

塑膠模具製造能力本位訓練教材 模具材料分類與特性認識

編號：PMT-PIM0205

編著者：陳永泉

審稿者：湯誌龍、許建育、陳炳明

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMT-PIM0205 學習指引

當你學習本單元前，你必須熟悉下列之相關知識：金屬及合金之定義、通性、金屬材料之性質及試驗、工具鋼與特殊鋼之特性等，同時必須瞭解模具材料的定義，假如自認無法勝任，則請按下列之指示進行學習：

- (1)你全部無法勝任上列之工作，請將本教材放回原位，並取出編號 **PMT-DIE0501** 教材開始學習，或請教你的老師。
- (2)你會金屬及合金之定義、通性與金屬材料之性質及試驗，而不會其他的，則請從編號 **PMT-DIE0502** 教材開始學，或去請教你的老師。
- (3)你會上列之知識但不懂工具鋼與特殊鋼之特性，則從編號 **PMT-DIE0504** 開始學，或去請教你的老師。

引言

設計塑膠模具必須先考慮模具材料，而模具材料種類繁多，能夠清楚的認識材料定義及種類，才能選用最經濟與最適當材料，而模具材料選擇的因素則有下列幾點：

- (1) 生產數量。
- (2) 成形材料。
- (3) 成品精度與表面光度。
- (4) 模具組合件之形狀。
- (5) 模具品質之要求。

表一 模具材料、生產數量與成形材料之關係

成形材料 生產數量(件)	熱可塑性塑膠	熱可塑性塑膠(混玻璃纖) 熱硬化性塑膠
一萬	S55C	S55C
		預硬鋼
十萬	預硬鋼	S55C
		SKD-11 (SKD-12)
三十萬	SKD-11	SKH-51

定義

合金鋼(alloy steel)：乃是在碳鋼中除碳以外，尚添加一種或一種以上之特殊元素，以改善碳鋼之性質，適合各種不同的用途。又稱特殊鋼(special steel)，而添加特殊元素有 Ni、Mn、Cr、W、Si、Mo、V、Co、Al、Ti 等元素。而在碳鋼中本身亦含有少量之合金元素，但這些元素含量不足以影響鋼之性質。

模具較常用之合金鋼有高速鋼(如 SKH-4)、熱模工具鋼(如 SKD-61)、特種冷模合金工具鋼(如 SKD-11)、鎳鉻鉬合金鋼(如 SNCM-8)等合金鋼。

學習目標

- 一、不使用參考資料，你能夠以自己的話正確說明模具材料之分類。
- 二、使用參考資料，你能夠按塑膠模具之各零件，正確選用模具材料種類。

|

學習活動

本講義之學習活動部份：

(1) 相關知識。

我們必須學習與模具材料有關之知識，你可以由下列之三條途徑中選擇一途徑去學習。

- 一、閱讀本教材之 P.5 至 P.17。
- 二、射出成形模具製作 白石順一朗著 復漢出版社印行 P.44~P.53 1980 年
- 三、閱讀模具技術資訊 台灣區模具工業同業公會刊物 P.30~P.38 1998 年 1 月

本教材的第一個學習目標是：

不使用參考資料，你能夠以自己的話正確說明模具材料之分類。

選用塑膠模具材料之原則

模具材料的選擇適當與否，對於模具的壽命、切削加工與熱處理等均有很大的影響。而模具對模具材料的要求，可由生產數量、加工設備等經濟因素來考慮，因此對模具材料所要求之一般注意事項如下：

- 一、容易取得。
- 二、切削加工性良好。
- 三、表面加工性優良。
- 四、硬度、耐腐蝕與耐磨耗性佳。
- 五、無針孔與其它雜質等內部缺陷。
- 六、熱處理與表面處理均容易，熱變形少。
- 七、焊接性良好。

塑膠模具材料之分類

一、模具材料的種類繁多，在此將工業界較常用的幾種材料作一分類：

(一) 一般構造用軋軋鋼材(SS)

一般構造用軋軋鋼材有 SS41、SS50，價格便宜且容易取得，但質軟多針孔，因此常用於強度、硬度要求不高的零件，不適用於模板材料。

(二) 機械構造用碳鋼(SC、SCK)

機械構造用碳鋼 S25C、S50C、S55C 等，價廉而容易取得，加工性亦佳。而 S25C 用於模具的承板、定位環、豎澆道、襯套、止動螺栓、支持件等，而少用於模板。S50C、S55C 原則上回火到硬度 HRc10~22，以增其加工性，為標準的模板材料。S9CK、S15CK 因含碳量少、質軟，經由表面滲碳處理，可淬火回火至 HRc46~58 的硬度使用，可用於滾齒材料。

(三) 碳工具鋼(SK)

碳工具鋼有 SK3、SK5、SK7 等，含碳量為 0.6% 以上的高碳鋼，其淬火硬度分別是：SK3、SK5 為 HRc50~60，SK7 為 HRc50~55，此類鋼材耐磨耗性優良，且價格較便宜的工具鋼，用於有滑動部份需高硬度和耐磨耗性的零件，如導銷、襯套、頂出銷、復歸銷等。

(四) 合金工具鋼 (SKS、SKD)

常用的合金工具鋼有 SKS2、SKS3、SKD11、SKD61 等。SKS2 與 SKS3 是碳工具鋼加鉻、鎢，以增加淬火性、耐磨耗性，用於特別要求硬度與耐磨性的成形模板，其硬度 HRc55~60。SKD11、SKD61 是添加釩取代 SKS 的鎢，其淬火性與耐磨耗性優於 SKS，且淬火應變小，其硬度 SKD11 為 HRc55~60，SKD61 為 HRc45~51，但 SKD61 的耐熱，韌性都優於 SKD11。

(五) 高速鋼 (SKH)

此處的高速鋼是指 SKH2 與 SKH3 的鎳鉻鋼，為碳鋼加鎳和鉻，增其韌性與淬火性，回火硬度為 22~30HRc，用於成形模板。

(六) 鎳鉻鉬鋼 (SNCM)

鎳鉻鉬鋼 SNCM2 是淬火性，耐磨耗性均好，尤其是強度、韌性特別好的鋼材，其用途與高速鋼相似。

(七) 鉻鉬鋼 (SCM)

鉻鉬鋼 SCM3、SCM4 是碳鋼加鉻、鉬的構造用鋼，其強度、韌性優於碳鋼，其價格較 SNCM 便宜。

(八) 鋁鉻鉬鋼 (SACM)

鋁鉻鉬鋼之 SACM1(其硬度約為 HRc 20~30)經氮化處理後(氮化層硬度約為 HRc 67)耐磨耗性很高，用於要求硬度和耐磨耗性的滑動部份，如頂出銷等。

(九) 高碳鉻軸承用鋼 (SUJ)

軸承用高碳鉻鋼(SUJ2)為軸承用的鋼材，耐磨耗性、淬火性佳，硬度約 HRc55~60，用於需要高硬度和耐磨耗性滑動部份。

(十) 不銹鋼 (SUS)

如 PVC 的塑料，需用耐蝕性高的模具材料，可以增加鉻量，減少碳量的不銹鋼 SUS 來製造，可增加耐蝕性。

(十一) 鈹銅合金

是一種可硬化型的銅合金，如表二所示，可以製造成各類塑模，但以射出模具使用最多。常用來製作形狀複雜的公模或母模。其製作的方法是將熔融的合金注入模型內，然後一直加壓直到冷卻為止。其優點為：

- 1、容易製作形狀複雜之金屬模型。例如複雜彎曲面模型之立體文字。
- 2、可增加成形效率，鈹銅合金之熱傳導比鋼大 2~3 倍。
- 3、優美之鑄造面，由於用“液體擦光”(fluid hydraulic honing)得優美表面之故，可省略加工次數。
- 4、容易獲得金屬模之補充。
- 5、適用於大量生產。
- 6、可縮短模型製造時間。

然而其缺點是：

7、材料單價偏高。

8、鑄造大小受限制(最大可鑄造約 300*300mm)。

表二 鈹銅合金之化學成份與機械性質

合金成份	鈹 Be%	鈷 Co%	矽 Si%	銅 Cu%	熔點	硬度	備註
20C 合金	1.90 ~2.15	0.35 ~0.65	0.20 ~0.35	餘量	863 ~971	HRc38~45	
275C 合金	2.50 ~2.75	0.35 ~0.65	0.20 ~0.35	餘量	885 ~932	HRc42~48	高強度用

二、模具材料如以硬化程度區分，亦可分成四大類：

- (一) 預硬鋼：是先行硬化之鋼。此種材料購買時已有硬度約為 HRc32 至 36 (302 至 341 Hb)，加工後不需再行熱處理，以免其變形。在工具鋼中 P20 即屬於此類鋼。適用於大而複雜模具，不能模壓僅能切削成形，除了尼龍外，最適於熱塑性材料。
- (二) 滲碳鋼：若模具變形與否不太重要的塑膠模即可用此類鋼。加工方法可用機械切削法與模壓法兩種。滲碳後表面硬度極高，而鋼材心部的強度亦高。工具鋼中帶有 P 字者乃表示(Packing 或 Carburizing) 滲碳之意。P1 為最容易模壓之鋼，組織接近純鐵。P6 合金中的合金成份太多，以致滲碳後其心部之硬度仍有 HRc20 度。因此不適於模壓。P 20(0.28~0.4%C、0.2~0.8%Si、0.6~1.0Mn、1.4~2.0Cr、0.3~0.55Mo) 是最大眾化的模具鋼，滲碳熱處理後心部硬度可達 HRc38。
- (三) 全硬鋼：若塑膠模熱處理後需要高壓縮強度與最少變形時，可以採用油硬工具鋼 O1。其塑模上有孔距要求精確尺寸者，則使用空硬鋼 A2 與熱作鋼 H13 以空氣淬火之。工具鋼一般無法模壓，而以切削成形。熱處理後模具各處全部硬化，心部缺乏韌性。若壓力太大，模具不呈變形，而是裂開，其價格也相當高。最適用於射出模。全硬鋼之塑模壽命也最長。在不銹鋼中，僅有 400 系者適於塑膠模使用，最常用的一種是 420 不銹鋼，鋼中含有 12 至 14% 鉻，熱處理後之硬度可達 HRc45~50。此種不銹鋼適於熱塑性材料，用於射出模，對於侵蝕性塑料(如 Vinyls) 最合適。塑模也不需鍍鉻。
- (四) 鈹銅合金
如前節(十一)鈹銅合金所述。

表三 各種鋼料代號、顏色記號、與用途

JIS	AISI	名稱	俗稱	一般用途	顏色記號	硬度(HRC)
SKH-4	T5	高速鋼	4 種	滾齒刀、鉸刀	⊙ 綠紅	64 以上
SKH-3	T4	高速鋼	3 種	鋼模、螺絲模	⊙ 綠黃	63 以上
SKH-2	T1	高速鋼	2 種	銑刀、一般切割 刀具	⊙ 綠白	62 以上
SKH-9	M2	高速鋼		耐磨工具、高級 沖模	⊙ 綠藍	63 以上
SKD-5	H20	特種熱模 合金鋼		熱作沖頭、合金 沖壓模	⊙ 紅黃	50
SKD-4	H14	高級熱模 合金鋼		熱作銅鋁模、熱 鍛熱作沖頭	⊙ 紅白	50
SKD-61	H13	熱壓模 合金鋼		沖頭、擠型模、 熱鍛模	⊙ 紅藍	56
SKT-4	6F2	鍛造冷作加工 合金鋼		熱鍛造模、沖 頭	⊙ 深 藍白	55
SKD-11	D2	冷模合金鋼	紫牌	冷壓工具、沖 模、心軸	○ 紫	61 以上
SKD-1	D3	冷模合金鋼	白牌	拉線模、電子零 件模具	○ 白	61
SKS-3	O1	不變形鎢合金 工具鋼	油鋼		⊙ 藍黃	61
SKS-2		鎢合金工具鋼	綠牌	螺絲攻、沖模	○ 綠	61
SUJ-2	L3	軸承鋼		軸承、各種沖頭		62
SNM-21	8620	鎳鉻鉬合金鋼	白十字	齒輪、軸類、活 塞銷	⊙ 白	62
SCM-21	4115	低碳鉻鉬鋼	綠十字	齒輪、軸類	○ 綠	62
SNM-8	4340	中碳鎳鉻鉬鋼	藍十字	曲軸、汽機車零 件	○ 藍	54
SCM-34	4140	中碳鉻鉬鋼	紅十字	機械零件軸類	○ 紅	54
SK-2~3	W1	高碳工具鋼	紅牌	打頭模、工具	○ 紅	63
SK-5	1086	高碳工具鋼	藍牌	冷沖工具、	藍	59
SK-5~7	1086~10 60	磨光鋼帶		彈簧板、發條	○ 藍	59
SUP-3~4	1078~10 95	彈簧鋼		汽機車各重型 機械零件		45
S45C	1045	機械構造用碳 素鋼	黃牌、中 碳	連接桿、強力螺 栓	○ 黃	58

工具鋼的編號以材質特性的英文的第一個字母作代表，後接的數字代表型號，其分類如下：

- W：水淬鋼，共分 W1—W7 七種。
- S：抗震工具鋼，共有 S1~S5 六種。
- O：油淬冷作工具鋼，共有 O1~O7 八種，Mn，Si，W，M，Cr 等合金元。
- A：空氣淬硬冷作工具鋼，共有 A2~A10 九種，含 Mn，Si，W，Mo，Cr，V 等合金元素。
- D：高碳高鉻冷作工具鋼，共有 D1~D7，七種，含 Mo，C，Co，等合金元素。
- H：熱作工具鋼，共分下列三種：
 - H11~H16 代表鉻基
 - H20~H26 代表鎢基
 - H41~H43 代表鋁基
- T：含鎢高速工具鋼，共有 T1~T9 等，含 W，Cr，V，Co 等合金元素。
- M：含鉬高速工具鋼，有 M1~M15，M30~36，含 W，Mo，Cr，V 等合金元素。
- L：低合金特殊用途工具鋼，有 L1 ~L7。
- F：碳—鎢工具鋼，有 F1~F3。
- P：低碳模用鋼，有 P1~P6，P20~p2l 等。

其它合金鋼：6G，6F2~6F7，6H1~6H2 等特殊工具鋼。

學習評量一：

一、正確寫出下列各模具材料之符號與硬度。

- (一) 碳工具鋼
- (二) 合金工具鋼
- (三) 機械構造用碳鋼
- (四) 鉻鉬鋼

二、配合題（選出模具材料之記號顏色）

- () (1) 中碳鋼 A. 白色
- () (2) 高碳鋼 B. 綠 (十字) 色
- () (3) SKD-11 C. 紅 - 藍色
- () (4) SKD-1 D. 綠 - 紅色
- () (5) SKS-2 E. 綠色
- () (6) SKH-4 F. 紫色
- () (7) SCM-21 G. 紅色
- () (8) SKD-61 H. 黃色

學習評量一答案：

一、

- (1) 碳工具鋼：符號表示為 SK，如 SK3、SK5 等硬度為 HRc 50~60。
- (2) 合金工具鋼：符號表示為 SKS、SKD，如 SKS2、SKS3，SKD11、SKD61 等硬度為 HRc 55~60。
- (3) 機械構造用碳鋼：符號表示為 SC、SCK，如 S25C、S50C、S55C 等硬度為 HS28~35。
- (4) 鉻鉬鋼：符號表示為 SCM3、SCM4 等硬度為 HRc40 以上。

二、配合題答案如下：

- (1) H
- (2) G
- (3) F
- (4) A
- (5) E
- (6) D
- (7) B
- (8) C

如今你已能正確地用你的話敘述模具材料之分類，本教材的第二部份是要你能夠根據塑膠模具之各零件，正確選用模具材料種類。

本教材的第二個學習目標是：

使用參考資料，你能夠根據塑膠模具之各零件，正確選用模具材料種類。

塑膠模具各零件之材料

組成塑膠模具各零件數量，從十幾件至數十件，因此要選用各零件之適當材料，尤其在經濟效益與材料之加工性等考量時，就顯得相當重要。表四為各零件材料一覽表。

表四 塑膠模具各零件材料一覽表

零件名稱	材 料	熱 處 理	硬 度	備 註
固定側裝置板	SS41SS50S25C S55C	鍛壓、正常化、 淬火、回火	Hb123-125	
固定模板	S50CS55C SCM4SK7	退火、正常化、 淬火、回火	Hb183-235	
可動模板	"	"	"	
橫澆道剝料板	"	"	"	
剝料板	"	"	"	
承板	"	"	"	
間隔塊	SS41SS50S25C S55C	鍛壓、正常化、 淬火、回火	Hb123-125	
頂出板上	"	"	"	
頂出板下	"	"	"	
可動側裝置板	"	"	"	
公模	S50CS55C SCM4SK7	退火、正常化、 淬火、回火	Hb183-235	
定位環	S50CS55CSK7	鍛壓、退火、正 常化	"	
豎澆口套	S50CS55CS CM4SK7SK5	正常化、淬火、 回火	HRc40 以上	
導銷	SK3SK5SUJ2 SKS2SKS3	淬火、回火	HRc55 以上	
導銷套	"	淬火、回火	"	
豎澆口定位銷	SK3SK5SKS2 SKS3SACM1	淬火、回火、氮 化	"	只前端熱處理
頂出銷	"	"	"	

頂出套筒	SK3SK5SUJ2 SKS2SKS3	淬火、回火	"	淬火、回火時之 硬度
復歸銷	SK3SK5 SKS2SKS3	淬火、回火	"	
停止銷	S25CS55CSK3 SK5	鍛壓、正常化、 淬火、回火	"	
定位銷	"	"	"	
頂出板導銷	SK3SK5SKS2 SKS3	淬火、回火	"	
支持塊	S25CS55C	鍛壓、正常化、 淬火、回火	Hb123-235	
停止螺栓	"	"	"	
橫澆道定位銷	SK3SK5SKS2 SKS3SACM1	淬火、回火	HRc55 以上	只前端滑動部 熱處理
拉張連桿	SS41 SS50 S25C S55C	正常化、淬火、 回火	Hb123-207	
拉張連桿用螺 栓	S25C S55C	"	"	
鍊條配件	SS41SS50 S25CS55C	"	"	
鍊條配件用螺 栓	S25CS55C	"	"	
側面公模	S50CS55CSK3 SK7SKS3 SCM3SCM5	正常化、淬火、 回火	Hb183-235	滑動部淬火、回 火
側面公模墊板	SK3SK5SKS3	淬火、回火	HRc52-56	
滑動保持件	S50CS55C	鍛壓、正常化	Hb183-235	
定位塊	S50CS55CSK3 SK5	正常化、淬火、 回火	HRc52-56	淬火時之硬度
角銷	SK3SK5SKS2 SKS3	淬火、回火	HRc55 以上	
斜角凸輪	S50CS55C	正常化、淬火、 回火	Hb183-235	
盲銷	S20CS30C	"	Hb123-200	

學習評量二：

一、正確寫出下列塑膠模具各零件模具材料之種類。

- (1) 固定模板
- (2) 頂出銷
- (3) 公模
- (4) 支持塊

學習評量二答案：

一、

- (1) 固定模板：可選用 S50C、S55C、SCM4、SK7 等。
- (2) 頂出銷：可選用 SK3、SK5、SKS2、SKS3、SACM1 等。
- (3) 公模：可選用 S50C、S55C、SCM4、SK7 等。
- (4) 支持塊：可選用 S25C、S55C 等。

現在你已熟悉模具材料分類認識之相關知識，假如你仍未完全熟悉，請重覆學習本教材直到熟悉為止，若有困難去請教你的老師。

學後評量

一、在下面的空白處，以你自己的話寫出對模具材料所要求之一般注意事項，請不要用參考資料或翻閱前面的資料。

二、寫出下列塑膠模具各零件模具材料之種類、硬度，請不要參閱資料或書籍。

1. 固定模板
2. 剝料板
3. 公模
4. 豎澆口套
5. 角銷
6. 頂出銷
7. 母模
8. 可動模板

三、在下面的空白處，以你自己的話寫出選擇模具材料之因素，請不要用參考資料或翻閱前面的資料。

四、在下面的空白處，以你自己的話寫出鈹銅合金之優缺點，請不要用參考資料或翻閱前面的資料。

參考資料

- 一、P3 參考塑膠模具設計相關問題 50 例 金屬工業發展中心編印 77 年 5 月初版
- 二、P5、P14、P15 參考射出成形模具製作 白石順一郎著 依日`光譯 復漢出版社印行 69 年 12 月
- 三、P6、P8、P9 參考模具技術資訊 台灣區模具同業工會刊物 1998 年 1 月
- 四、P7 參考實用塑膠模設計與製造 郭振衫 張建安 熊秉傑 徐氏基金會 73 年 7 月