato dimostrato che il preriscaldamento dei compound SEBS provoca un aumento della produttività.

I compound SEBS sono facili da lavorare ed offrono benefici quali l'elevata termostabilità, la resistenza alla degradazione causata da scorrimento e attrito e rapida solidificazione del fuso.

### 2.1.1 Configurazione della vite

I materiali Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS si estrudono al meglio utilizzando viti lunghe, con elevato rapporto di compressione (3:1) e zona di alimentazione non troppo leggera. Viti con zona di alimentazione corta possono essere causa di problemi. Sono preferibili viti con rapporto di compressione compreso fra 3.0 e 4.5. Come già citato, il rapporto L/D deve essere almeno 20:1.

I compound SEBS Marfran, Dryflex e Vitaprene più morbidi hanno portate minori a parità di pressione. Il calore enerato dall'attrito è basso nei gradi morbidi ed aumenta significativamente con i gradi più duri.

Viti miscelanti o con zone miscelanti non sono indispensabili per ottenere un fuso omogeneo; tuttavia tale genere di vite può contribuire a miglioramenti nel caso di utilizzo di estrusori con rapporto L/D inferiore a quello precedentemente suggerito.

Alcune configurazioni tipiche di viti adatte a materiali SEBS Marfran, Dryflex e Vitaprene sono indicate in Tabella 2.

**Tabella 2 Configurazioni vite tipiche per l'estrusione di materiali a base di SEBS Marfran, Dryflex e Vitaprene (diametro vite circa 90 mm)**

Parametri	Singolo stadio	Doppio stadio
Rapporto Lunghezza/Diametro (L/D)	24:1	24:1
<b>Sezione 1 - Zona di alimentazione</b>		
Profondità cresta, mm	12,5	13,8
Numero di creste	9	6
<b>Sezione 1 - Zona di compressione</b>		
Numero di creste	7	4
<b>Sezione 1 - Zona di fusione</b>		
Profondità cresta, mm	3,6	3,0
Numero di creste	8	4
Rapporto di compressione	3,5:1	4,5:1
<b>Sezione 2 - Zona di alimentazione</b>		
Profondità cresta, mm	-	14,6
Numero di creste	-	4
<b>Sezione 2 - Zona di compressione</b>		
Numero di creste	-	1,5
<b>Sezione 2 - Zona di fusione</b>		
Profondità cresta, mm	-	4,2
Numero di creste	-	4,4
Rapporto di compressione	-	3,5:1

### 2.1.2 Altri dispositivi

Unità di calibrazione e raccolta tipicamente utilizzate per PP e PVC sono idonee anche per i compound Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS. La ricalibrazione non è normalmente necessaria per i gradi più morbidi di Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS.

Nell'estrusione di lastre, la temperatura dei rulli di calibrazione e traino è tipicamente compresa fra 60 e 80°C. E' necessario utilizzare cilindri puliti e luidicati con controllo di temperatura al fine di minimizzare l'appiccicosità sui cilindri che, talvolta, può manifestarsi con i gradi più morbidi di SEBS Marfran, Dryflex e Vitaprene.

Le dimensioni degli estrusi di Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS può essere regolata mediante traino o stiro i quali, inoltre, modificano le proprietà finali.

### 2.1.3 Produttività

La produttività dell'estrusore dipende da numerosi fattori quali il profilo della vite, la potenza del motore, la temperatura del fuso, la pressione ecc. I compound Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS hanno velocità di estrusione paragonabili con quelle di altri termoplastici. Le produttività dei Marfran, Dryflex e Vitaprene a base di SEBS tendono ad essere più basse per i tipi più morbidi e "gommosi", ma aumentano con il crescere della durezza e della rigidità.

## 2.2 Estrusione di compound Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS

Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS possono essere estrusi virtualmente in tutti i tipi di estrusori per termoplastici. Filiere rastremate e lucidate producono i migliori risultati. Dato che i compound SBS esibiscono rigonfiamenti inferiori

rispetto alle poliolefine, la lunghezza della matrice della filiera è meno critica.

Il profilo di temperatura per i materiali SBS Elifran, Dryflex e Vitaprene in fase di estrusione è compreso fra 150 e 205°C, tale profilo di temperatura consente di raggiungere la massima produttività. La massima temperatura ammessa è 205°C.

Un profilo di temperatura invertito può essere utilizzato se si desidera un elevato livello di omogeneità del fuso o se si è in presenza di forti pulsazioni. Questo profilo consente produttività più basse.

A causa del blocco molecolare intermedio insaturo del SBS, l'estrusione ad elevate temperature e/o ad elevate velocità/shear rates può condurre a degradazione, con conseguente perdita di caratteristiche meccaniche. La degradazione dei materiali Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS porta ad ottenere un materiale con un peso molecolare più basso il quale non presenta tossicità alcuna.

### 2.2.1 Configurazione della vite

Il profilo vite consigliato ha un rapporto di compressione basso, la sezione di fusione ha filetti non troppo profondi ed il rapporto lunghezza/diametro (L/D) è >20:1.

Tabella 3 mostra una tipica configurazione di vite per gli Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS.

I compound Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS possono mostrare tendenza alla solidificazione durante l'attraversamento di lunghi canotti di raccordo posti fra cilindro e filiera; tale fatto può portare a irregolarità di superficie del profilo estruso.

Per questo motivo si suggerisce di ridurre al minimo i percorsi di raccordo esistenti fra cilindro e filiera.

**Tabella 3 Configurazioni vite tipiche per l'estrusione di materiali a base di SBS  
Elifran, Dryflex e Vitaprene (diametro vite circa 90 mm)**

Parametri	Singolo stadio	Doppio stadio
Rapporto Lunghezza/Diametro (L/D)	24:1	24:1
<b>Sezione 1 - Zona di alimentazione</b>		
Profondità cresta, mm	11,4	12,7
Numero di creste	9	6
<b>Sezione 1 - Zona di compressione</b>		
Numero di creste	8	4
<b>Sezione 1 - Zona di fusione</b>		
Profondità cresta, mm	4,6	3,5
Numero di creste	7	4
Rapporto di compressione	2,5:1	2,5:1
<b>Sezione 2 - Zona di alimentazione</b>		
Profondità cresta, mm	-	15,6
Numero di creste	-	4
<b>Sezione 2 - Zona di compressione</b>		
Numero di creste	-	1,5
<b>Sezione 2 - Zona di fusione</b>		
Profondità cresta, mm	-	5,3
Numero di creste	-	4,5
Rapporto di compressione	-	2,95:1

### 2.2.2 Altri dispositivi

Unità di calibrazione e raccolta tipicamente utilizzate per altri termoplastici sono idonee anche per i compound Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS. Nell'estrusione di lastre, la temperatura dei rulli di calibrazione e traino è tipicamente compresa fra 65 e 80°C al fine di ridurre l'appiccicosità.

A seguito della natura elastomerica e flessibile dei materiali Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS, si possono manifestare effetti di orientamento. Siccome l'orientamento è una conseguenza tipica dello stiro, sono da evitare eccessive velocità di stiro soprattutto a basse temperature.

### 2.2.3 Produttività

Con i compound Elifran, Dryflex e Vitaprene a base di SBS, normalmente si ottengono produttività più elevate rispetto a quelle calcolate in fase di progettazione della vite. Questo è una conseguenza del elevato coefficiente d'attrito che questi materiali sviluppano sul metallo. Una volta fissata la dimensione dell'estrusore, la relazione fra portata e velocità della vite è lineare. Un estrusore di circa 90mm può produrre 90 kg/h a 30 rpm e circa 220 kg/h a 70 rpm.