

押出機單螺桿設計

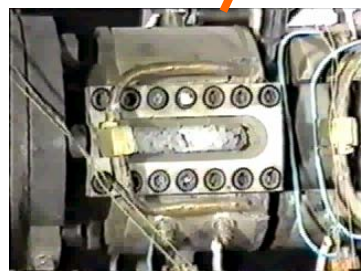
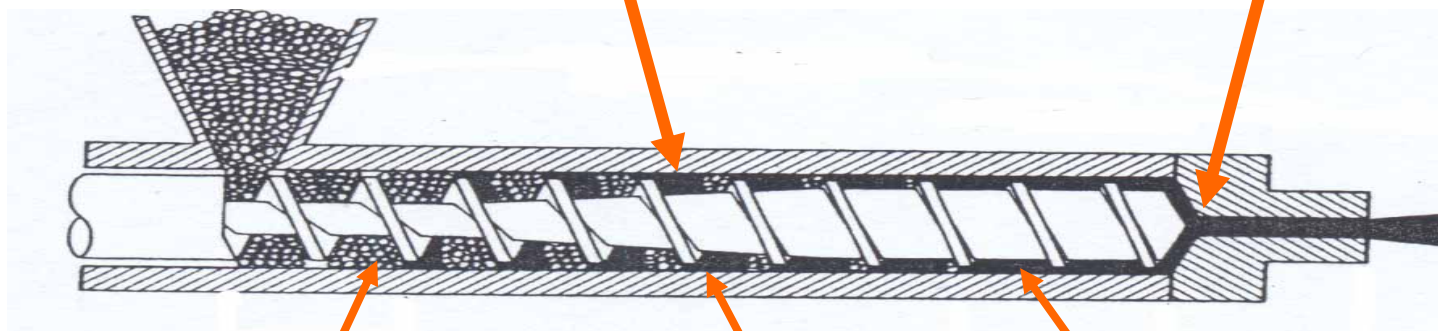
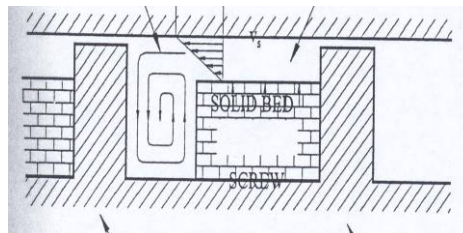
國立高雄應用科技大學

模具工程系塑膠精密加工研究室

黃俊欽 教授

押出機螺桿說明

- 完全熔化
- 混合均勻
- 壓力足夠
- 溫度適當



固體輸送區

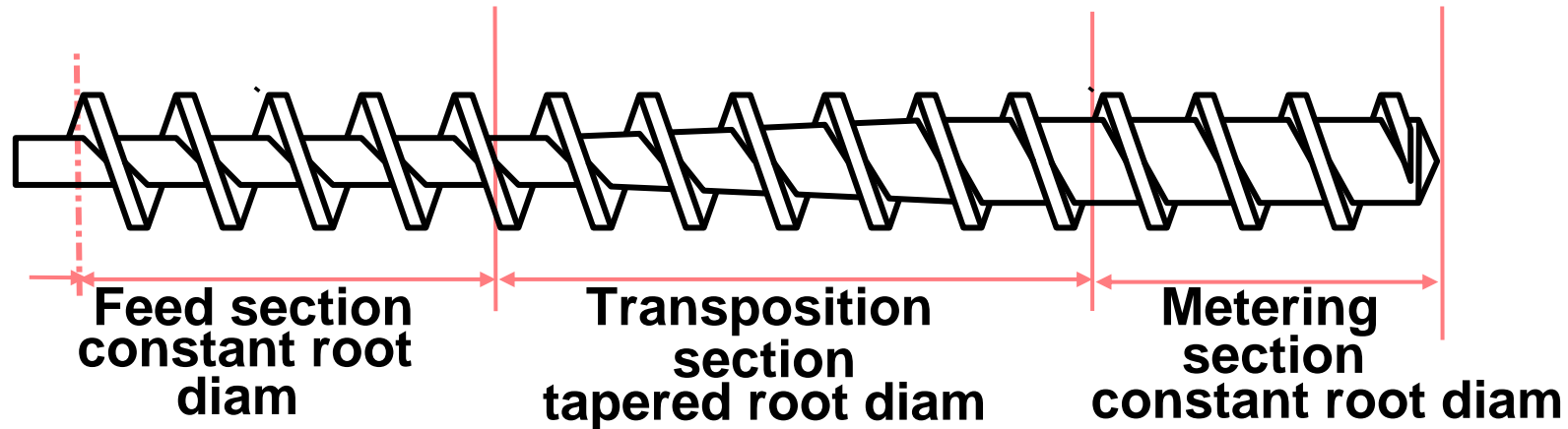


熔化區



計量區

單軸押出機的標準型螺桿構造



- 總長約 $20D-30D$
- 固體輸送區 $4D-8D$
- 熔融傳送區 $6D-10D$
- 螺牙數 $N=1$
- 螺旋角 17.66° ，螺桿導程(pitch) $T=D$
- 螺牙頂部法向寬度 $e=0.1D$
- 固體輸送區溝深 $H_f=0.1D-0.15D$
- 壓縮比 $H_f/H_m=2-4$

標準型螺桿構造

- **供給段**: 主要功能是将藉由重力落入此一區域的塑料顆粒擠成成固體床並以塞狀向前移動，其主要的驅動力是塑料與套筒內側表面的摩擦力(F1)及塑料與螺桿表面的摩擦力(F2)之差(即F1-F2)，當F1愈大於F2，則輸送能力就愈高。
- **熔化區(melting zone)**：此段區域稱為熔化區，其功能主要是藉由摩擦熱及套筒加熱將固體塑料熔化。熔化區的長度取決於塑料熔化的速度一般而言，較長的熔化區有較佳的排氣及混煉效果。
- **計量區(metering zone)**：主要功能是促進熔融物的混合及增壓效果。轉速增加時塑料的剪切效果提高，亦有可能導致溫度過熱或剪應力超過臨界值。

螺桿各區的類型

- 進料區
- 熔融區
- 計量區
- 魚雷區
- 混合區
- 特殊的幾何結構

進料段

- 在機筒壁的熔融應開始於餵料段的結束位置。
- 在進入熔融區時，應有**20~25%**的固體熔融
- 由於螺桿末端的回流使進料段壓力會逐漸增加
- 在進料段，固體被壓縮成固體床，固體之間無相對運動，以塞狀流方式經由溝槽向前移動
- 進料段應滿足下列條件
 - 物料的流動阻力應愈低愈好
 - 固體輸送最好能不受背壓影響
 - 有效輸送，能有助於增高壓力

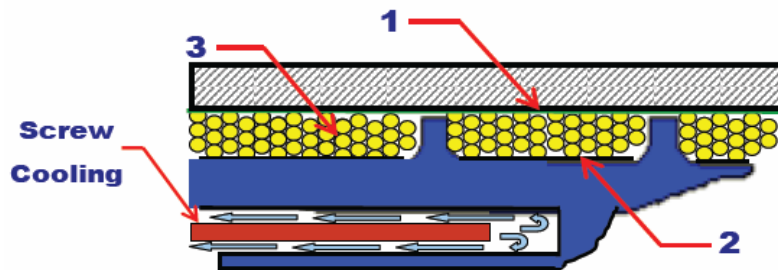
- 主要是將藉由重力落入此一區域的塑料顆粒擠成固體床並以塞狀向前移動，其主要的驅動力是塑料與套筒內側表面的摩擦力(F1)及塑料與螺桿表面的摩擦力(F2)之差(即F1-F2)，當F1愈大於F2，則輸送能力就愈高。

- 提高塑料與料筒之間的摩擦係數的方法

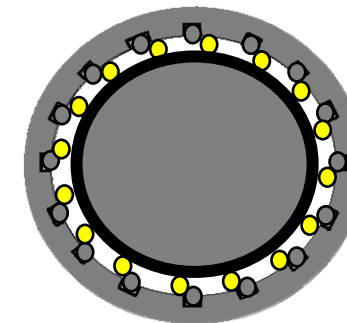
- 使用較粗的料筒表面，例如在進料段將料筒表面刻溝
- 在漏斗下方對料筒進行冷卻，避免在進料區，塑料在料筒表面熔化。

- 降低塑料與螺桿之間的摩擦係數的方法

- 例如螺桿表面拋光處理，螺桿內部進行冷卻



1. Pellet to the barrel wall
2. Pellet to the root of the screw
3. Pellet to Pellet



Grooved barrel

進料區的機筒

■ 平滑機筒

- 進料段由深螺紋溝所構成，螺距與底徑不變，螺距和溝深是設計參數。

■ 刻溝機筒

- 進料段由淺螺紋溝所構成，螺距與底徑不變。
- 在相同溝深下，刻溝機筒比平滑機筒會有更高的產量，因此溝槽面下游的進料段也必須相應變得更淺，才能有適當的比產量。
- 溝槽面末端有一減壓區，可使熔融過程的起始流速降低，避免衝潰固體床。
- 螺距和溝深是設計參數。

進料段刻溝的螺桿型式

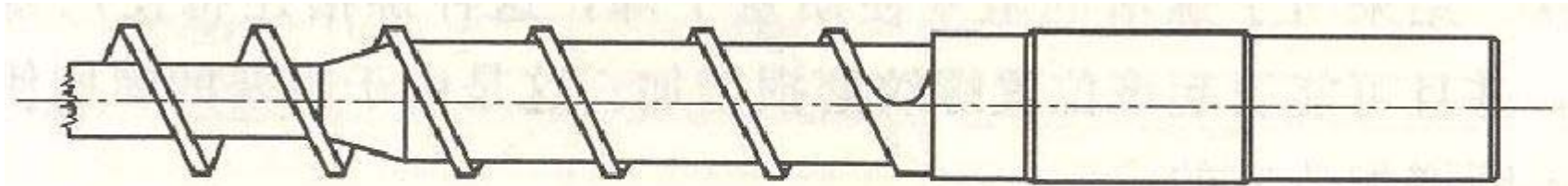


图 3.51 沟面机筒挤出机

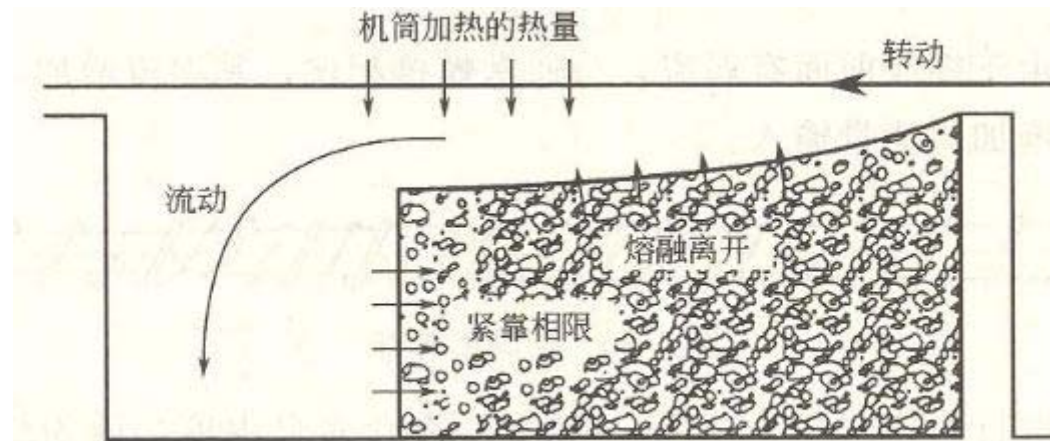


图 3.53 过渡区熔融模型

熔融區

- 熔融區的設計應滿足：
 - 在短的熔融長度內完成所需產量的完全熔融
 - 固體床的空氣應向後經料斗排出
 - 熔融過程應避免塑料固體床被破壞(崩潰)
 - 輸送過程應能克服壓力梯度，並有助於繼續增高壓力。
- 有傳統型、障壁型、分散熔融型

傳統型

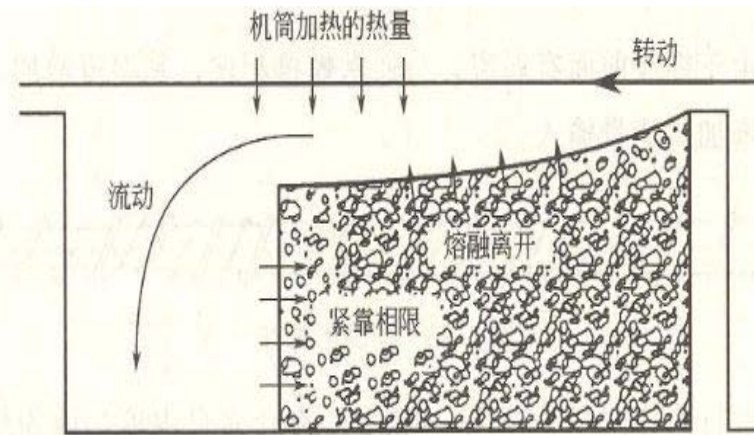
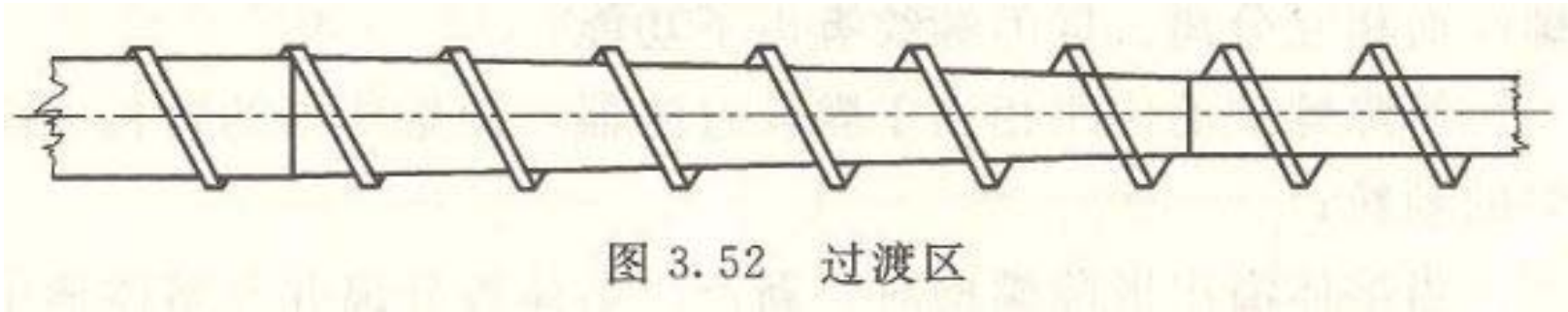
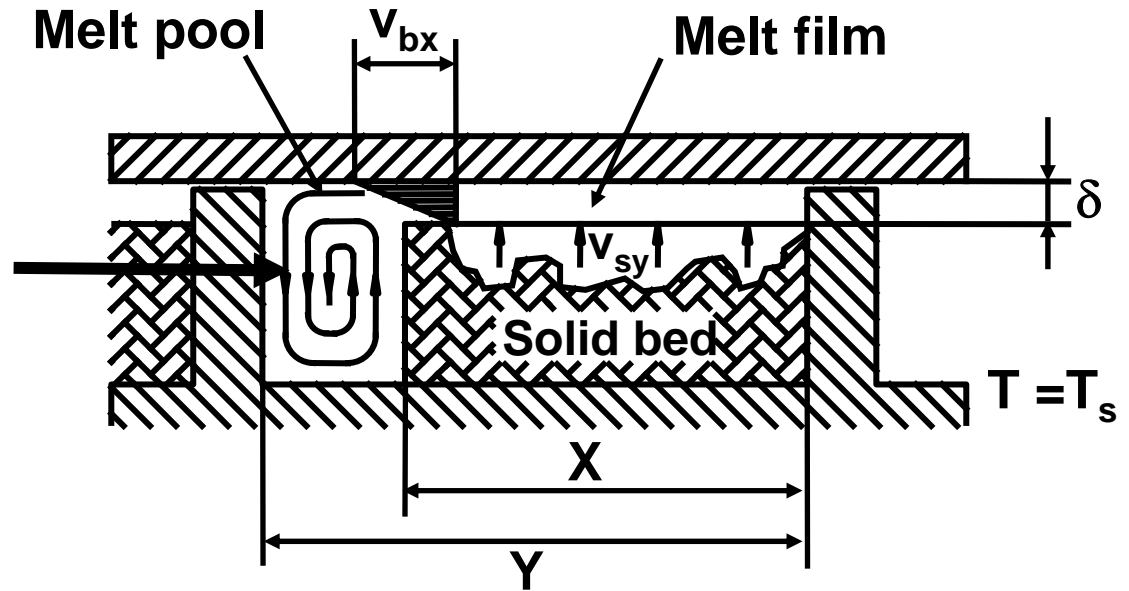


图 3.53 过渡区熔融模型

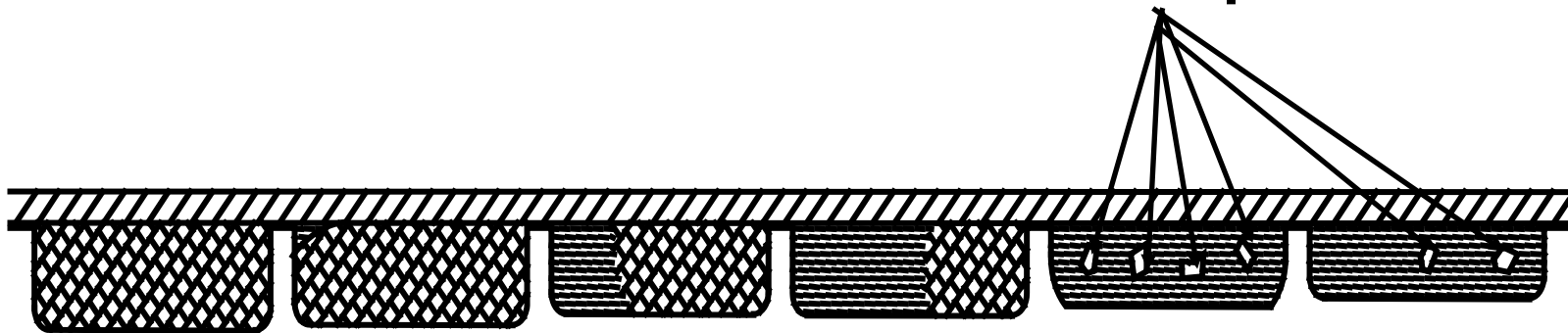


傳統型的問題

熔膠衝擊固體床造成崩潰形成懸浮膠粒造成gel產生



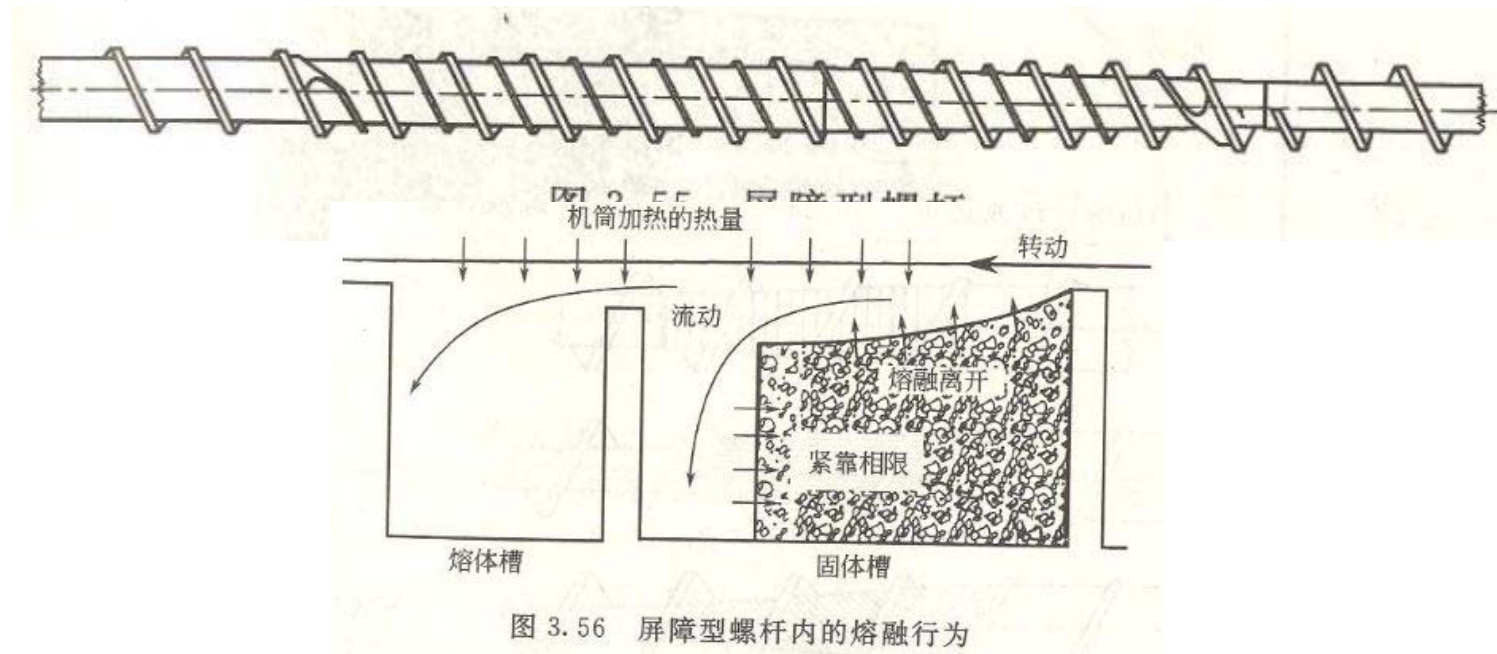
Unmelted particles



障壁型

■ 障壁型有下列功能：

- 障壁螺牙的功能類似過濾器，可使熔體槽內沒有未熔的固體顆粒。
- 新產生的熔體注入熔體槽內，應能均質化
- 熔體在螺紋面有更多的亂流，故可以獲得更多的能量輸入。



障壁螺桿 (Barrier Screw)

優點 Advantages:

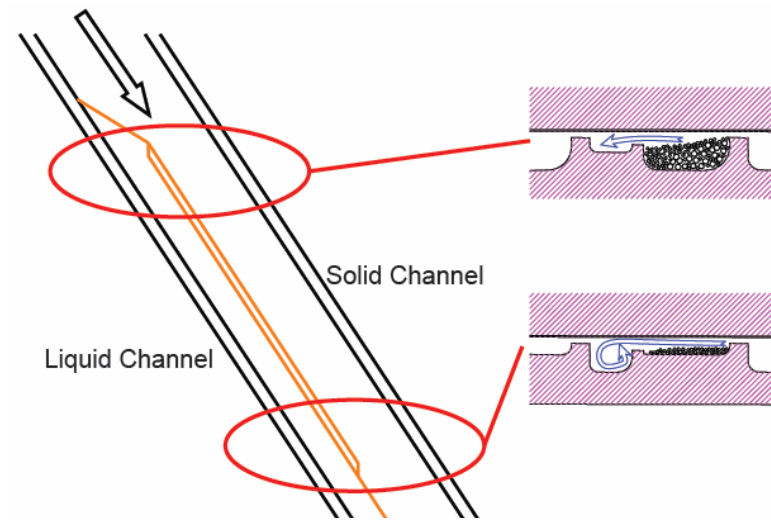
- **Better melting**(較好的熔化效果)
- **Higher process stability**(製程的穩定性較高)
- **Higher pressure**(壓力較高，有利於塑化)

A screw with constant solid bed width is better than a Maillefer type screw.

缺點 Disadvantages:

- **Designed for one material only**(對塑料有獨特性)

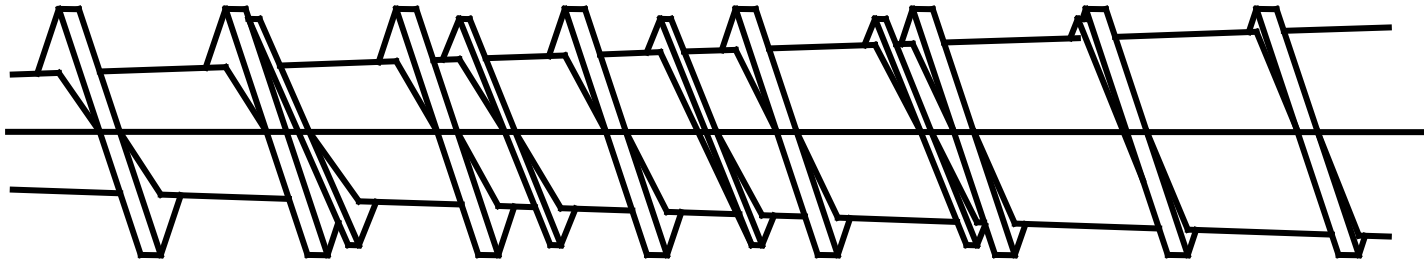
Efficient™ Screw



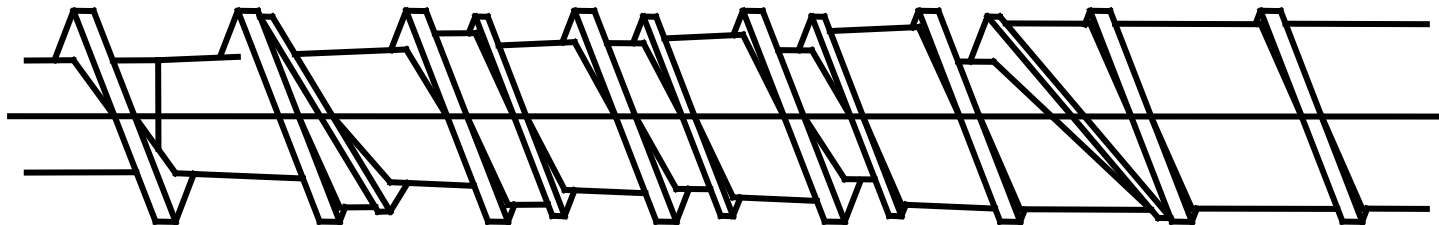
- Smooth bore extrusion
- ABS, PC, PET, FPVC
- Good Control of melt temperature

多牙(障壁)式的螺桿

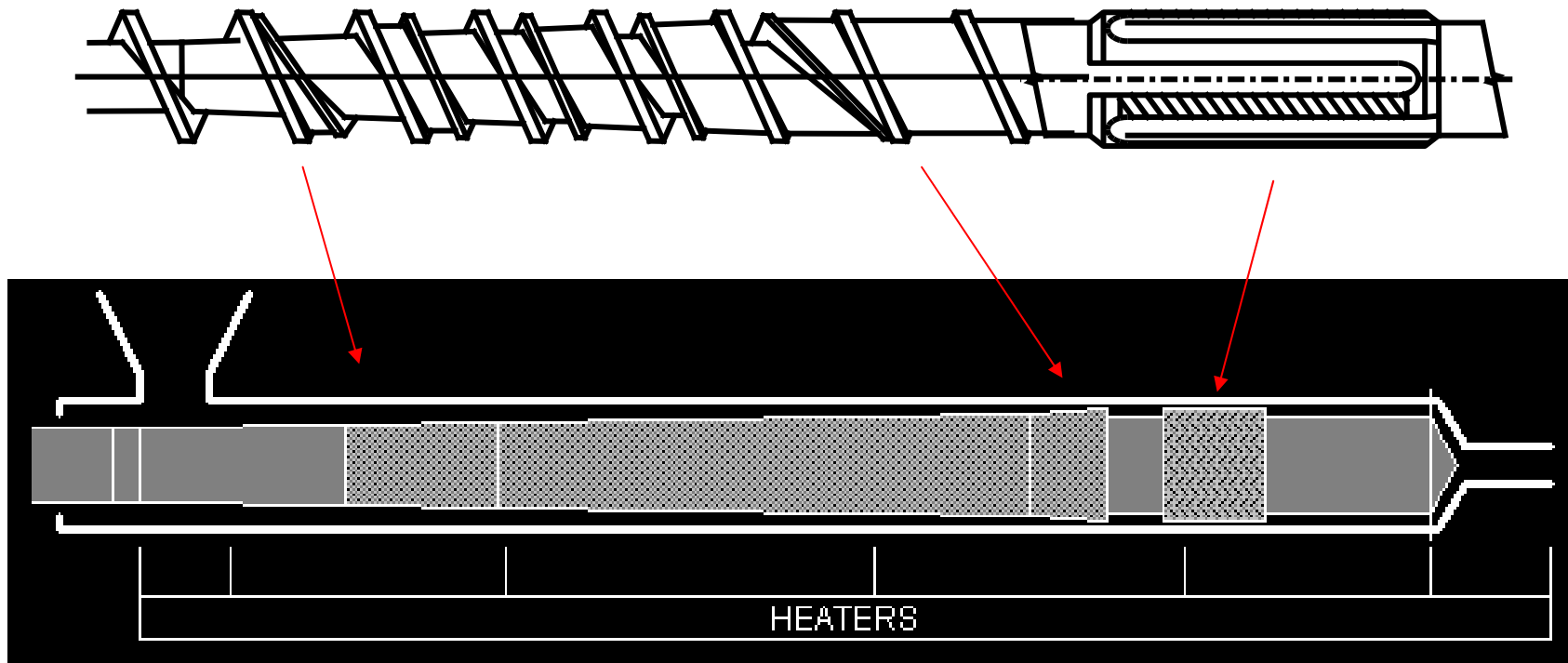
Maillefer Screw



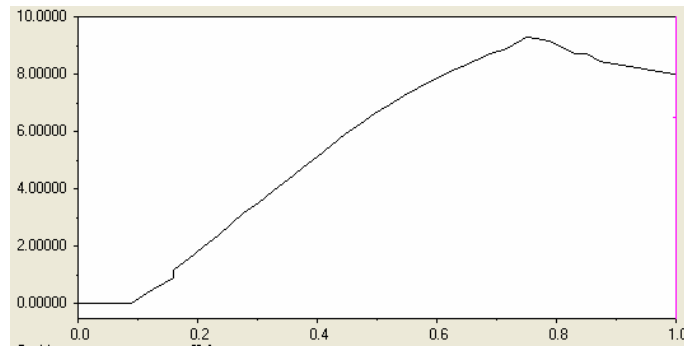
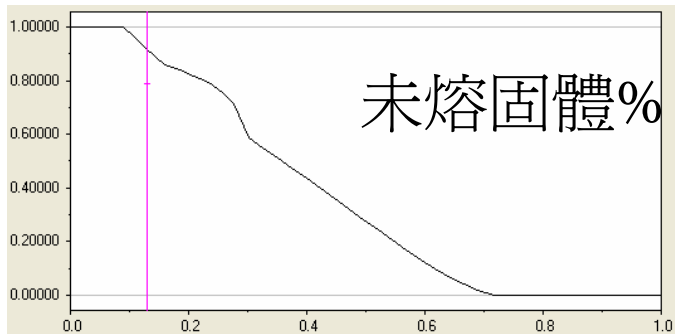
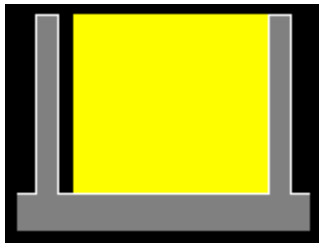
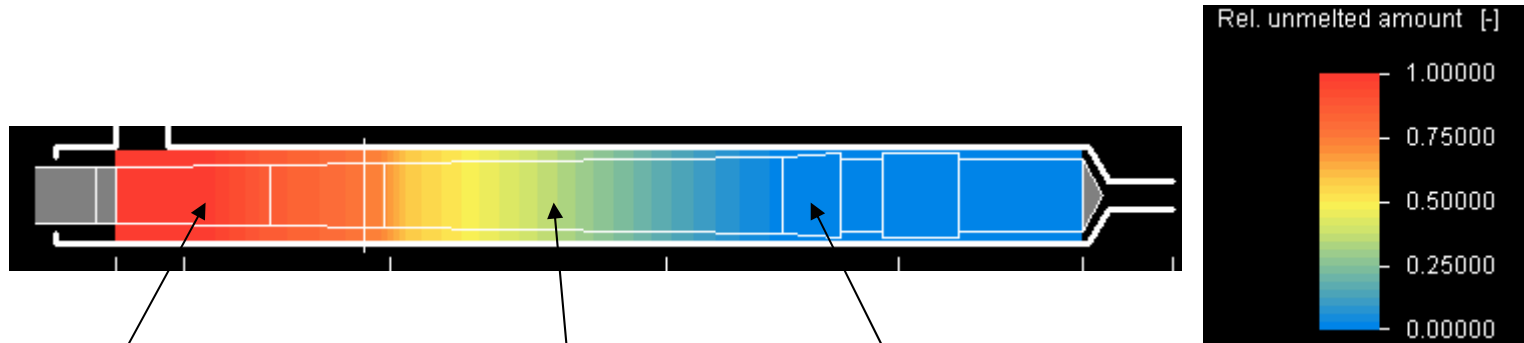
Barr Screw



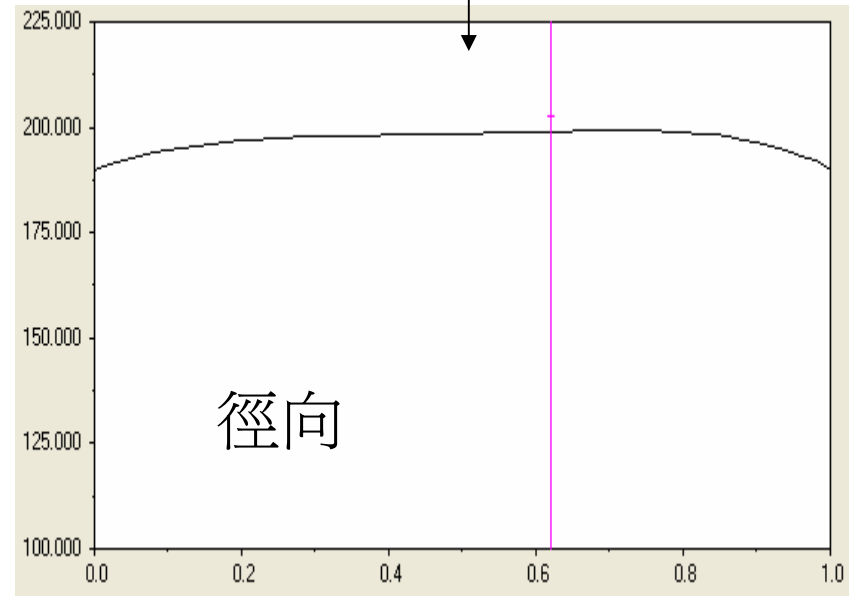
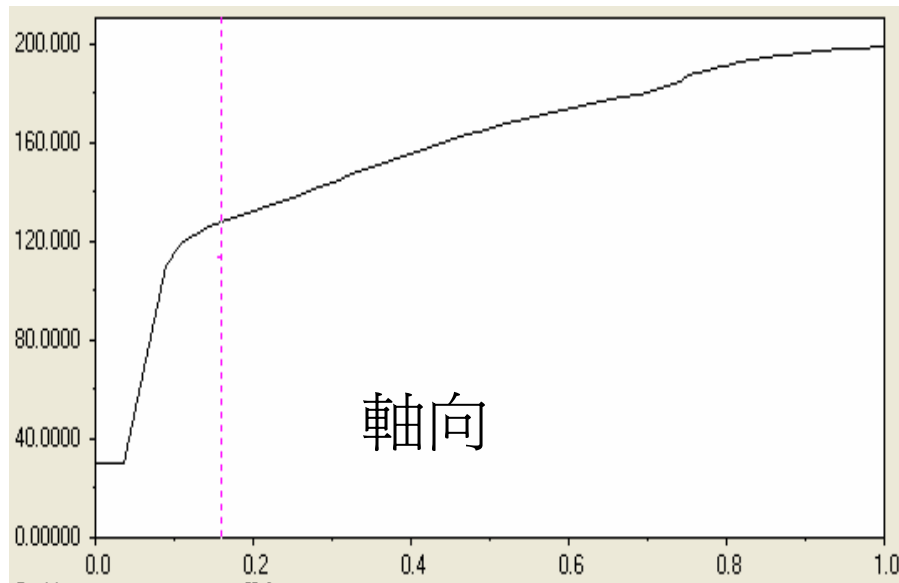
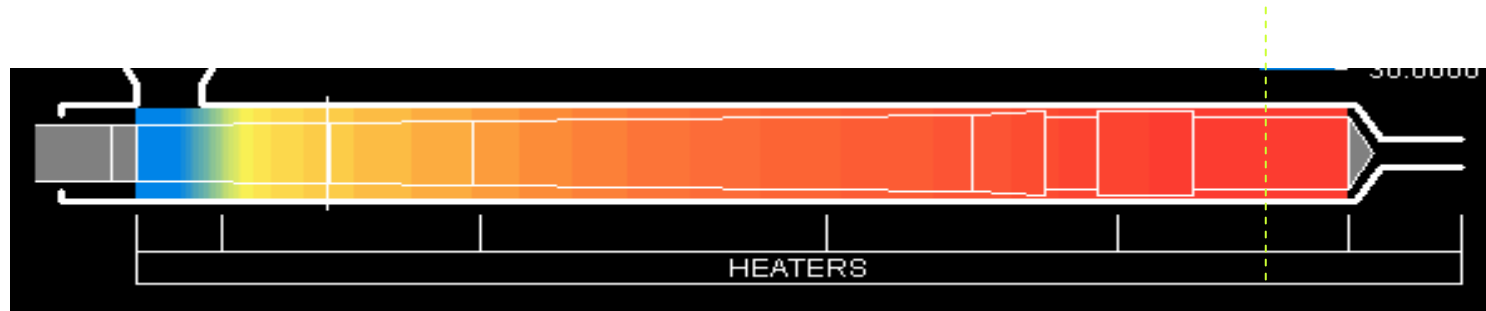
Barr Screw



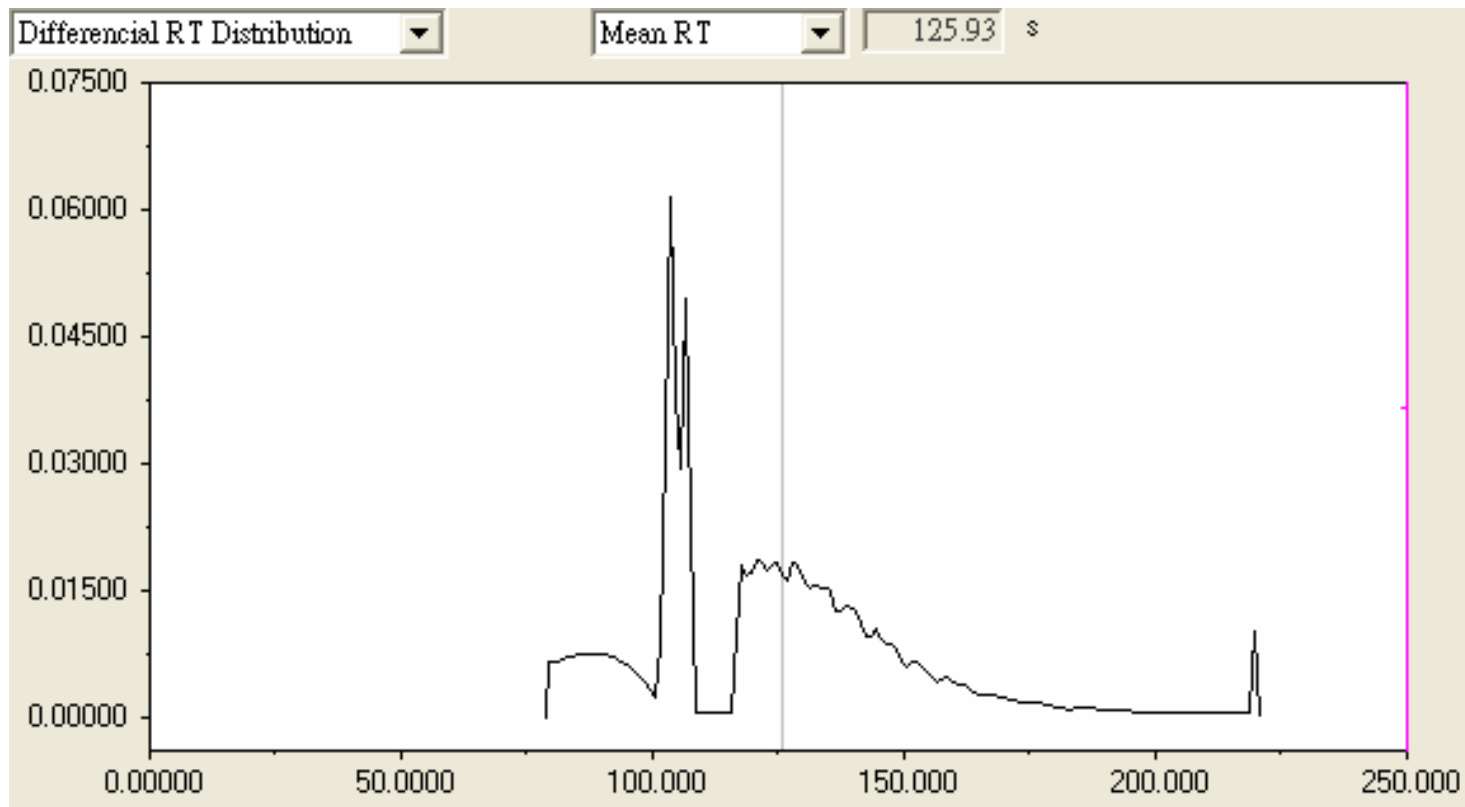
螺桿實例分析



溫度分佈



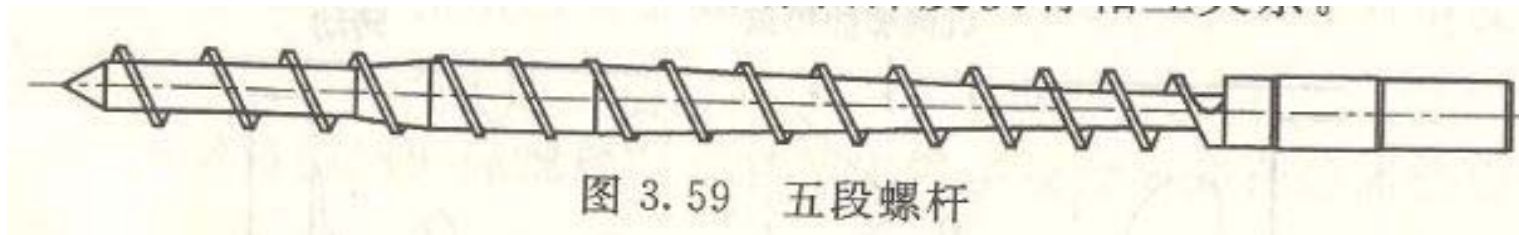
滯留時間分佈



計量區

■計量區的設計應滿足：

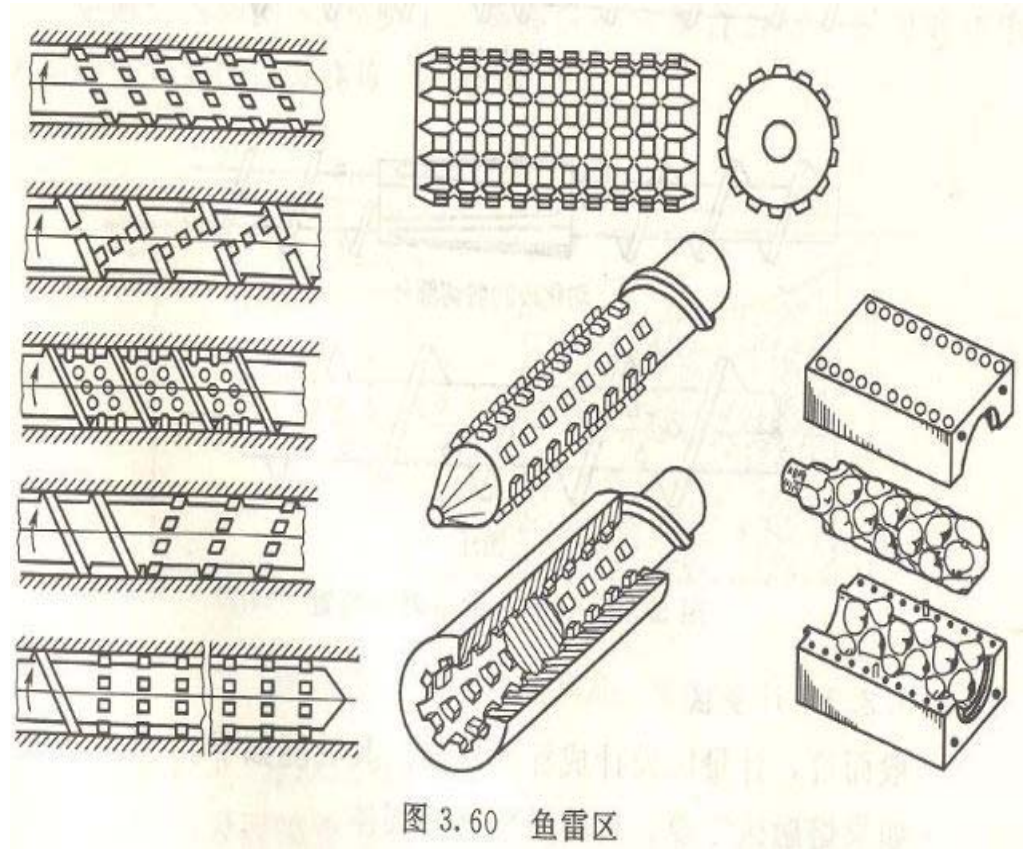
- 可進一步熔融未熔的固體
- 將熔體均質化，亦可交由後續的混合段來達到。
- 增壓和輸送熔體，要有長時間穩定輸送的能力，以及平衡前段壓力梯度變化造成的輸送波動。



魚雷區(分配型混合元件)

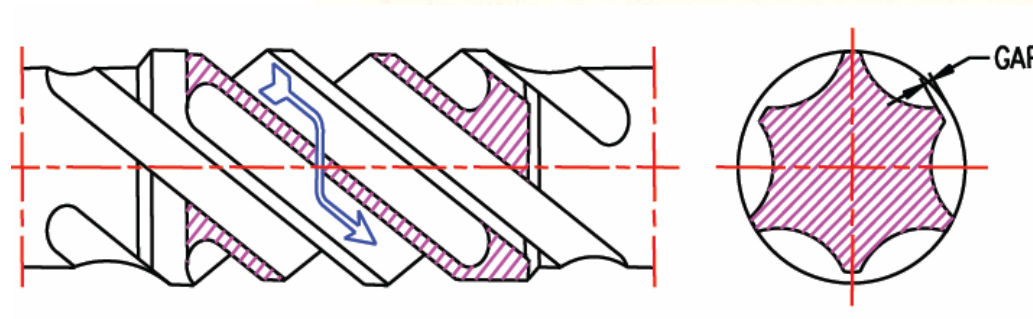
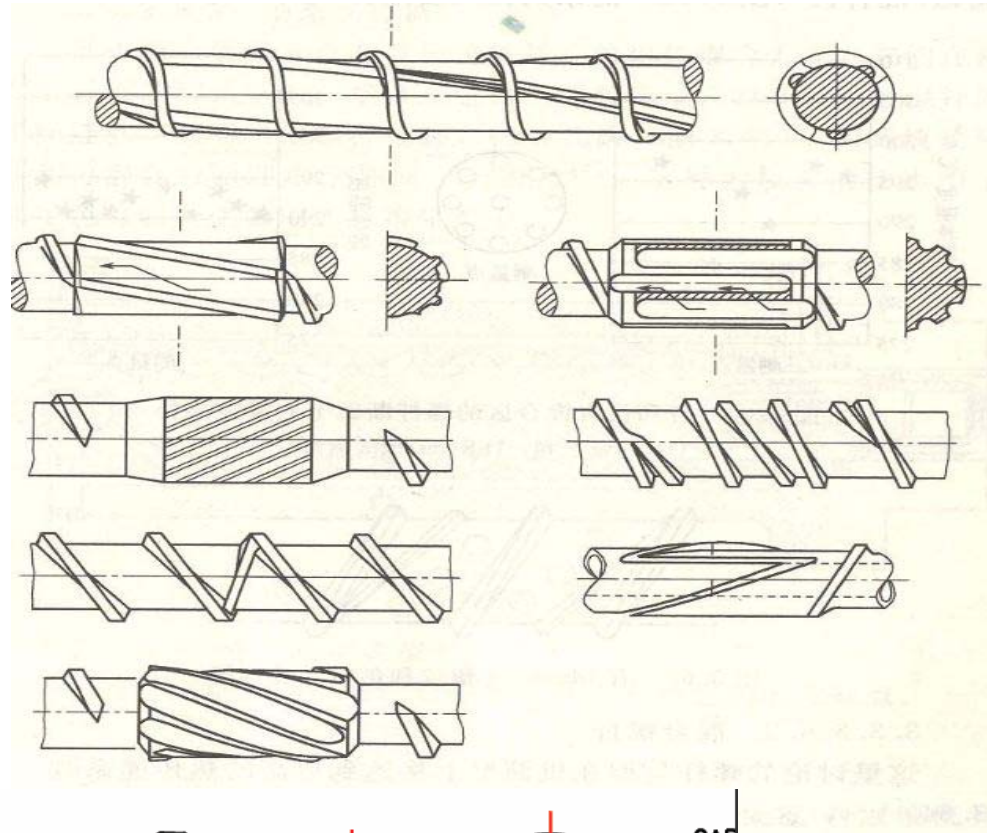
■ 魚雷區的設計應滿足：

- 使熔體在較短的駐留時間內，能獲得局部高的剪切作用。使充填物充份分散，而窄縫區的作用像過濾器，可使未熔的顆粒回流。
- 一般位於螺桿末端或混合區之後。



混合區(分散型混合元件)

- 將熔體分開在混合，在經過中斷結構時，獲得高剪切，可使熔體的熱均質性和力學均質性得到改善。



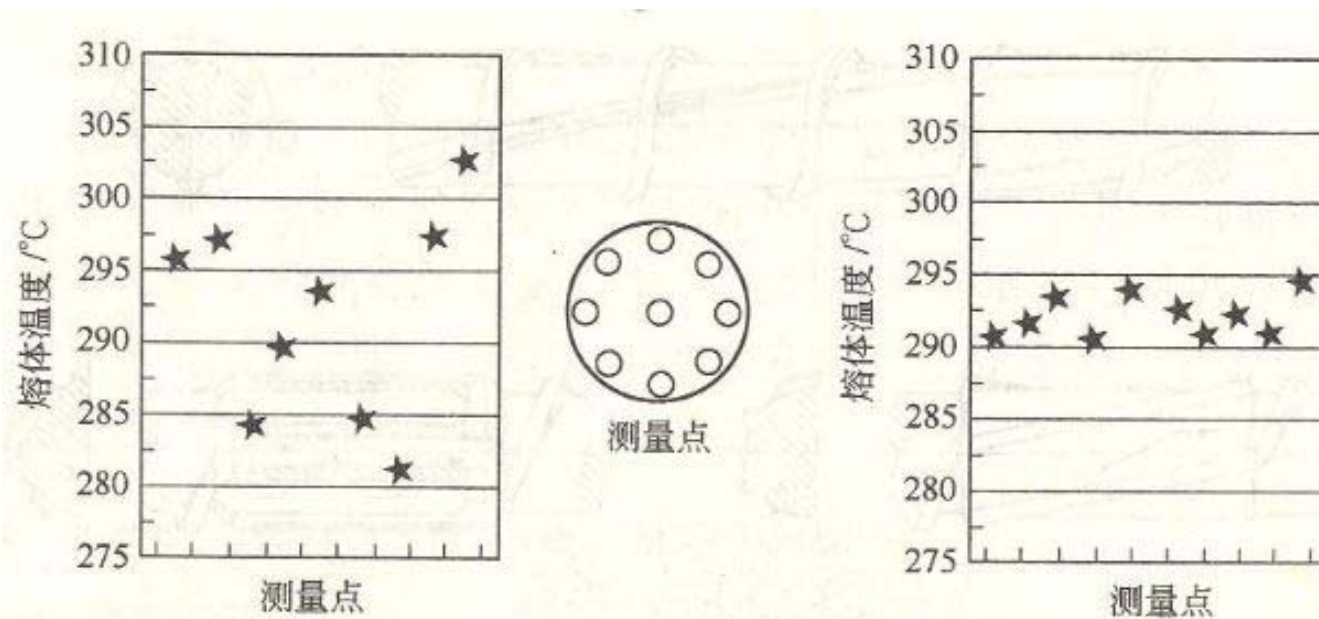


图 3.62 有和没有混合区的螺杆断面上的温度差异
(Barmag 公司, D-Remscheid 测量)

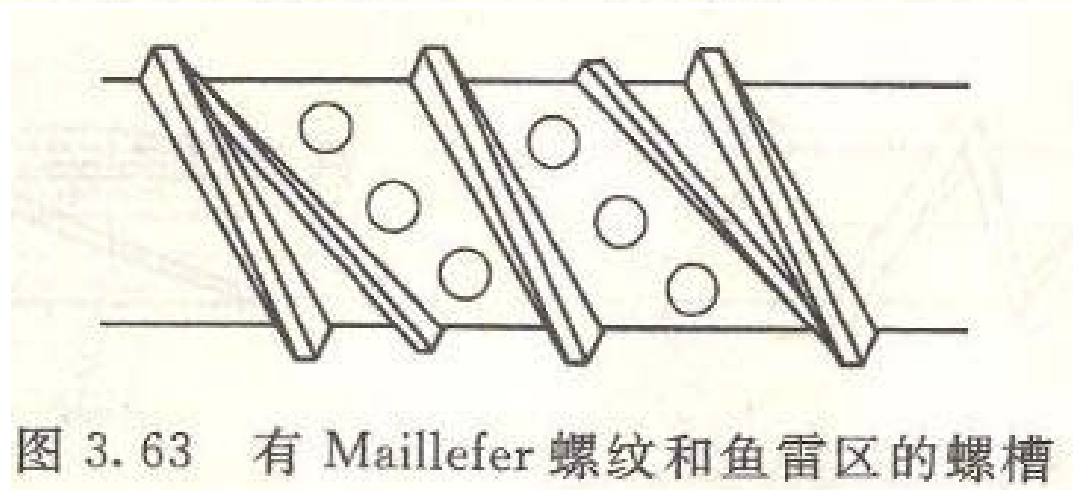


图 3.63 有 Maillifer 螺纹和鱼雷区的螺槽

特殊的幾何結構

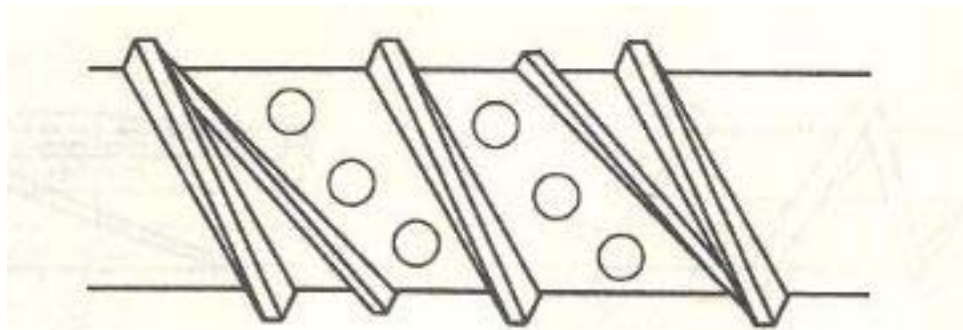


图 3.63 有 Maillifer 螺紋和魚雷區的螺槽

熔體的亂流效應使其在機筒壁上得到更高的熱傳係數，有更好的能量傳遞和混合效果。

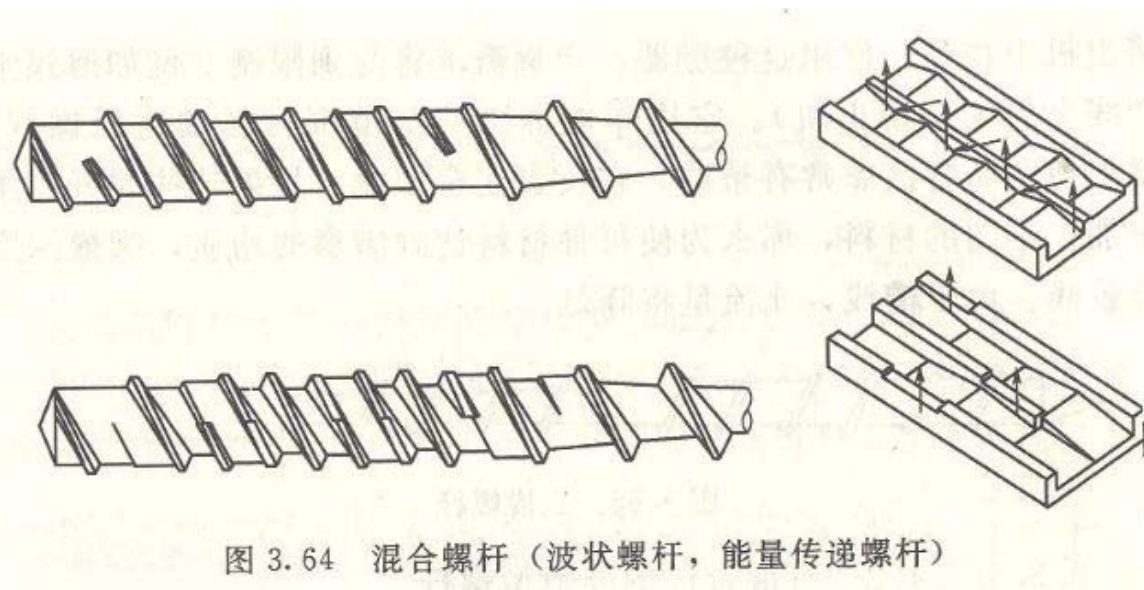


图 3.64 混合螺桿（波狀螺桿，能量傳遞螺桿）

標準三段式

- 屬於通用型螺桿，可加工較廣範圍的塑料
- 增加剪切魚雷區，可明顯提高塑化功能
- 為達到較廣的加工範圍，一般溝深的較淺，所以產能有限。



图 3.66 三段螺桿

有魚雷段的障壁螺桿

- 擠出中，有魚雷段的障壁螺桿會更好，障壁區內有高能量輸入，因此不須要混合段，而以魚雷區進行熔體的均質化。
- 下圖螺桿主要用於平滑機筒的平膜生產，而且只用於限定範圍內的塑料。



图 3.67 有混合段的屏障型螺杆

有魚雷段和混合段的螺桿

- 刻溝機筒面提高產能，利用進料段較淺的溝深調節所需要的比產量。
- 進料段後有一段較深的溝深，達到減壓目的。
- 利用魚雷段和混合段使熔體均質化。
- 其特點是即使在很高速度下，也可以具有恆定的比流量。
- 適用於聚烯類的吹膜、吹塑、擠管生產線。

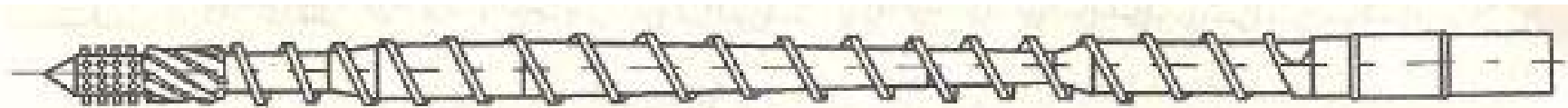


图 3.68 有鱼雷区和混合段的螺杆，用于沟面机筒式挤出机

- 平滑機筒，搭配有魚雷段和混合段的螺桿，可作各種用途。
- 藉由溝槽深度的調整，可應用於不同塑料的加工行爲，例如尼龍(PA)類應用淺溝螺桿。



图 3.69 有鱼雷区和混合段的五段螺杆

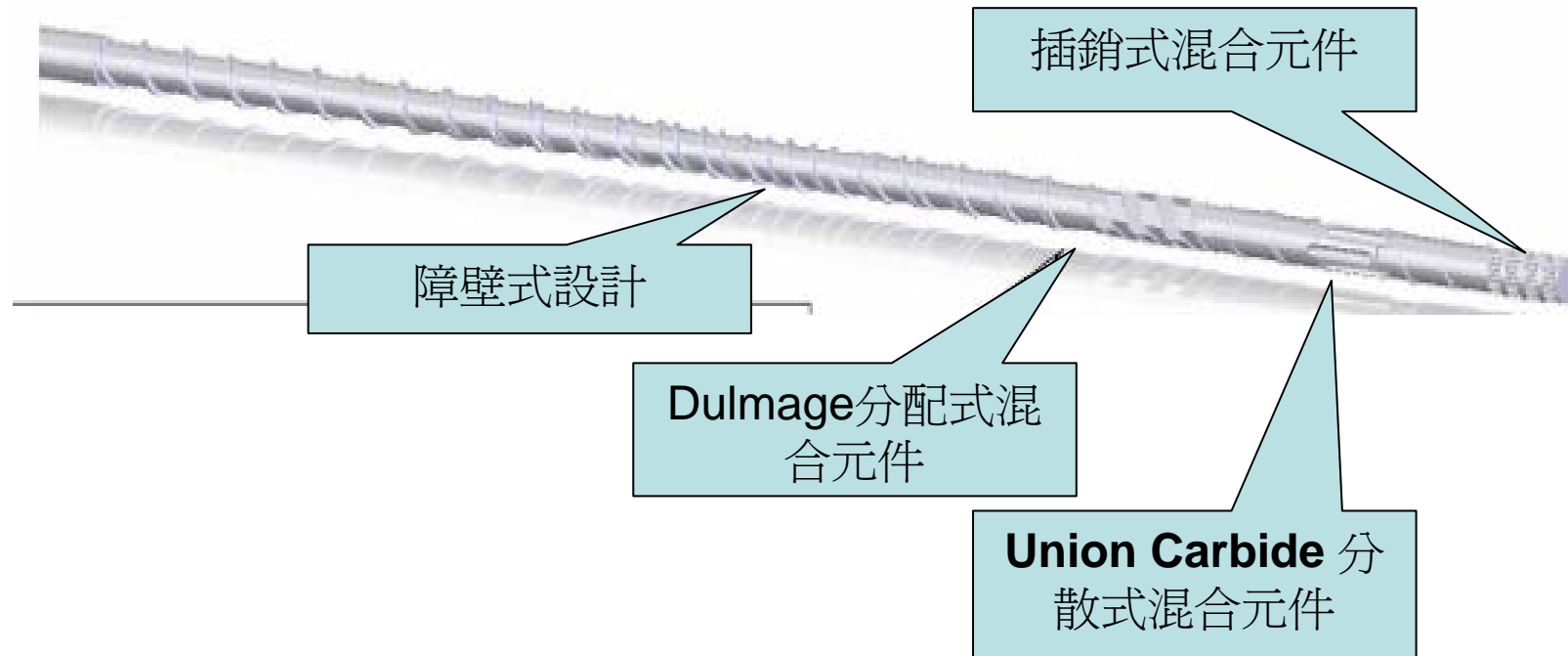
有魚雷段和混合段的障壁螺桿

- 在魚雷段和障壁段都有高的能量輸入，因此適合用於比產量高的情況。



图 3.70 适用于沟面机筒挤出机的有鱼雷区和混合段的屏障型螺杆

障壁式單螺桿加混合元件

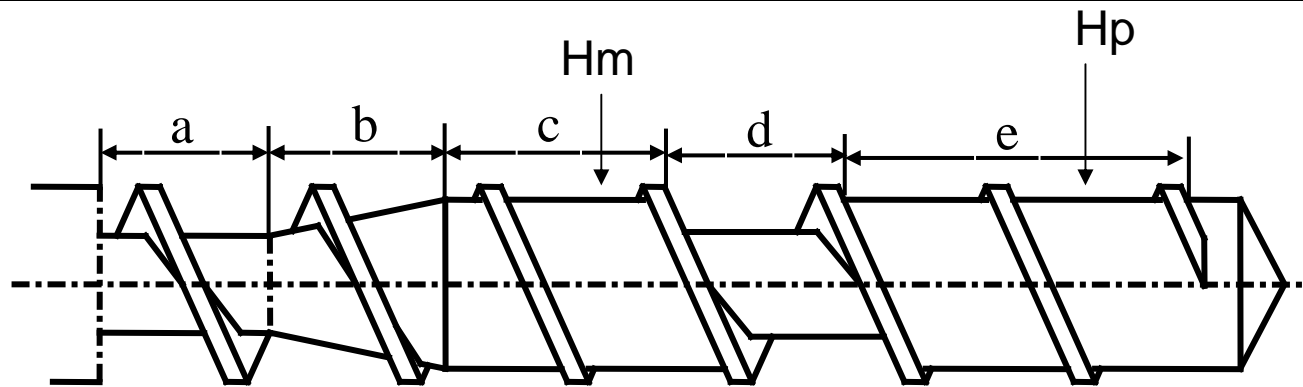
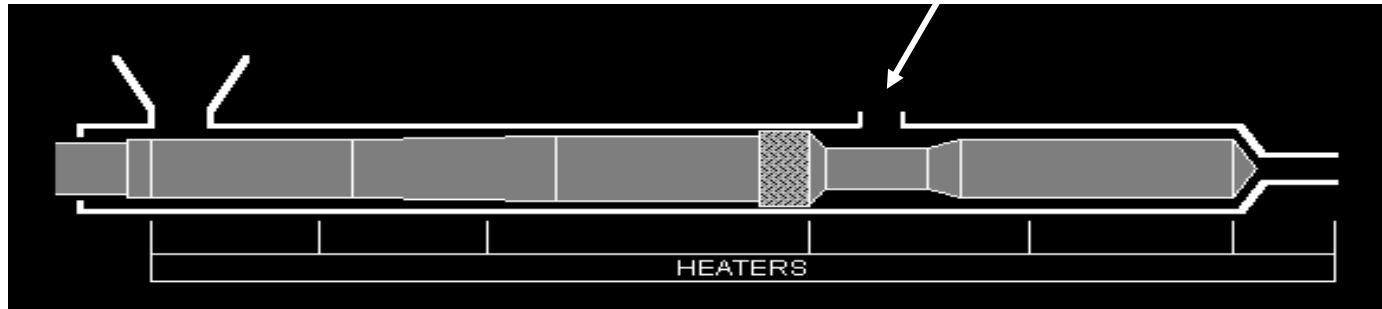


排氣式螺桿

- 包括熔融階段(第一段)及推送輸出階段(第二段)，第二段的輸送能力要大於第一段。兩段之間用限流環，來限制流量避免湧料。

排氣式押出螺桿

排氣孔



$$H_p = \frac{(n + 2)H_m}{(n + 1)}$$

- a - Feed section
- b - Compression section
- c - Metering section
- d - Extraction section
- e - Pump section

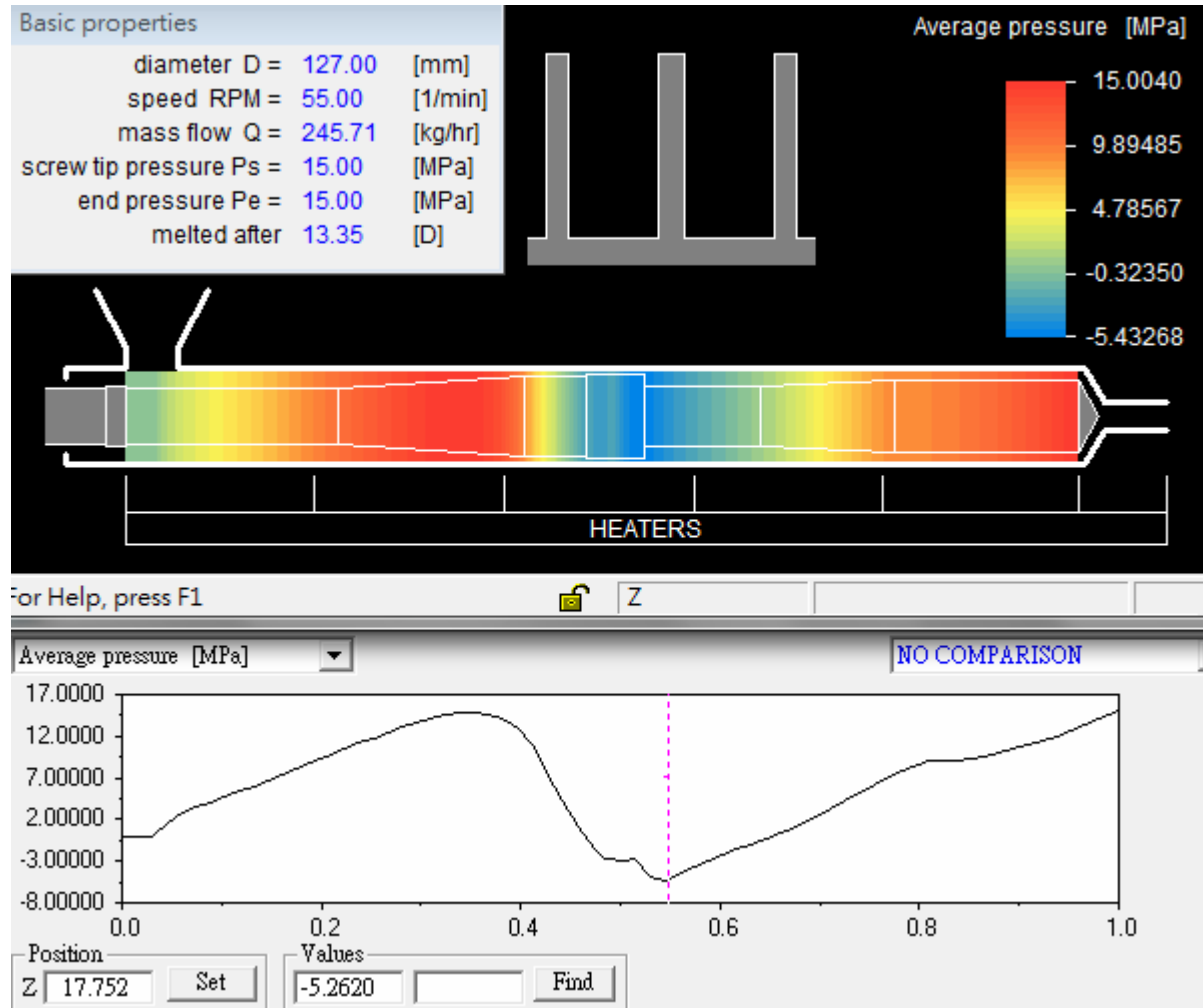
排氣式押出螺桿主要的應用領域

- a. 將單體或寡聚體移除(如PS,HDPE,PP)。
- b. 將聚合反應的副產品(如甲醇)移除(如 nylon,polyester)。
- c. 將參入的空氣移除。
- d. 將塑料所附的水氣移除。
- e. 移除揮發性的添加劑。

排氣式押出螺桿的設計重點

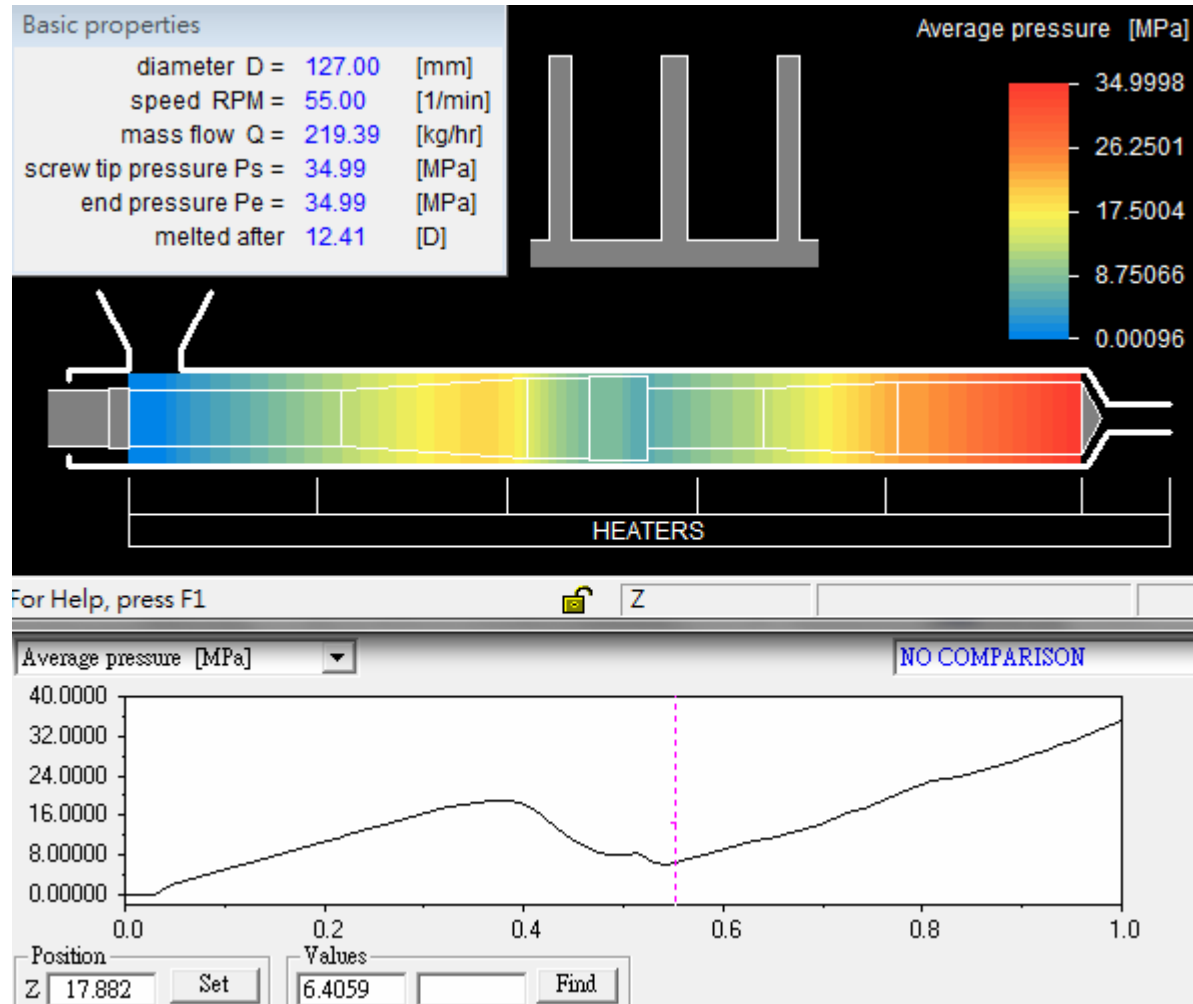
1. 在排氣口塑料壓力應為零，以避免塑料湧出。
2. 在排氣口塑料必須完全熔化，在熔融態下塑料可藉溫度提升來增加揮發物的擴散係數，使其迅速自熔融物內部擴散出來，而且塑料在熔融態時，其接觸表面的更新效果較佳，有利於脫氣程序。
3. 爲了確保pump section的輸送能力大過計量段，在pump section的溝深(Hp)必須加大。若pump section 的溝深太大，會因塑料未填滿而導致壓力升不起來，若溝深太小，可能會使塑料無法進入pump section 而從脫氣孔湧出。當轉速增加時，即剪切率大，來自計量段的流量大致與轉速成正比例增加，但pump section的輸送能力卻不及轉速的比例，因此常會使塑料由脫氣孔湧出，而造成增壓效果不佳，這種現象隨n值的下降會更明顯增加。

背壓過低時的情況



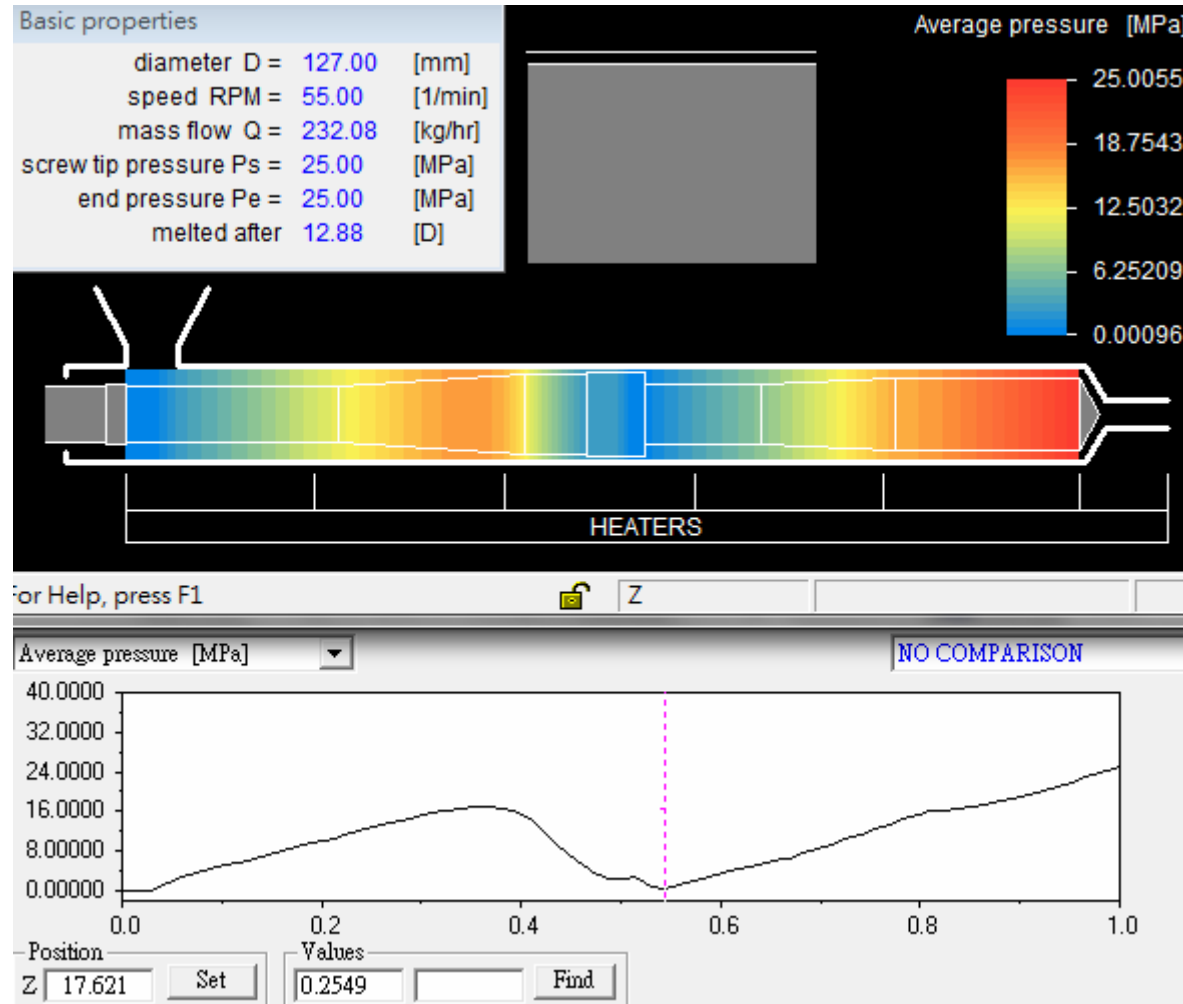
背壓過低，造成排氣段壓力為負值，表示第二段的輸送能力大於第一段的輸送能力，第一段的輸送量不足以供應第二段之所需。兩段的輸送能力不一致，容易造成輸出量的不穩定。

背壓過高時的情況



背壓過高，造成排氣段壓力為正值且過高，表示第二段的輸送能力小於第一段的輸送能力，熔膠會從排氣孔湧出。兩段的輸送能力不一致，容易造成輸出量的不穩定。

背壓適當時的情況



背壓適當，排氣段壓力為大氣壓（約0~0.5MPa），表示第一段的輸送能力與第二段的輸送能力一致。兩段的輸送能力一致，輸出量會比較穩定，此時輸出量為232kg/hr。

THE END