

高循環成形用塑膠模具材料 “HR 750”

森谷清 羽田晉介

前言

質輕，富有意匠性的塑膠製品，由於汽車、家電製品、辦公室自動機器等之旺盛需求，其生產量一路增加。隨著塑膠製品之不同，對塑膠模具材料的要求也有多樣化的趨勢，因而從以往所使用的機械構造用碳鋼（S55C），逐漸轉向採用具有特色的模具用鋼。

然而，決定塑膠的成形循環之重要因素中，有模具的冷卻能力。由於模具鋼的導熱度低，因此對成形循環的縮短而言，自有其限度。今後，為了減低量產品的成形成本，可推測對能縮短成形循環的高導熱度模具材料之需求會增高。

本公司，依據塑膠模具用鋼的實績，開發了強度優於 S 55 C，並具有高導熱度的塑膠模具用鋼合金 HR 750。

1. 成分設計

以往的銅合金，無法達到塑膠模具所要求的強度。另一面，為了增加強度而添加多量的合金元素時，則會失去純銅所具的導熱度大之特點。HR 750 是為了解決上述相反的問題點，對析出強化及固溶強化有效用的合金元素，添加最小限量，而使材料仍能維持高導熱度之條件下，而把強度提高者。此材料在化學成分上作如下的設計，而使其具有高導熱度及模具材料所需之強度。

(1) 析出硬化

以 Cu - Ni - Si 三元系合金作基本，將其 Ni 和 Si 含量及兩者的比例加以最適當的組合，並配合熱間鍛造及熱處理，把微細的矽化鎳分散析出在基體 α 相中，使高強度及高導熱度並立。

(2) 固溶強化

除了矽化鎳的析出強化效果以外，並添加Al使其同溶於 α 相中，而利用固溶強化來加強基體。

(3) 表面加工特性的改善

本來，此成分系的熱間鍛造很困難，但因添加特殊元素，得改善熱間加工性，而能使晶粒微細化。由此可改良鏡面加工性和咬花加工性等。

2. 特徵

HR 750 的特徵如下：

(1) 成形循環之縮短

由於導熱度為以往塑膠模具鋼的 3 倍以上，可大幅度縮短成形循環。

(2) 延長模具壽命

因為其強度及耐磨耗性優於汎用模具所常用的 S55C，所以模具壽命長。即導熱度大，所發生的熱應力較小，可得更長的模具壽命。

(3) 高軟化溫度

再加熱時的軟化溫度高，約為 750 K 以止，可適用於廣範圍的塑膠模具。

(4) 被削性良好

以往的銅合金材料與塑膠模具鋼比較，因在切削加工時會有掀起現象，損及精加工面，但 HR 750 的被削性優於 S55C。

3. 材料特性

HR 750 的物理性質表示在第 1 表。HR 750 的物性上之特徵是導熱度大。亦如第 1 圖所示，在模具的使用溫度範圍，此合金與模具鋼的導熱度之差更大。

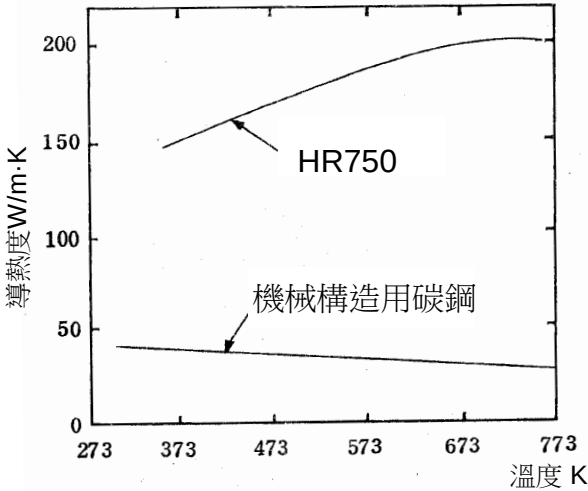
機械性質的一例表示在第 2 表。HR 750 的硬度大於 S55C, 降伏比高也是其特點，但，因為此合金是析出強化型，所以需作固溶化及時效之熱處理。此時，由於熱處理時之質量效果，大斷面的素材其強度會若干下降。

HR 750 的高溫機械性質表示在第 2 圖。由圖得知，若試驗溫度不超過約 600 K，其硬度下降小，因此使用上限溫度可高。

HR 750 的耐磨耗性與 SCM 440 同等，而優於 S55C。

第 1 表：物理性質

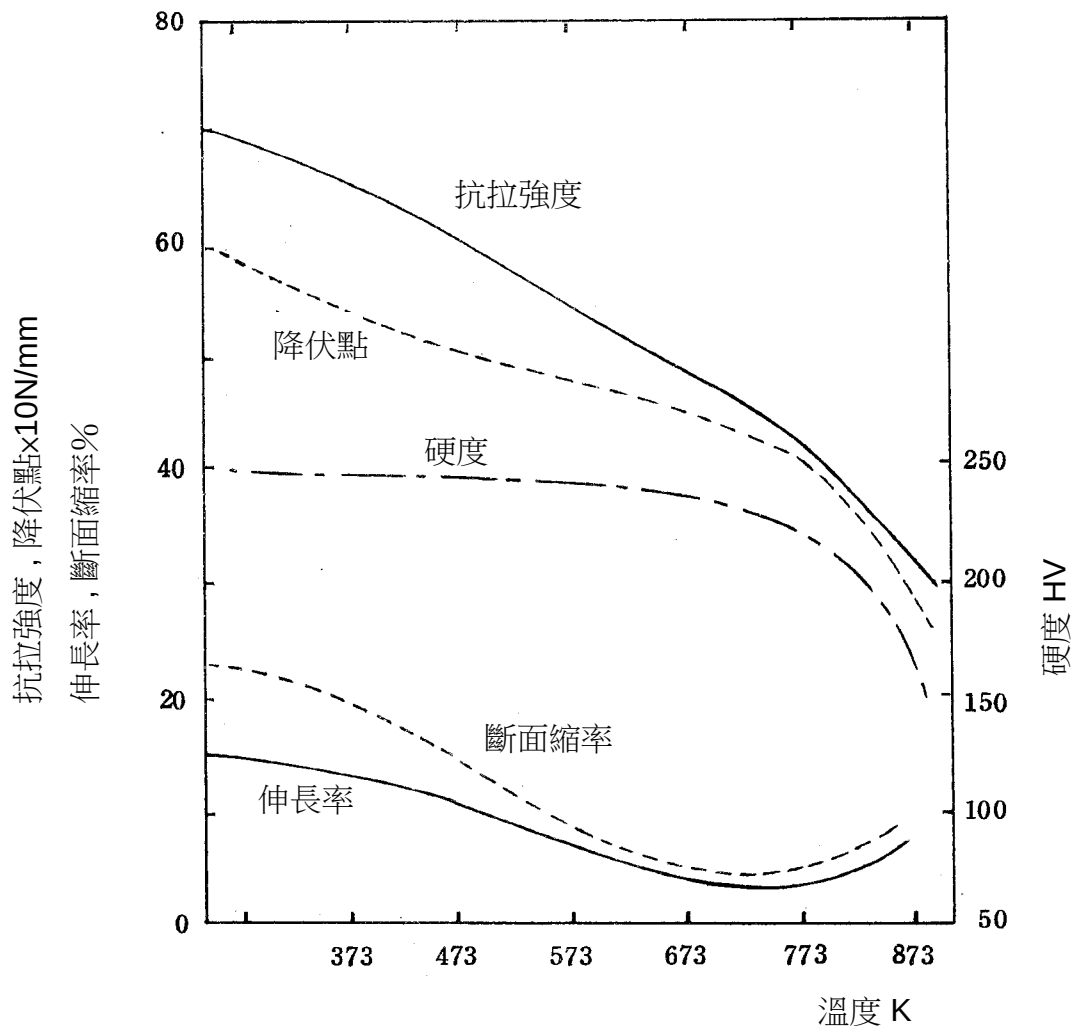
比 重	8.7
縱 彈 性 係 數	14.2×10 ⁴ N/mm (1.45×10 ⁴ kgf/mm) 298K
浦 松 氏 比	0.35
熱 膨 脹 係 數	17.0×10 ⁻⁶ /K 298~473K
導 熱 度	130W/m·K (0.31 cal/s·cm·°C) 298K
比 熱	400J/kg·K (0.096cal/g·°C)
液相線溫度	1353K (1080°C)



第 1 圖：溫度對到熱度之影響

第 2 表：機械性質

斷面尺寸		75x100x長mm	150x200x長mm
抗拉強度	N/mm ²	735~835	635~735
0.2%耐力	N/mm ²	600~710	510~620
伸長率	%	10~15	10~15
硬度	HS	37~42	33~38
衝擊吸收能	J	20~35	25~40
抗壓強度	N/mm ²	630~730	530~640



第 2 圖：溫度對機性質之影響

4. 切削條件

塑膠模施以雕形、面削及孔穴加工等各種加工後使用，使用端銑刀及鑽頭施以加工時之標準加工條件表示在第 3 表及第 4 表。使用與 S55C 所用相同工具時，可施更高速的加工。但鑽孔加工時，宜使用切粉排出性良好的深孔用鑽頭或帶油孔鑽頭 (Oil hole drill)。

第 3 表：端銑刀加工條件

端銑刀	K-2MD (ø10) (KOBELCO Brand Name)
加工方式	側面切削 2 X 15 順銑法
回轉數	480 ~ 800 rpm
進給速度	80 ~ 120 mm/min
切削油	乾式或油性

第 4 表：鑽頭加工條件

鑽頭	深孔用直柄鑽 (WSD) (ø8x150) (KOBELCO Brand Name)
鑽孔深	80mm (10D) 無段
周連	30 ~ 40 m/min
進給	0.05 ~ 0.10 mm/rev
切削油	水溶性乳化液

5. 效果之一例

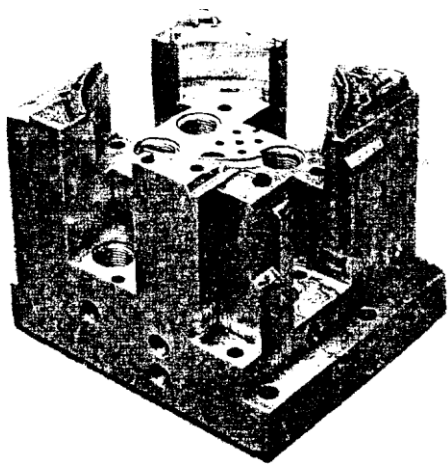
使用 HR750 製作射出成形模具的心型時，其成形循環縮短效果，與 S55C 比較，表示在第 5 表。由此得知，採用 HR 750 時可大幅縮短成形循環。而對模具壽命 (射出次數) 來講，以往的 S 55C 約為 30 萬次，但 HR 750 可達約 100 萬次以上。

第 5 表：使用 HR 750 時之成形循環縮短例

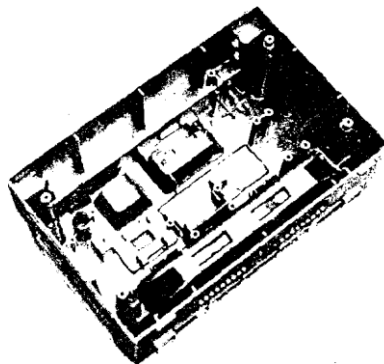
	揚聲器外殼	卡式錄放音機外殼
HR750	25 sec / shot	30 sec / shot
S55C	45 sec / shot	60 sec / shot

6. 用途

HR750 的使用例表示在照片 1。有使用實績的主要用途如下：



揚聲器外殼之心型件



卡式錄放音機外殼

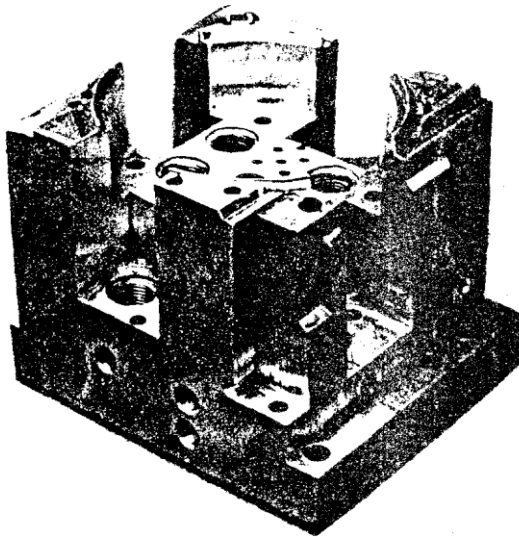
- (1) 熱塑性塑膠的射出成型模具：電視機、收音機卡匣之外殼、電話機體（心型，使用HR 750）。
- (2) 透明塑膠的射出成型模具：雷射唱盤外殼（模穴及心型，使用 HR 750）。
- (3) 熱塑性塑膠的吹氣成型模具：容器類（容器口及底部，使用 HR 750）。

結言

使用 HR 750 時，可提高塑膠製品的生產性及減低成形成本，因此今後可望擴展其適用範圍。

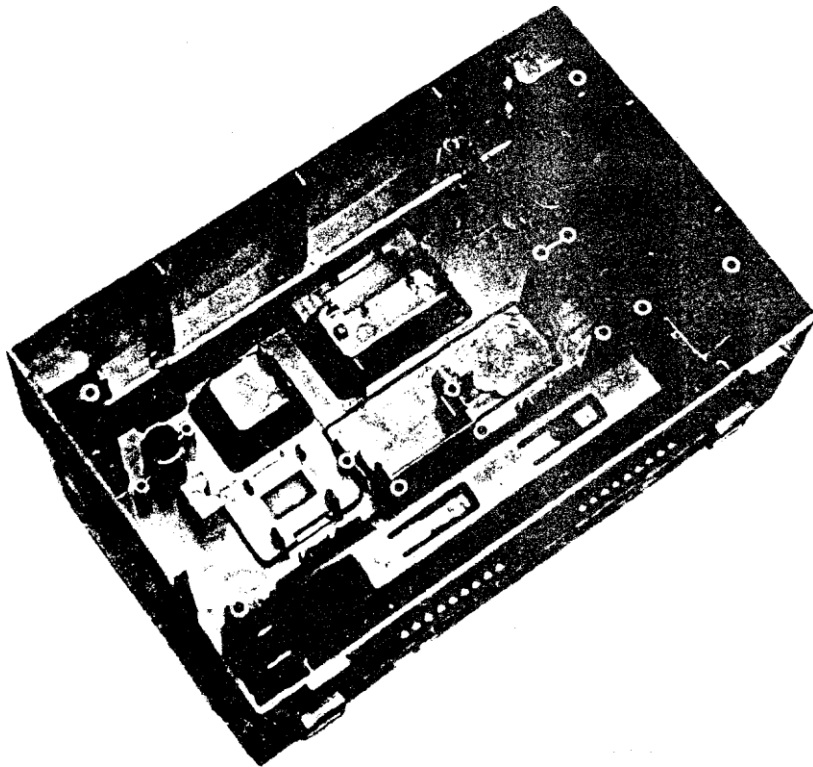
株式會社 神戶製鋼所
鑄鍛鋼事業部 技術部

1. 收音機卡匣用揚聲器之心型



- (1) 樹脂
聚苯乙烯 (P S)
- (2) 射出成形循環
從來材 45 sec
HR 750 25 sec
- (3) 模具使用例
用為心型
- (4) 概略尺寸
140 x 120 x 120mm

2. 卡式錄放音機外殼



- (1) 樹脂
聚苯乙烯 (P S)
- (2) 射出成形循環
從來材 60 sec
HR 750 30 sec
- (3) 模具使用例
心型部分使用
- (4) 概略尺寸
260 x 160 x 100mm

材料特性比較表

	HR750	鈹銅20C×1 ◆ ₁ (鑄造實效處理材)	ABB 2 (JIS C6191)	S55C (KTSM21)
抗拉強度 (kg/mm)	70 ~ 90	112	70以上	71
伸長率 (%)	5 ~ 10	1	15以上	17
硬度	220 ~ 250(HB) 18 ~ 24 (HRC)	375 (HB) 40 (HRC)	170以上 (HB)	8 ~ 18 (HRC)
導熱度 (cal/cm·sec·°C)	0.25 ~ 0.30	0.17	0.14 ◆ ₂	0.10 ◆ ₃
導電度 (IACS %)	27 ~ 32	18	13 ◆ ₂	10 ◆ ₃
熱膨脹係數 (°C)	17×10^{-6}	17×10^{-6}	16×10^{-6} ◆ ₂	11×10^{-6} ◆ ₃
比重	8.7	8.1	7.6	7.85

◆ 1 出處 金屬學會會報 VOL.15 NO.10 (1976) PP.621~631

◆ 2 B.S. 1400 AB1 之資料，出處 Aluminum bronze，M.Smith著 PP.13~21

◆ 3 金屬資料集 (Data book) 日本金屬學會編

KOBELCO HR 750 壓縮試驗結果

HR 750 之壓縮試驗結果與塑膠模具鋼材系列比較如下：

表 1. 壓縮耐力

材質	壓縮耐力 (kg/min ² , 0.2%)
HR750 (t=150)	60
HR750 (t=50)	68
S55C 相當	39
SCM440 相當	79
AISI P20 相當	98

試片形狀如下：

直徑：ø13 ± 0.2

高度：25 ± 1.0

(ASTM E9)

HR 750 磨耗試驗結果

HR 750 之大越式磨耗試驗結果與模具用鋼材系列比較如下：

表 2 大越式磨耗試驗結果

供試材	磨耗痕寬度 (mm)	磨耗減量 (相對值)
HR750 (Hs35)	5.12	1.0
HR750 (Hs40)	4.33	0.6
S55C 相當 (Hs30)	5.82	1.47
SCM440 相當 (Hs43)	4.22	0.56
AISI P20 相當 (Hs45)	3.18	0.24

表 3 大越式磨耗試驗結果 (比磨耗量)

	硬度	比磨耗量 (mm ² /kg)										
	Hs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	×10 ⁻⁷	
HR 750	35											
HR 750	40											
S55C 相當	30											
SCM440 相當	43											
AISIP20 相當	45											

試驗條件如下：

- (1) 試驗機：大越式磨耗試驗機
- (2) 對方材：SNCM 439
- (3) 磨耗速度：0.94 m/s
- (4) 磨擦荷重：6.6 kg
- (5) 磨擦距離：400 m

HR 750 之端銑刀 (End mill) 加工

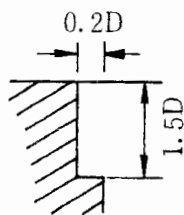
塑膠模具用耐熱銅合金 HR750 比原來之塑膠模具鋼有 3 倍以上之熱傳導度，對塑膠之高週期成形有顯著的效果。

在彫刻或面加工塑膠模時，使用端銑刀加工之標準加工條件如下：

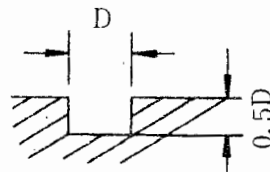
切 削 條 件

使用之端銑刀 (神戶製鋼製)	汎用	高速切削用
	K-2MD (KHA粉末)	TH2MD (TiN Hi-Alloy Short)
銑刀徑	ø10	ø10
加工方式	切削側面2×15向下	切削側面2×15向下
轉數	680 rpm (21m/min) 480~800rpm (15~25m/min)	1300 rpm (41m/min) 1250~1450 rpm (40~45m/min)
送料速度	100mm/min (0.07mm/刃) 80~120mm/min (0.06~0.09刃)	260mm/min(0.01mm/刃) 200~300mm/min (0.08~0.12mm/刃)
切削油	乾式或油性(註)	乾式或油性(註)
進刀	參照下圖	參照下圖

註：為防止切削面之變色，請避免使用硫化油或硫化礦油系之活性型切削油。



側面切割



溝槽切削

一般注意事項

- (1) HR 750 最好向下切削 (DOWN CUT), 因為 HR 750 之切離型不好, 所以向上切削(UP CUT) 時會有明顯的剝離現象, 而得不到光滑的加工面。
- (2) 切削工具材質, 一般使用汎用的 KHA或Co -HSS ,但高速切削時 ,以 Tin High Alloy 較適合。
- (3) 向下切削時有無使用切削油, 對於加工面的影響小。
- (4) 對工具磨耗而言, 與鉍銅比較, HR750 約為 1/5 以下, 工具壽命可謂很長。
- (5) 切削面比塑膠模用低合金鋼為劣, 所以對於要求高精度者加工效率就較差, 對加工性而言, 與 HR750 類似之材料為放電加工電極用之純銅。
- (6) 特別要請注意者就是以切削鋼材之端銑刀切削 HR 750 則切削能率約降低一半, 可能是因為鋼材附著在刀口而使切層之剝離更為惡化。
- (7) 切削條件之選定基準如下:

HR 750 端銑刀加工之轉速與送程

端銑刀外徑	1	3	5	10	20	30	40	50
轉速 rpm	5600	2300	1500	800	400	250	200	150
送程 mm/min	50	80	100	120	90	60	50	40

HR 750 鑽 孔 加 工

實現塑膠高周期成形而熱傳導度很大的塑膠模用耐熱銅合金 HR750 被採用在各種射出成型模及吹氣 (BLOW) 成形模之機會越來越多, 塑膠模的特徵, 在於需要鑽很多冷却回路或梢孔(Pin Hole)。(如導梢、凸出梢、回程梢等)。

茲將標準的鑽孔加工條件列如下表以供參考:

鑽孔加工條件

使用刀 (神戶製鋼製)	深孔用直柄鑽頭 $\varnothing 8.0 \times \varnothing 8.0 \times$ 溝長100 $\times$ 全長150
周速	30 ~ 40 m/min
送程	0.05 ~ 0.10 mm/rev
孔深度	80 mm 不貫穿, 10 D 不分段
切削油	水溶性乳化油

一般注意事項

- (1) $L/D < 10$ 之範圍內很容易做不分段加工, 但超過 $L/D > 10$ 者最好分 2 ~ 3 段加工。
- (2) 使用深孔用鑽頭, 比一般長鑽頭可得到高能率之加工。
因為深孔用鑽頭之排屑性好不容易被切屑堵住刀槽。
- (3) 切削油與其潤滑, 應以冷却為主, 所以請使用水溶性者。

HR750 之絞牙加工

降低塑膠產品的製造成本，縮短成形周期是一種手段，因而使用熱傳導度很大的模具材料 HR750 的機會也就隨之而增加。

又，金屬鑄的加工，加工中心的導入也很盛，攻牙加工也有機械化的趨勢，因此，將裝鐵心用之絞牙加工的標準加工條件列供參考。

絞 (母) 牙加工條件

使用螺絲攻	OSG製 EX-SH-HT EX-高硬度鋼用手絞刀 M12×1.75 4刃 材質：HSSE (SKH 53 Mod) 精度 OH 4 導牙數：4牙
使用機械	旋臂鑽床 (大限DRS-S)
加工條件	轉數120 ~ 140 rpm (4.5 5.3m/min) 底孔 ϕ 10.4×30mm (85%) 絞牙長度 20mm 送程 手送 (230mm/min) 切削油 非水溶性油劑二種非活性型
加工結果	絞刀 (螺絲攻) 壽命 200孔以上 母牙 II級合格 母牙尺寸 +0.06 ~ 0.08 (對有效徑) 母牙加工面 良好

一般注意事項

(1) 底孔加工條件

- ① 使用鑽頭： ϕ 10.4 (高速鋼 TiN 塗層 (Coaxing))
- ② 轉 數：900rpm (周速 30m/min)
- ③ 送 程：0.05~0.10 mm/rev.
- ④ 切 削 油：水溶性乳化劑

(2) 使用活性切削油則因化學反應市污損產品，所以請避免使用。

(3) 有底孔不易排出切屑者推薦用螺旋型螺絲攻。

HR750 之車床加工

塑膠模材料 HR750 為實現塑膠高周期成形之模型材料為加工成塑膠模之鐵心 (CORE) 稍等所必要的標準的車床加工條件如下：

	粗加工	精加工
表面粗造度	50S 左右	3S 左右
切削速度 (m/min)	100 ~ 200	150 ~ 300
送程 (mm/rev)	0.2 ~ 0.5	0.1 ~ 0.2
進刀量 (mm)	3 ~ 6	0.1 ~ 1.0
工具材料	P10 或 K10	P10 或 K10
車刀角	10° ~150°	10° ~150°
仰角	10° ~20°	10° ~20°
隙角	6° ~10°	6° ~10°

一般注意事項

- (1) 以切削碳素鋼 (S45C) 之要領切削就可得到良好的教果。
- (2) 使用陶瓷 (Ceramic) 刀片則可高速切削。
- (3) 為了考慮耐磨耗性，刀片材質推薦使用 K10。
- (4) 為使切屑分離，可將 Chip Breaker 設定為送程 5 倍左右最好。

HR750 之鋸床加工

塑膠模用鋼材 HR750 是實現塑膠高周期成形之模具材料，其鋸床的標準加工條件如下表所示。

使用工具	形狀：ø100x20x25.4 材質：SKH 9 齒數：52齒 仰角：0° 隙角：3°
加工條件	切削速度：5 ~ 30 m/min 轉速：30 ~ 100 rpm 送程：15 ~ 80 mm/min 進刀量：10 ~ 20 mm 切削油：非水溶性油劑 2 種非活性形

HR750 之正面銑床加工

塑膠模用鋼材 HR750 為實現塑膠高周期成形之模具材料，在模型加工不可或缺之正面銑床加工時之標準工法條件如下：

使用工具：Tungalloy (TAC Mill) 型式：100ø 刀數：8 角落角度 45° 刀片尺寸：15.875角×4.76 刀片材質：P10 , K10		
加工條件	粗加工	精加工
表面粗造度	50s左右	5s左右
轉速 (rpm)	250 ~ 400 rpm	300 ~ 450 rpm
切削速度 (m/min)	150 ~ 250 m/min	200 ~ 350 m/min
送程 (m/min)	150 ~ 300 m/min	200 ~ 300 m/min
進刀 (mm)	3 ~ 6 mm	0.1 ~ 1.0 mm

一般注意事項：

- (1) 以切削碳素鋼 (S45C) 之要領切削就可得到良好的效果。
- (2) 刀片角度半徑太小則容易崩缺或被撕，所以請保持 0.5R 以上。

HR750 之焊接接件

以 TIG 或 MIG 法焊接 HR750 時之要點如下：

- (1) 角口斜角為 60° 以上 (最好 90°)，角落請保持 5R 以上。
- (2) 以純 Ar 做為隔離氣體，流量以 15 ~ 25 l/min。
- (3) 使用 AC 電源。
- (4) 以 100°C ~ 400°C 預熱，可用氧氣 ~ 乙炔，氧氣 ~ 液化瓦斯等加熱，但要注意下列事項。
 - ① 避免急激的加熱。
 - ② 避免局部的過熱，距離焊接部分至少100 mm以上的範圍請均勻加熱、預熱部分之周圍，最好以毯狀隔熱材包起來預熱則更有放果。
 - ③ 不需要很大的溶入時可設定較低的預熱溫度。
- (5) 焊接棒及線依用途畫分使用。
高速度用途：KF 焊接棒 (TIG 用)，KF 焊接線 (MIG 用)
高傳導用途：TGS - CUS (TIG 用)，MGS - CUS (MIG 用)
- (6) 焊接後空冷無需做後熱處理
- (7) 受到拘束很大之焊接,例如填角焊接時最好使用KF棒焊。表 1表示TIG，MIG法焊接 HR750 之標準焊接條件。

表 1 HR750 之標準焊接條件

	TIG焊接	MIG焊接
極性	AC	AC 或 DCRP
電極外徑 (mm)	ø 3.2 ~ 4.0	—
焊接電流 (A)	200 ~ 300	200 ~ 300
電壓 (V)	—	25 ~ 35
隔離氣體流量 (L/min)	15 ~ 25	15 ~ 25
焊接棒外徑 (mm)	ø 4.0	ø 1.6
預熱溫度	100 ~ 400	100 ~ 400

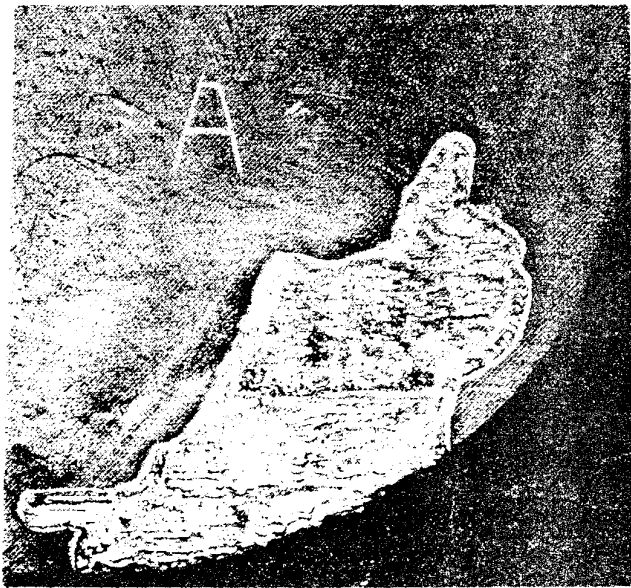
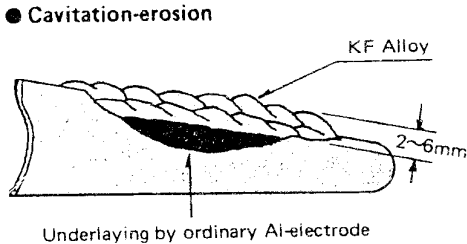
材料	規格		隔離氣體	用途及使用特性	線徑 mm	溶著金屬化學成分 (例)						溶著金屬機械物質 (例)		識別色	
	JIS	AWS				Cu	Mn	Si	P	Fe	Al	Ni	抗拉強度 N/mm ² kgf/mm ²		伸長 %
MGS-CANS*	—	ER CuAl -A2 相當	Ar	為鋁青銅焊接線、焊接金屬在海中具有優異的耐蝕性潰蝕性。用於鋁青銅之焊接與填補，以DC、SP做TIG焊接則會發生焊渣，所以要清除，以AC焊接則可減少焊渣	1.2 1.6 2.4	殘	—	0.10	—	1.32	9.35	—	560(57)	22	—
TGS-CANS*				2.4 3.2 4.0	—										
MGS-CAN*	—	—	Ar	為鋁青銅之焊接線、焊接金屬接近c161的成分，耐蝕性與	1.2 1.6	殘	1.30	0.08	—	2.35	7.82	1.68	550(56)	50	—
TGS-CAN*				1.6 2.0 2.4 3.2	綠色										
MGS-CuS*	—	ER CuSi -A 相當	Ar	(Cu-Mn-Si)系之焊接線 因焊接金屬之熱傳導度小，適用於銅或銅合金之焊接及異材焊接，流動性好亦可用於薄板之MIG焊接，對海水耐蝕性優異，亦可用於耐蝕添補	0.8 0.9 1.0 1.2 1.6	殘	1.04	2.99	—	0.12	—	—	400(41)	38	—
TGS-CuS*				1.6 2.0 2.4 3.2	薄茶色										
TGS-CuP*	—	ER CuS n-A	Ar	磷青銅之TIG焊接線，可得到耐蝕而機械性質良好之焊接金屬，流動性好而不產生焊渣，作業性極佳，可用於耐磨軸承之添補及磷青銅之焊接	2.4 3.2	殘	—	—	0.32	—	—	Sn: 5.64	530(54)	40	青色
MGS-CuN*	—	ER CuNi 相當	Ar	7/3銅鎳焊接線，焊接金屬在海水中之耐蝕性優異，耐應力蝕烈性也良好，適用於7/3、8/2、9/1銅鎳焊接、添補焊接	1.2 1.6 2.4	殘	0.78	0.10	—	0.55	Ti: 0.38	31.4	450(46)	39	—
TGS-CuN*				2.4 3.2	黃色										
MGS-9CuN*	—	—	Ar	9/1銅鎳焊接線，熔接金屬與7/3同樣具有優異之海水中耐蝕性 適用於9/1銅鎳焊接或添補焊接	0.8 1.2 1.6	殘	0.90	0.08	—	1.09	Ti: 0.18	10.3	420(42)	31	—
TGS-9CuN*				1.6 2.0 2.4 3.2 4.0	薄綠色										

孔蝕 (Cautiation) 沖蝕 (Erosion) 部之焊接

將潰蝕部完全除去後，以焊接棒填補，焊接棒請用本公司開發之耐孔蝕性良好的 KF 合金，KF 合金的化學成分與機械性質如下表所示：



↑就航後2年之損傷情形



↑ KF合金焊接填補情形



↑ KF合金填補一年後之情形

◆ KF合金與Ni－Al青銅：Hi－Mu－Al 青銅之比較

	Chemical Composinon						Mecnamcal		
	Cu	Al	Mn	Ni	Ee	Co	Hardness (HV)	TS	EE%
KF Alloy (as weld)	Bal.	8~9.5	7~10	1~5	2~4	0.5~2	230~300	75~90	10~25
Hi-Mn-Al Bronze (as cast)	Bal..	9~10	0.5~1	4~6	4~6	—	160~190	66~72	15~25
Hi-Mn-Al	Bal.	7~9	7~10	1~3	2~4	—	160~190	66~72	15~35

HR 750 修補用焊接棒之標準庫存尺寸

使用塑膠成形得以高周期化而熱傳導度很大的塑膠鋼模用銅合金 HR750，被採用在射出成形與吹氣成形模之機會逐漸增加。

另一方面，塑膠模具在設計變更、加工錯誤及局部磨耗時，焊接修補為不可或缺的對策手段。在此列舉修補 HR750 之 KF 合金焊接棒及 TGS-CuS 焊接棒之標準庫存尺寸如下：

焊接棒種類	焊接方式	焊接棒徑 (單位重量)
KF合金 (高強度用)	TIG	ø 1.6 × 1000 (15g) ø 2.0 × 1000 (25g) ø 2.4 × 1000 (35g) ø 3.2 × 1000 (60g) ø 4.0 × 1000 (95g)
	MIG	ø 1.2 × 10kg 卷 ø 1.6 × 10kg 卷
Cus (高傳導用)	TIG TGS-Cus	ø 2.4 × 1000 (40g) ø 3.2 × 1000 (70g) ø 4.0 × 1000 (110g)
	MIG MGS-Cus	ø 1.6 × 10kg 卷

註：TIG 棒之最小買賣單位，各種尺寸均為 1 kg。

HR750 放電加工性試験結果

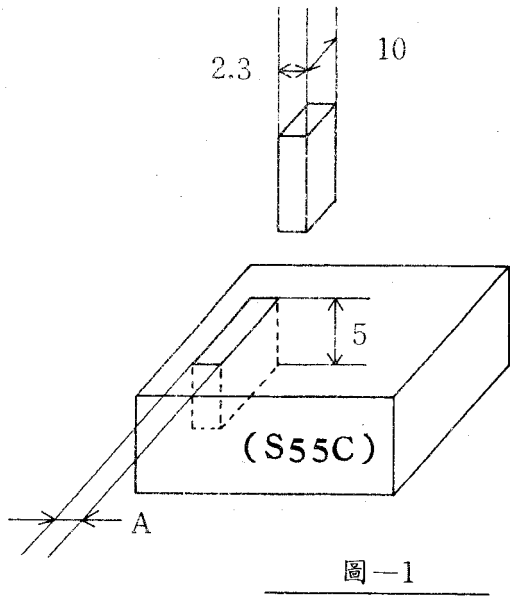
實施：昭和 61 年度 9 月 20 日

使用機械：M 35 - C 6

電極材質：純銅

- 一、各加工條件 (1 % 消耗) ごの加工速度、クリアランス面粗度試験 (S55Cとの比較)
- 二、從來 S 55 C を 加工 していた 條件との比較試験

1. 各種加工條件下之加工速度、間隙、面粗糙度試験：



資料 1. 材質S55C 之各條件結果

	電氣加工條件			F	放電	放電安定		Gain 調整	加工 電流	A 尺寸	間隙	面粗 糙度	實績 時間	加工速度
	IP	ON	OFF	回路	安定	下降	上昇							
①	5 (5)	9.5	6	0	ON	4	2	60	25~30	2.62	0.32/2	50	21' 46"	6.2mm³/min
②	4 (5)	8.5	6	0	ON	4	3	60	19	2.52	0.22/2	45	20' 08"	6.4mm³/min
③	3 (5)	8.0	6	0	ON	4	3	60	14	2.46	0.16/2	35	18' 22"	6.8mm³/min
④	2 (5)	7.0	6	0	ON	4	3	50	8	2.44	0.14/2	25	20' 14"	6.11mm³/min
⑤	2 (3)	6.5	6	0	ON	4	3	50	6	2.42	0.12/2	20	26' 38"	4.67mm³/min
⑥	1 (5)	6.0	6	2	ON	2	3	50	3	2.41	0.11/2	14	39'	3.12mm³/min
⑦	1 (4)	6.0	6	2	ON	2	3	50	2.5	2.40	0.1/2	12	1° 22' 20"	1.5mm³/min
⑧	1 (3)	6.0	7	2	ON	2	3	50	1			10	3° 33' 35"	
⑨	1 (3)	4.0	5	2	ON	2	3	50				8		

資料 2. 材料HR750之各條件結果

	電氣加工條件			F	放電	放電安定		Gain 調整	加工 電流	A 尺寸	間隙	面粗 糙度	實績 時間	加工速度
	IP	ON	OFF	回路	安定	下降	上昇							
①	5 (5)	9.5	6	0	ON	4	3	60	32	2.58	0.28/ 2	45	9'	14mm³/min
②	4 (5)	8.5	6	0	ON	4	3	60	21	2.47	0.17/ 2	35	14' 5"	8.83mm³/min
③	3 (5)	8.0	6	0	ON	4	3	60	15	2.44	0.14/ 2	25	19' 10"	6.42mm³/min
④	2 (5)	7.0	6	0	ON	4	3	50	9	2.41	0.11/ 2	20	42' 15"	2.88mm³/min
⑤	2 (3)	6.5	6	0	ON	4	3	50	7	2.39	0.09/ 2	15	1° 17' 55"	1.54mm³/min
⑥	1 (5)	6.0	6	2	ON	2	3	50	3	2.37	0.07/ 2	12	1° 21' 30"	0.84mm³/min
⑦	1 (4)	6.0	6	2	ON	2	3	50	2.5	2.36	0.06/ 2	10	3° 41' 40"	0.53mm³/min
⑧	1 (3)	6.0	7	2	ON	2	3	50	1			8	6' 48"	
⑨	1 (3)	4.0	5	2	ON	2	3	50	1			6		

圖 2. HR750 與 S55C 之粗糙度之比較

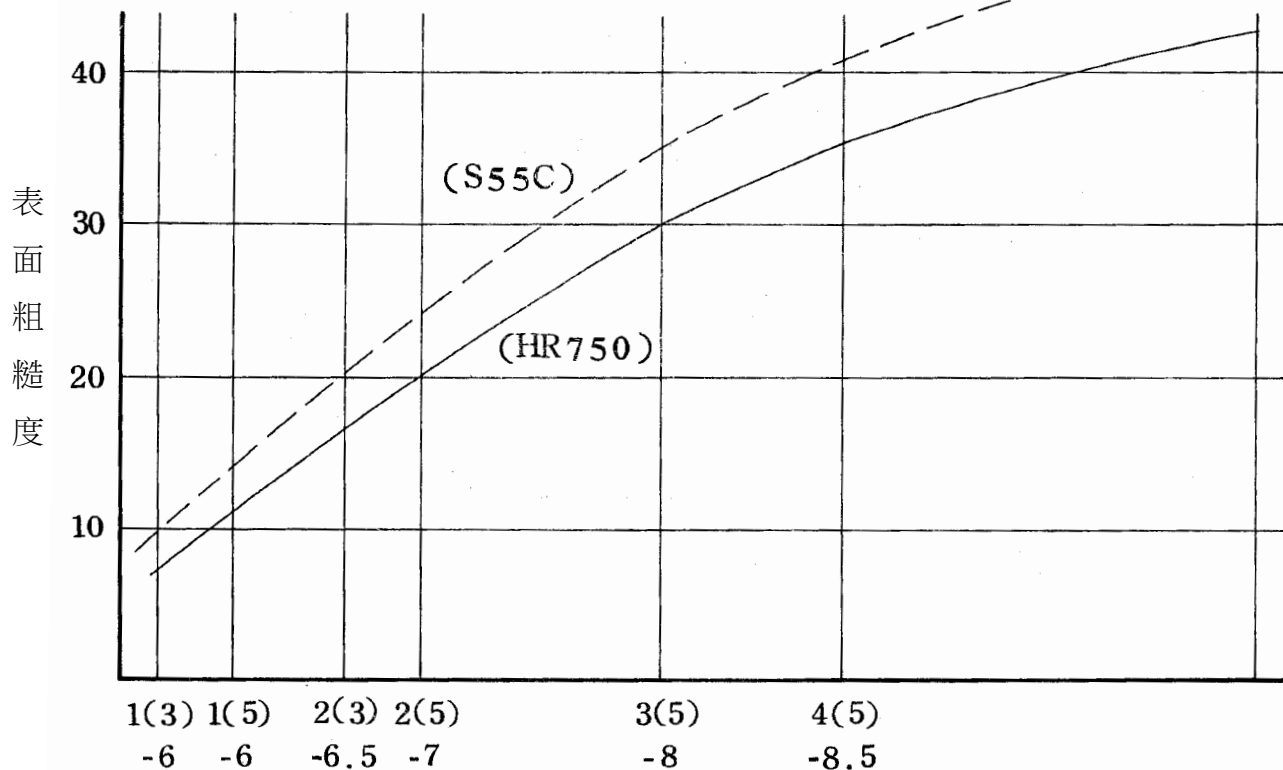
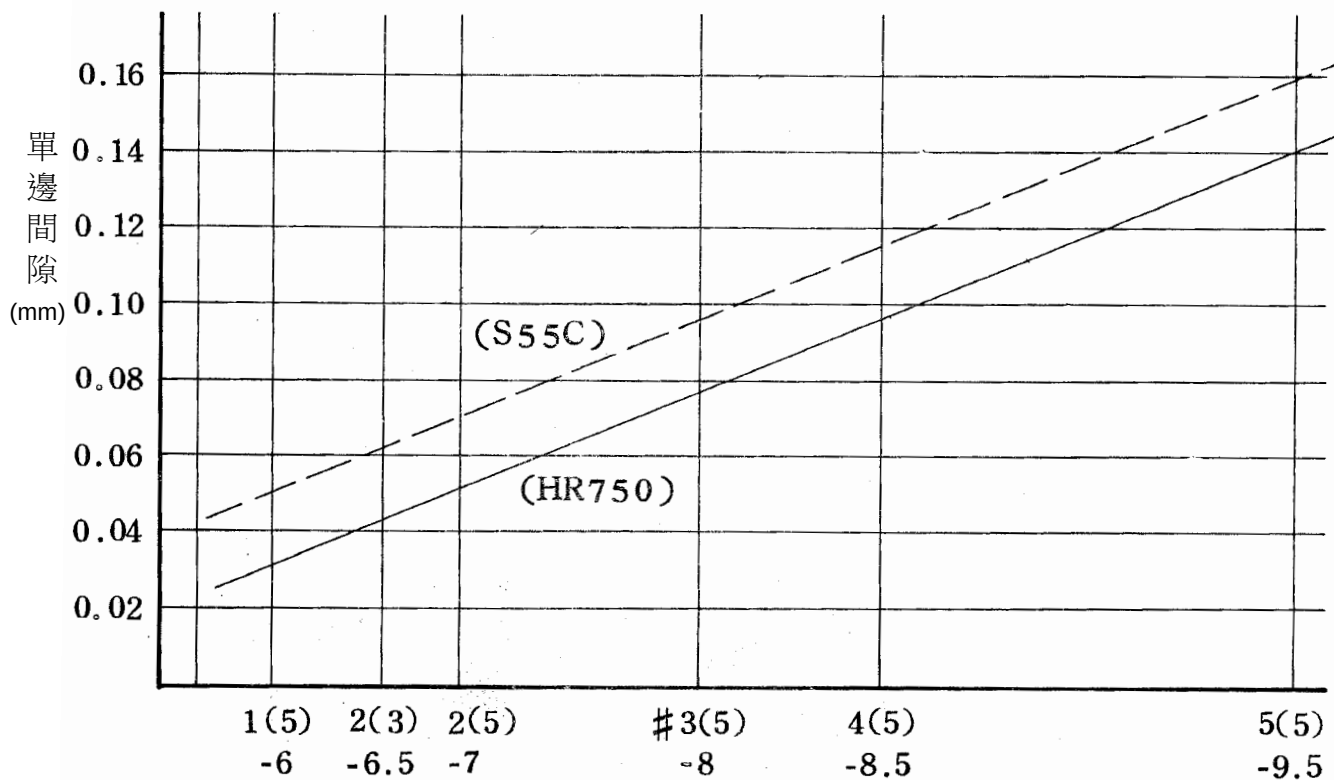
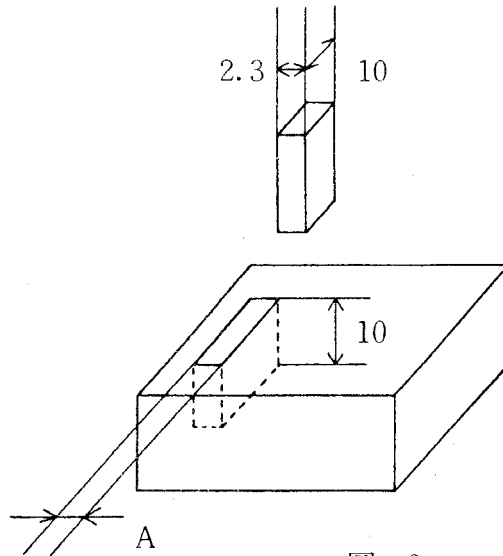


圖 3. HR750 與 S55C 之間隙之比較



資料 3. 加以0.15動搖時之加工速度

材質	電器加工條件			F 回路	放電 安定	放電安定		Gain 調整	加工 電流	實績 時間	加工速度
	IP	ON	OFF			下降	上昇				
S55C	2 (5)	7	6	0	ON	4	3	50	7	1° 49' 25"	2.6mm ³ /min
HR750	2 (5)	7	6	0	ON	4	3	50	9	2° 56' 49"	1.6mm ³ /min



圖一2

由資料 1 與 2 推測，不加動搖時 S55C 與 HR750 之加工速度比為 $6.11 / 2.88 = 2.12$ 由資料 3. 加以動搖而使切屑排除良好時 S55C 與 HR750 之加工速度比為 $2.6 / 1.6 = 1.625$ 由此可知對HR750 加以動搖使切削排除良好時較為有利。

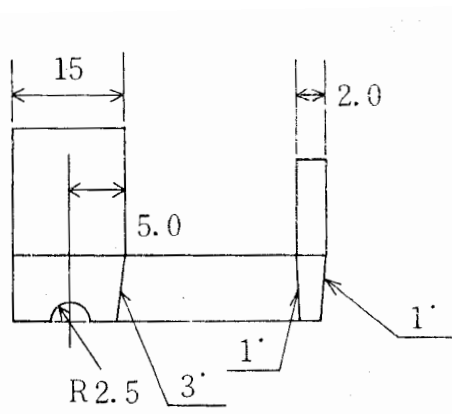
※與 S55C 比較，因 HR750 之間隙小，所以在加工條件範圍，加工層之排除不好而加工速度大幅降低。

其對策就是活用搖動加工。

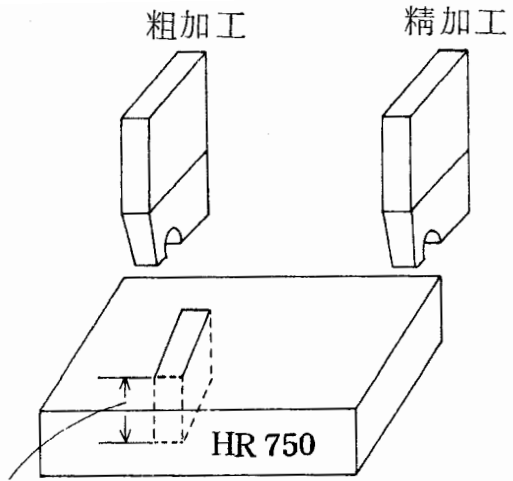
又在 S55C 之由於面積效果而速度降低的情形並看不出來，由於間隙與表面粗度數值都很小而可看出盡量提高加工條件比較有利。

參考以上之結果做了試驗：

二. 與以往 S55C 之加工條件之比較試驗



圖一3



圖一4

- ◆ 加工深度 : 15 mm
- ◆ 同尺寸之電極2只工作粗加工使用

粗加工 14.9
精加工 15.0

資料 4. 以往之條件組合 (A) 之加工速度
(加工S55C之條件)

材質 HR750

	電氣加工條件			F	放電安定		Gain 調整	搖動	實績 時間	全部時間
	IP	ON	OFF	回路	下降	上昇				
粗加工	2 (5)	7	6	0	4	3	50	0~90	4 ° 44'	5° 34' 20"
	2 (3)	6.5	6	0	4	3	50			
	1 (5)	6	6	2	2	3	50			
精加工	2 (3)	6.5	6	0	4	3	50	90~150	50' 20"	
	1 (5)	6.0	6	2	2	3	50			
	1 (4)	6.0	6	2	2	3	50			

資料 5. 本次嘗試之組合 (B) 之加工速度

材質 HR750

	電氣加工條件			F	放電安定		Gain 調整	搖動	實績 時間	全部時間
	IP	ON	OFF	回路	下降	上昇				
粗加工	4 (5)	8.5	6	0	4	3	50	0~100	1 ° 7' 5"	1 ° 43' 29"
	3 (5)	8	6	0	4	3	50			
	2 (5)	7	6	0	4	3	50			
	2 (3)	6.5	6	0	4	3	50			
精加工	2 (5)	7	6	0	4	3	50	100~150	36' 24"	
	2 (3)	6.5	6	0	4	3	50			
	1 (5)	6.0	6	2	2	3	50			

感想： HR750很少面積效果之影響，表面也較細，所以比以往之S55C之加工條件，無論粗加工、精加工都可提高 1 ~ 2 級加工，所以可大幅縮短加工時間，而最後之電極消耗在 (B) 所得的結果也較少。