

[I] KTSM 模具材料概要

1. 預硬鋼

由本公司預施熱處理 (Prehardening , 預硬) , 所以在加工過程中 , 不必再作熱處理。

(1) 大型汎用模具用 (KTSM21 , KTSM2A , KTSM31, KTSM3A)

此鋼種以一般雜貨、汽車、家電等大型模具用為中心最廣泛被使用。其中 **KTSM21**, **KTSM31** 是屬於易切鋼, 由於可使佔模具製作過程之大半的機械加工容易進行, 所以對模具加工時間的縮短上能有貢獻。

(2) 大型量產模具用 (KTSM3M)

KTSM3M 是 **AISI P20** 的改良鋼種, 其硬化能優於大型汎用鋼種, 厚件的中心部位也可得較高的硬度, 廣用於家電、汽車等的大型量產模具, 以及鏡面性的要求比汎用鋼種高的模具等。

(3) 高硬度, 耐磨耗模具用 (KTSM40E , KTSM40EF)

此材料是以時效硬化處理, 預硬為 **HRC 40** 的材料。此硬度則接近以預硬狀態下能作機械加工的界限。 **KTSM40E** 不但具優越耐磨耗性, 亦因採用特殊熔解法煉製, 所以鏡面性特優的材料。 **KTSM40EF** 是以 **KTSM40E** 作基本, 把被削性加以改良者。兩者用於須具耐磨耗性的工程塑膠成型用模具, 以及需更具高度的鏡面性之模具。

(4) 耐腐蝕模具用 (KTSM420 , KTSM6UL)

為了改良耐候性、難燃性而摻和氯乙烯單體等的塑膠, 由於成形中會產生腐蝕性氣體因此會使模具壽命縮短, 或者需要清理模具。針對此問題, 所開發的模具用鋼 **KTSM420** 和 **KTSM6UL**, 都是高鉻系不銹鋼。

(5) 高循環成形模具用 (HR 750)

HR750 是導熱度大的銅合金, 其強度介於 **S55C** 系鋼與 **SCM** 系鋼之中間。塑膠的成形循環受制於模具內熔融塑膠的固化時間, 因此若模具的全部或某部分 (鑲件) 使用 **HR750** 時, 則可加快模具的冷卻而能得高循環成形。(細節參考個別技術資料)

2. 淬火 — 回火鋼 (固溶化 — 時效處理鋼)

此種鋼料因用為模具時的硬度高，所以機械加工困難，而在模具加工過程中須施熱處理 (交貨時為退火或固溶化狀態)。

(1) 高強度、高韌性模具用 (KTSM — CF19)

KTSM — CF19 是為了用於須具高度鏡面加工性，高強度及高韌性的模具所開發之麻時效鋼。

因為使用硬度在 HRC50 以上，因此以固溶化狀態交貨，所以在模具加工途中須作時效硬化處理。

(2) 高強度、超精密模具用 (KTSM60)

KTSM60 是以須要超鏡面性的模具及摻玻璃纖維塑膠用模具為對象所開發的高鉻系不銹鋼，而煉製時採用特殊熔解法，保持高清淨度之材料。由於以退火狀態交貨，因此在模具加工途中須作淬火 — 回火處理。

(3) 非磁性模具用 (KTSM — UM1)

KTSM — UM1 是時效硬化型非磁性鋼，適於塑膠磁石成形用模具材料。通常以固溶化狀態交貨，因此模具加工途中須作時效硬化處理。

[III] KTSM模具用鋼一覽表

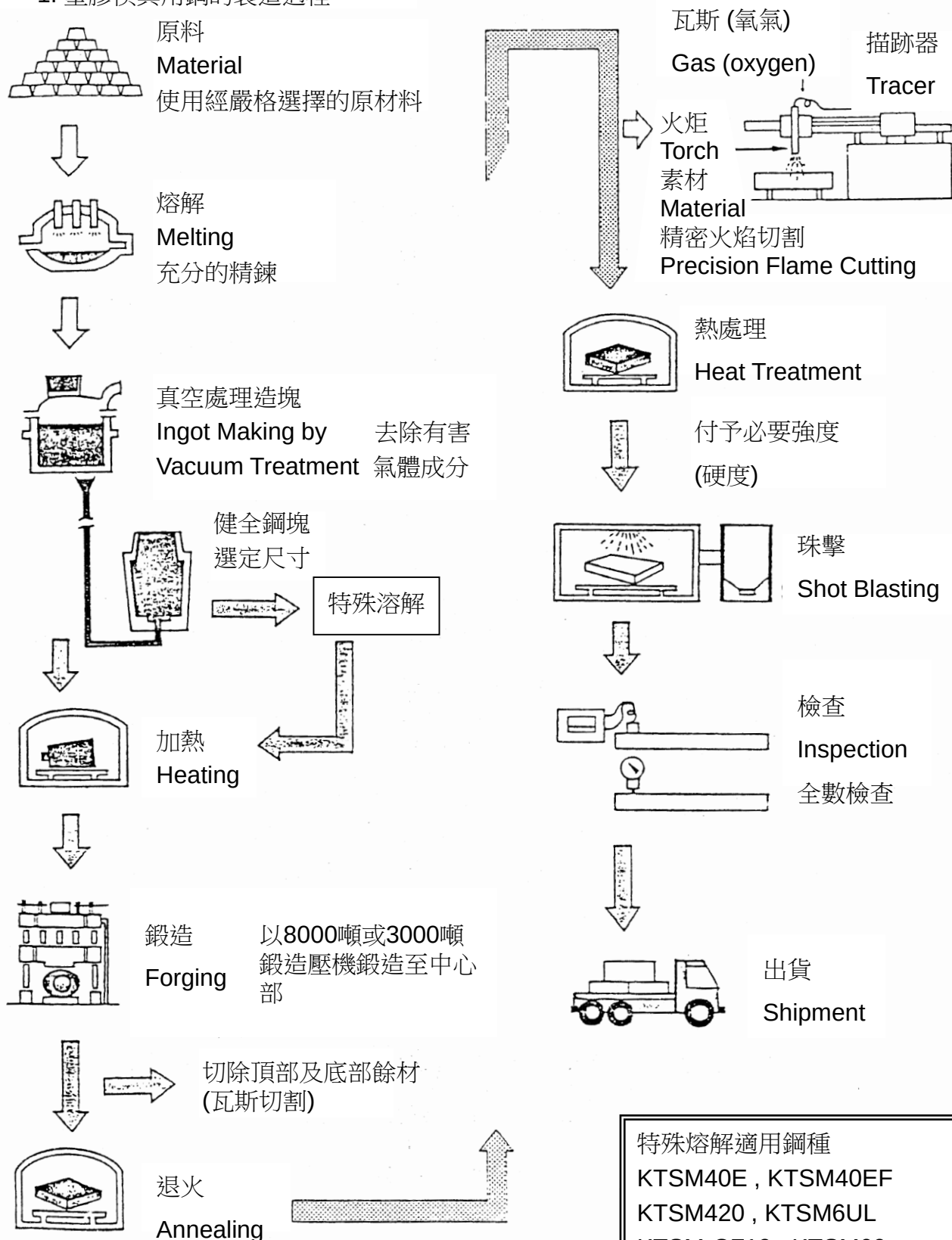
品牌名稱	材 質	熱處理硬度	熱處理條件	化學成分 (wt%)，其他					
				C	Si	Mn	Cr	Mo	其他
KTSM21	S55C改良鋼	Hs30 (HRc14)	不要	0.42	0.30	1.20			特殊元素
KTSM2A	〃	Hs30 (HRc14)	〃	0.52	0.25	0.97			
KTSM31	SCM440改良鋼	Hs40 (HRc28)	〃	0.35	0.30	1.25	1.10	0.25	特殊元素
KTSM3A	〃	Hs40 (HRc28)	〃	0.37	0.25	0.85	1.10	0.25	
KTSM3M	高Cr-Mo鋼 (AISI P20系)	Hs46 (HRc33)	〃	0.37	0.28	1.25	1.75	0.45	V 添加
KTSM40E	時效硬化鋼 (AISI P21系)	Hs54 (HRc40)	〃	專 利 申 請 中					
KTSM40EF	〃	Hs54 (HRc40)	〃	專 利 申 請 中					
KTSM420	SUS 420J2 改良鋼	Hs42 (HRc30)	〃	0.33	<1.00	<1.00	13.00		
KTSM6UL	高Cr不鏽鋼	Hs44 (HRc32)	〃	≤0.05			12.50	Ni 2.00	
KTSM-60	〃	Hs78 (HRc58)	淬火-回火	0.35			10.00	2.00	V 添加
KTSM-CF19	麻時效鋼	Hs67 (HRc50)	時效處理	≤0.03			Ni18.00	Mo 2.00	Ti Ca V 其他
KTSM-UM1	非磁性鋼	Hs58 (HRc44)	〃	0.40	0.50	17.00	12.00	Ni 2.00	V，其他
HR750	耐熱銅合金	Hs40 (HRc27)	不要	Cu-Ni-Si-Al 系 專 利 申 請 中					

[III] 用途別 KTSM 推薦鋼種

代表性樹脂			代表製品	模具要求特性	推薦鋼種
一般 熱塑性 熱固性 樹脂	一般	具縮醛 聚丙烯 聚苯乙烯 ABS	保險桿 散熱器格柵 尾燈 內部嵌板 (儀錶板) 辦公自動 機器 吸塵器 齒輪類	被 削 性 耐磨耗性	KTSM21 , KTSM2A KTSM31 , KTSM3A KTSM3M KTSM40EF
	精密 咬花面	ABS	儀錶板 內部裝配品 頂蓋	咬花加工性	KTSM40E KTSM40EF
	透明物品	壓克力 聚苯乙烯	音響防塵蓋 錄音帶匣 化粧品匣	鏡面加工性	KTSM3M KTSM40E
玻璃纖維 強化樹脂	熱塑性	①聚碳酸脂 ②耐隆 ③ ABS ④ AS	電子零件 照相機殼體 鍵盤 電動工具 殼體 VTR匣	高度耐磨耗性	KTSM40E +表面處理 KTSM40EF+表面處理 KTSM60 KAD181 (粉末合金) KAS440 (粉末合金)
	熱固性	酚樹脂 環氧樹脂 聚脂	齒輪類 斷電器 IC 電晶體		
難燃樹脂(UL規格)		ABS 聚苯乙烯 AS	電視箱 陰極射線 管蓋 乾燥器	耐 蝕 性	KTSM6UL
PVC		聚氯乙烯	電話 雨水溝槽, 管 容器類	高度耐蝕性	KTSM420 , KAS440
超鏡面加工品		壓克力 聚碳酸脂	透鏡 光學圓盤	高度鏡面加工 性+強度	KTSM-CF19 , KAS440 , KTSM60
塑 膠 磁 石		含磁性氧 化物樹脂	磁石	非磁性高硬度	KTSM-UM1

[IV] 製造過程及其特徵

1. 塑膠模具用鋼的製造過程



特殊溶解適用鋼種
KTSM40E, KTSM40EF
KTSM420, KTSM6UL
KTSM-CF19, KTSM60
特殊溶解方法
ESR, VAR, VIM

2. 製造過程的特徵

製造過程中能影響塑膠模具用鋼品質的重要過程為煉鋼（熔解，造塊）過程、鍛鍊過程及熱處理過程。以下介紹本公司 KTSM 材料的各過程的特點：

（1）煉鋼過程

- ① 溶解 為了減少對模具用鋼有害的不純物，嚴選原材料，並使用 20 噸或 100 噸電弧式熔解爐熔解而充分予以精煉。
- ② 造塊 採用真空脫氣處理，減少有害氣體量而製作適宜尺寸的健全鋼塊。
- ③ 特殊熔解 對須具優越均質性及高清淨度的高級模具材料，則採用 ESR (Electro-Slag Refining, 電渣精煉)，VAR (Vacuum arc refining, 真空電弧精煉)，VIM (Vacuum induction melting, 真空感應熔解) 等來製作高品質鋼塊。

（2）鍛鍊過程

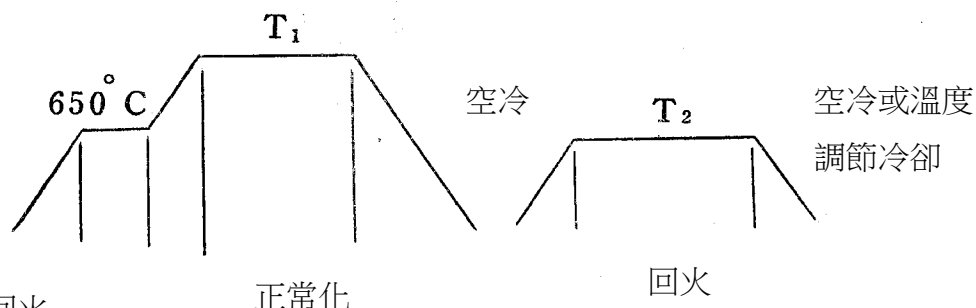
- ① 加熱 為使鍛鍊成容易，以及促進微量偏析 (Microsegregation) 之擴散使材料均質化，在 1200 ~ 1250 °C 高溫充分加熱至鋼塊中心部位。
- ② 鍛鍊 對模具用鋼的均質性及內部品質改善來講不可缺少鍛鍊。鍛鍊不但須要破壞鋼塊的粗大組織使其微細化，同時為了能將氣孔、孔穴壓密，要有充分容量的鍛造壓機。KTSM 模具用鋼則配合材料的尺寸，適當選用本公司的 8000 噸、3000 噸或 2000 噸鍛造壓機，而以大型砧使材料內部也能得到鍛鍊效果，以便高品質化。

（3）熱處理過程

模具用鋼，為了得到所必要的機械性質，要作正常化、淬火、回火、固溶化、時效處理等熱處理。實施此等熱處理時若所生的殘留應力大，則成為在模具加工中會引起變形等故障之原因。

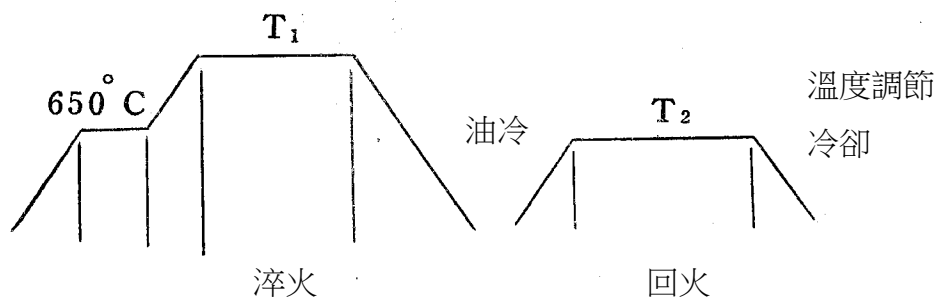
KTSM 模具用鋼採用能減少殘留應力的熱處理方法，而使模具的變形減至最小。下面表示代表性的熱處理曲線。

① 正常化 — 回火 (KTSM21, KTSM2A)



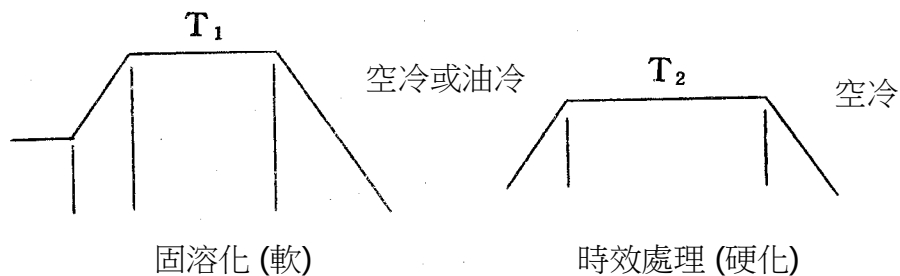
② 淬火 — 回火

(KTSM31, KTSM3A, KTSM3M, KTSM420, KTSM6UL, KTSM60)



③ 固溶化 — 時效處理

(KTSM40E, KTSM40EF, KTSM - CF19, KTSM - UM1)



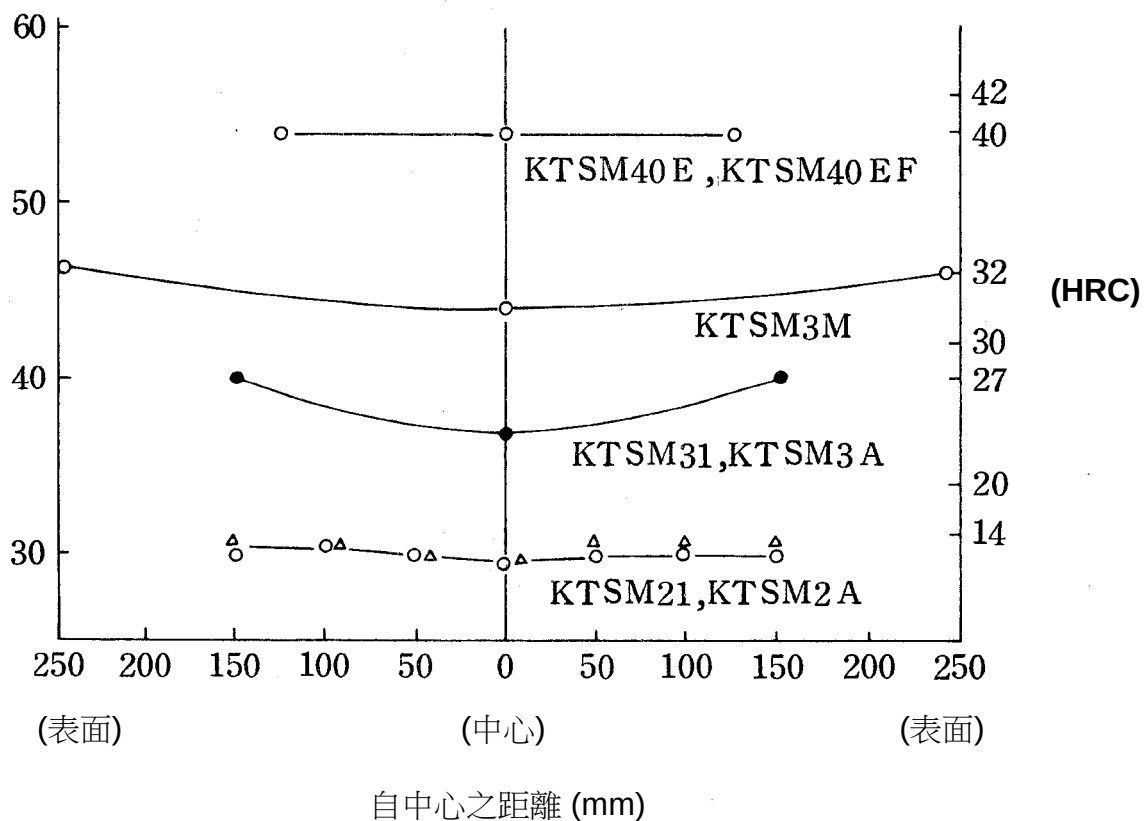
鋼種	T1	T2	備註
KTSM21 KTSM2A KTSM31 KTSM3A KTSM3M	850°C~900°C	550°C~650°C	
KTSM420 KTSM6UL	1000°C~1050°C 1050°C~1100°C	600°C~650°C 450°C~500°C	
KTSM60	1070°C~1130°C	480°C~520°C	以同條件做二次回火
KTSM40E KTSM40EF	850°C~900°C	500°C~540°C	
KTSM-CF19	820°C~870°C	470°C~520°C	
KTSM-UM1	1150°C~1200°C	650°C~700°C	

3. 塑膠模具用鋼的品質設計與管理要點

模具材料應具備的性質		模具製作中及使用中的事故	製造工程			品質確認
			製鋼	鍛鍊	熱處理	
無缺損	空隙	- 龜裂 - 鏡面加工不均	採用真空脫氣處理來減少含有氣體量	以鍛造壓機的強壓壓密內部空隙	—	超音波探傷檢查 化學成分分析 硬度檢查
	夾雜物	- 龜裂 - 鏡面加工不均	- 採用真空脫氣處理來減少含有氣體量 - 適切的鑄造溫度 - 適切的耐火物	充分的切除量 (頂部, 底部)	—	
具有 { 充分強度 高韌度 耐磨性 耐蝕性		- 龜裂 - 磨耗 - 腐蝕	- 使用經嚴格選別的原材料(減少不純物) - 選擇適切的化學成分	- 破壞鑄造組織 - 付予充分的鍛鍊效果	- 利用退火, 調質處理來細化晶粒 - 適切的硬度	
均質性良好		- 龜裂 - 咬花加工不均 - 鏡面加工不均	- 使用氫氣攪拌 - 使用經嚴格選別的原物料(減少不純物) - 選擇適切的鋼塊尺寸	- 均一加熱, 透心鍛鍊 - 高溫擴散處理	使用高級熱處理爐及淬火裝置來均勻加熱, 均勻冷卻	
殘留應力小		- 變形 - 龜裂	—	—	- 採用高溫回火去除應力 - 調整材料內外的冷卻溫度	
焊接性良好		- 龜裂 - 咬花加工不均 - 鏡面加工不均	- 選擇適切的化學成分 - 使用經嚴格選別的原材料(減少不純物)	利用鍛鍊效果來高韌性化	採用高溫回火來得對熱的安定化	
切削性良好		- 模具加工時間長 - 工具費高	選擇適切的化學成分	—	—	

[V] KTSM模具用鋼的品質特性

1. 斷面硬度分布 (大型泛用, 量產用)



2. 機械性質

	0.2% 降伏強度 (kg/mm ²)	抗拉強度 (kg/mm ²)	伸長率 (%)	斷面縮率 (%)
KTSM21	36.7	70.6	19	46
KTSM2A	36.5	71.4	22	45
KTSM31	74.5	93.9	20	54
KTSM3A	70.8	88.7	21	57
KTSM3M	90.3	104.8	18	58
KTSM40E	91.3	128.7	17	47
KTSM40EF	89.1	128.7	16	45

3. 表面的顯微組織 (代表例)

	×100	組織狀態
KTSM21		肥粒鐵+波來鐵組織
KTSM31		變韌鐵組織
KTSM3M		變韌鐵組織
KTSM40E		變韌鐵+析出相組織

註：KTSM2A，KTSM3A，KTSM40EF的顯微組織，各分別與KTSM21，KTSM31，KTSM40E的顯微組織相同狀態。

4. 被削性

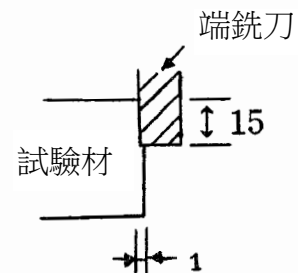
(一)大型汎用模具用鋼

對模具的成本及交貨期限來講，材料的被削性具有重要的影響。KTSM21 和 KTSM31 是易切鋼型，與非易切鋼型相比較可提高 20 ~ 40 % 的加工效率。

下面表示機械加工量多的大型汎用模具鋼之被削性。所示資料為一般多用的使用端銑刀之被削性試驗結果。

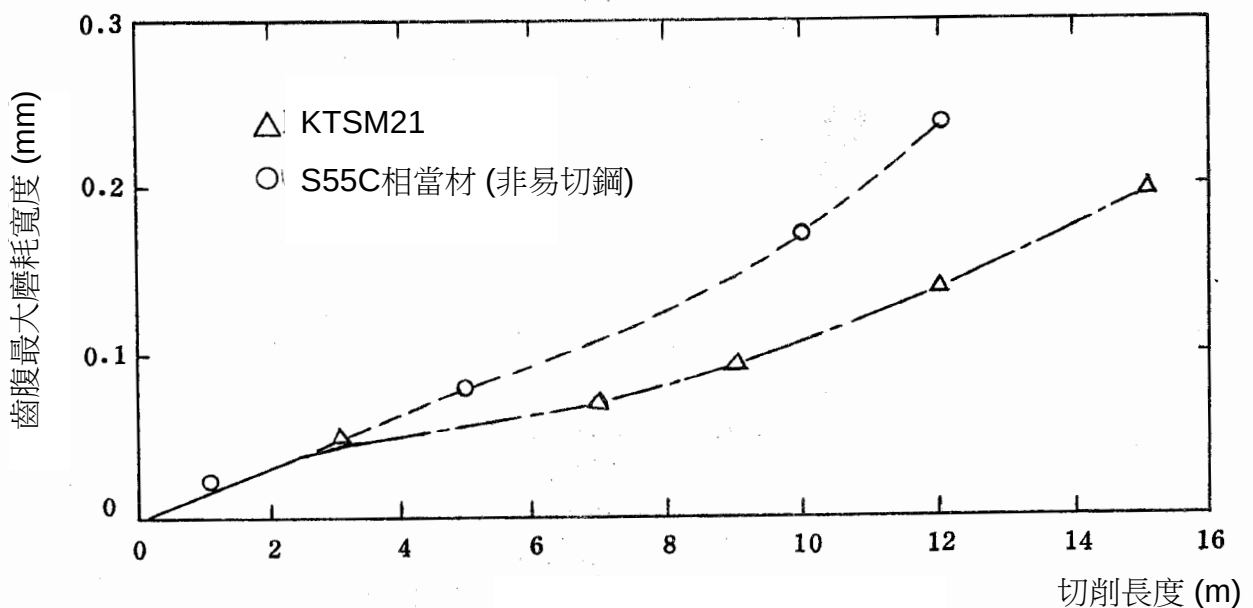
被削性試驗條件

機械	立式銑床
工具	(Co-HSS) 高速鋼端銑刀 ($\phi 10$ -2枚刃)
切削速度	15.1 m/min (480 r.p.m.)
進給速度	100.0 mm/min
切削方向	向上銑
切削劑	無
切削型態	軸方向：15mm，直徑方向：1mm



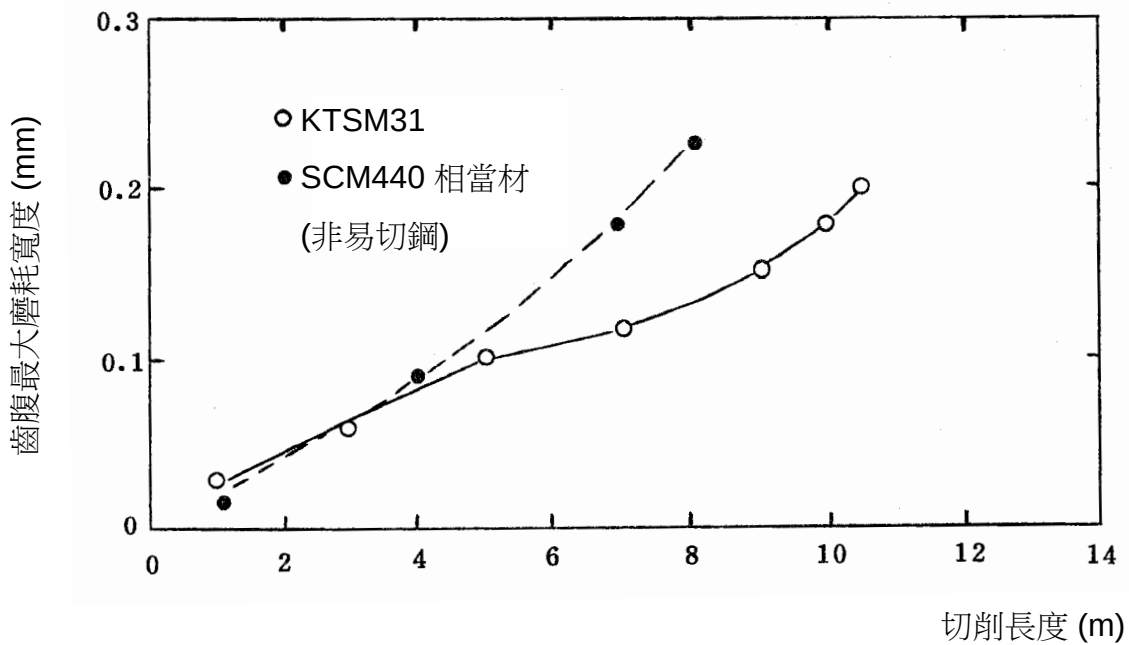
切削型態

(1) 碳鋼系



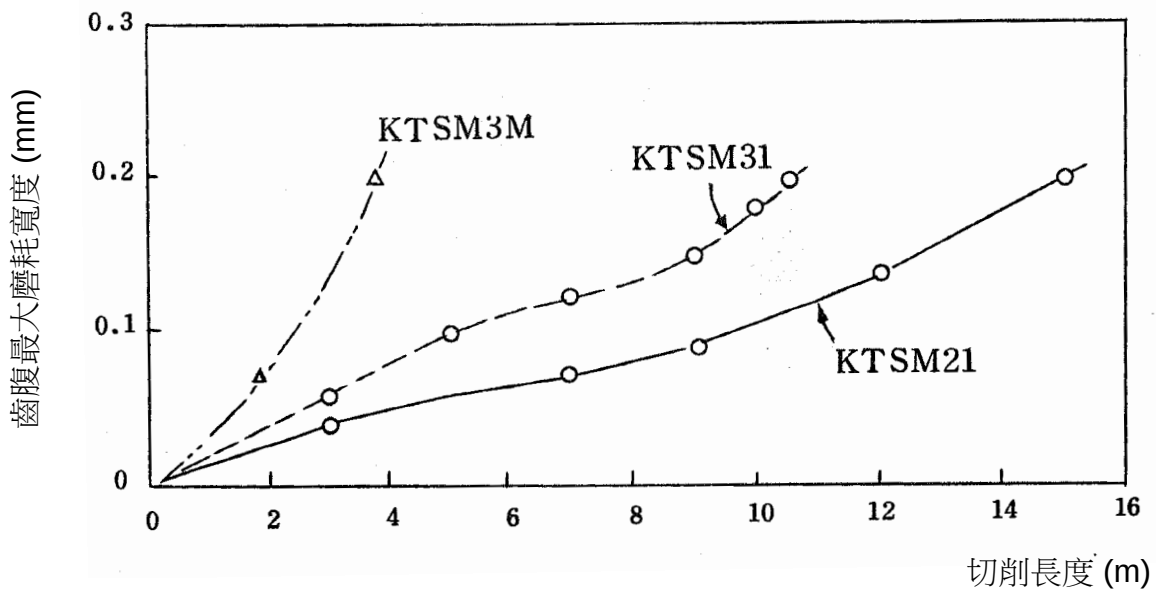
碳鋼的被削性試驗結果

(2) 鉻 - 鉬鋼系



鉻 - 鉬鋼的被削性試驗結果

(3) 各鋼種的比較



各鋼種的切削長度與工具磨耗之關係

(二) 時效硬化鋼

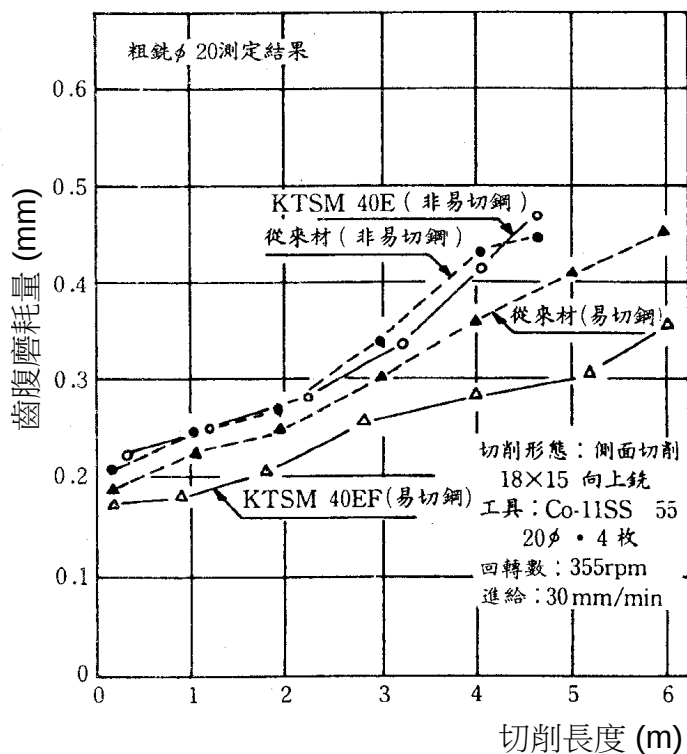
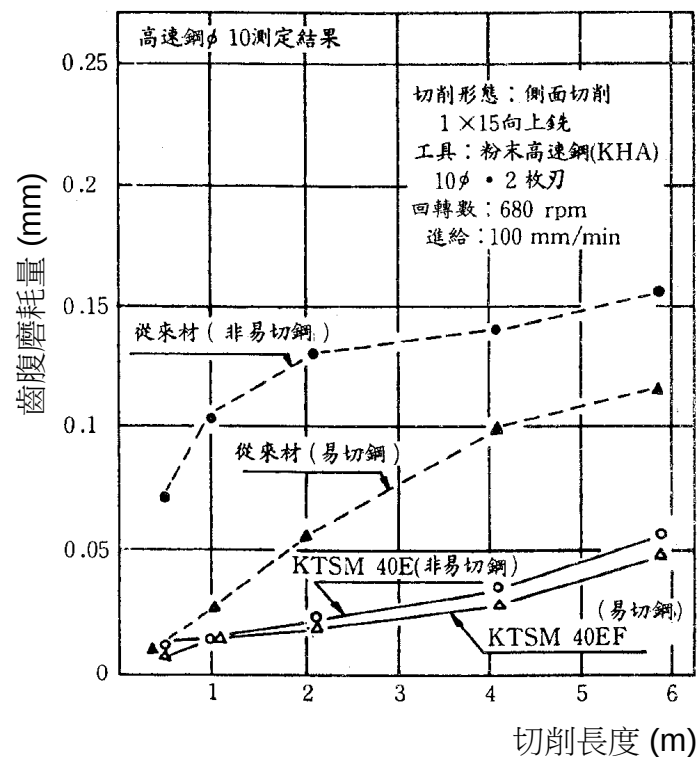
(1) 工具壽命

① 輕切削時：KTSM40E(非易切鋼)與以往的析出硬化鋼相比，工具磨耗特性優良，可延長中間精加工及最後精加工的工具壽命。

KTSM40EF(易切鋼)與 KTSM40E 相比，工具磨耗特性優良，更可延長工具壽命。

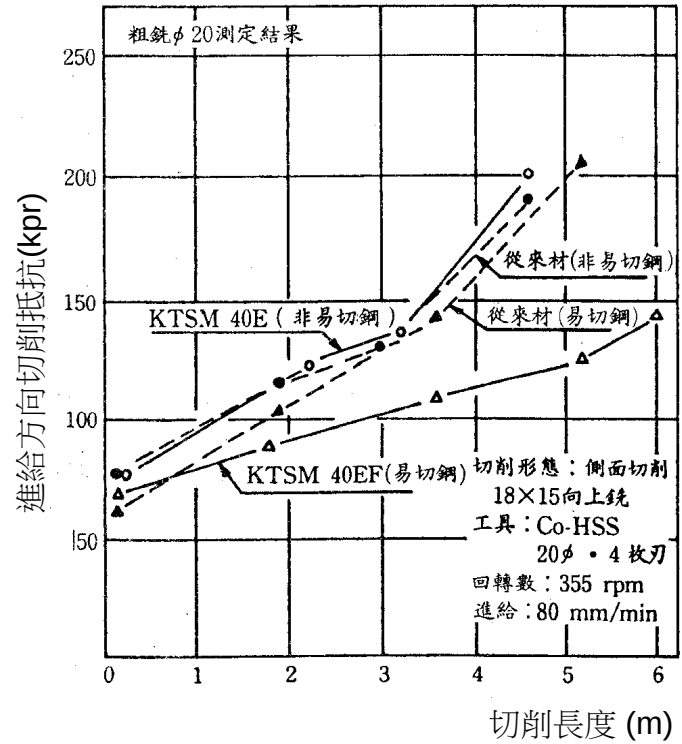
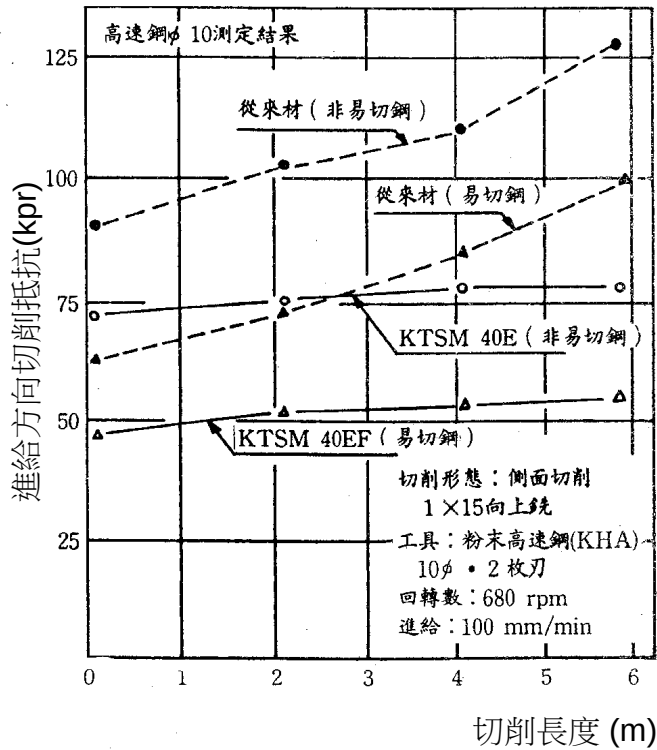
② 重切削時：KTSM40E 的工具磨耗特性與從來鋼種大致同等。KTSM40EF在重切削時，則可呈示其顯著的功效，能將工具壽命延長至非易切鋼的約 2 倍。

下面表示齒腹磨耗寬度與切削長度之關係：

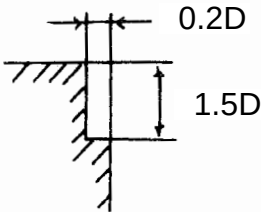
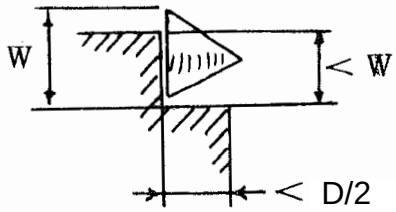


(2) 切削抵抗

下面表示KTSM40E，KTSM40EF及從來鋼種的切削抵抗與切削長度的關係比較：



(三) 標準切削條件 (端銑刀加工) — 其1

鋼種 \ 工具種類	鈹高速鋼 (2枚刃) $\psi 10$		超硬丟棄式 (2枚刃) $\psi 30$	
	回轉數 (rpm)	進給速度 (mm/min)	回轉數 (rpm)	進給速度 (mm/min)
KTSM21	740 480~1000	120 70~140	1350 850~1800	350 210~430
KTSM2A	640 480~800	90 70~110	1100 850~1400	270 210~330
KTSM31	680 480~860	90 70~110	1000 640~1400	270 160~360
KTSM3A	580 480~680	80 70~100	900 640~1100	230 160~300
KTSM3M	540 480~600	65 55~80	800 640~960	200 160~250
切削型態				

※使用粉末高速鋼時工具壽命會延長。

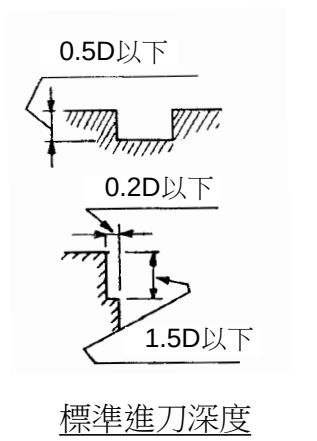
※使用 4 枚刃時，進給速度可提高 1.4 ~ 1.8 倍。

標準切削條件 (端銑刀加工) – 其2, KTSM40E , KTSM40EF

汎用 2 枚刃短刃長 (工具, 粉末高速鋼)

直徑 (mm)	回轉數 (rpm)	進給速度 (mm/min)
5	1200 (1000~1400)	85 (70~100)
10	680 (480~700)	100 (70~110)
20	300 (240~350)	50 (45~65)

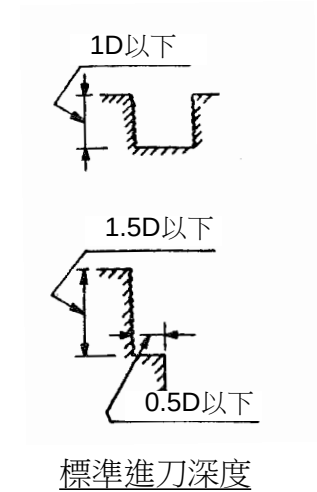
- * 使用 4 枚刃時, 本表的進給速度可增至 1.4 ~ 1.8 倍。
- * 使用中長刃長時, 配合加工形態將進給速度降低 20 ~ 50 % 來使用。



粗銑 (工具 : Co – HSS)

直徑 (mm)	回轉數 (rpm)	進給速度 (mm/min)
20	350 (300~420)	40 (20~60)
30	240 (200~300)	30 (20~40)
40	180 (130~220)	30 (20~40)

- * 使用大徑尺寸時, 配合機械剛性及工作物的夾持剛性, 將進刀深度降低 20 ~ 50 % 來使用。



5. 咬花加工

咬花加工是以塑膠製品的表面裝飾品主要目的，採用化學方法在模具表面付予均一花紋凹凸之加工法，其均一性為左右製品價值的重要因素。

一般咬花加工時產生不均勻的原因有如下：

(1) 起因於材料者

- ・ 顯著的偏析
- ・ 組織及硬度分佈之不良 (不均)
- ・ 焊接及熱影響區

(2) 起因於模具加工者

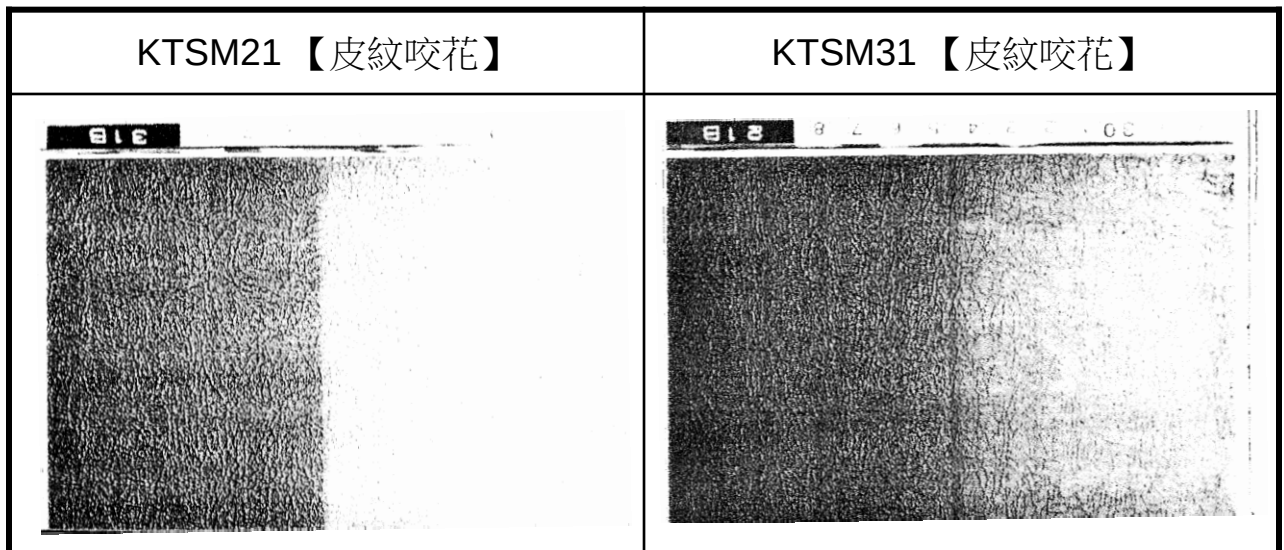
- ・ 咬花加工前之表面粗度不均勻
- ・ 放電加工影響部之殘留

(3) 起因於咬花作業者

- ・ 咬花加工條件不適當
- ・ 洗滌不充分

KTSM 模具用鋼為了防止起因於材料本身的咬花不均，在製造過程中加以充分留意，因此具有能得均勻的咬花加工之品質。

咬 花 加 工 例



咬花加工注意事項

- (1) 採用通常的咬花加工法，就可得美麗的咬花花紋，為了慎重起見，可要求咬花加工業者明示牌名。
- (2) 含焊接部時，若咬花加工後未施處理，可能會有咬花不均的現象，因此宜在咬花加工後實施珠粒噴擊。
- (3) 咬花加工前的研磨宜研磨至 #400 ~ #600 程度。尤其梨皮地等細花紋時，研磨粗度宜細。

6. 研磨加工

1. 適用範圍

	KTSM21	KTSM31
研磨紙或 (粒徑) 鑽石膏 (粒度)	至15μ 至#1000	至5μ 至#3000

2. 注意點

- (1) 研磨加工時使用鑽石膏 (研磨紙)，不可使用氧化鉻、氧化鋁。
- (2) 研磨時，須把前工程的研磨痕跡確實去除後，才移至次工程。
- (3) 超過 #3000 的研磨加工及對壓克力等樹脂，則推薦採用 KTSM3M 材質 (相當於 AISI-P20)

研磨性

模具用鋼的研磨性為左右塑膠的裝飾光澤品、透明品等的外觀上或功能上之品質之重要特性。

研磨性有兩種：

- ① 容易研磨加工。（研磨加工性）
- ② 施精加工時，研磨面粗度要小，精度要高。（鏡面性）

(1) 研磨加工性；

研磨的易度會受依存於材料的化學成分、硬度、組織等的研削性之影響。

(2) 鏡面性：

模具材料的研磨性，可說以鏡面性來評價，而以能將研磨面的粗度降至多小來判定材料的研磨性之良否。

模具材料為了能得優良鏡面性須具下列條件：

- ① 顯微組織須均一。
- ② 晶粒要微細。
- ③ 清淨度要高。（非金屬夾雜要少）
- ④ 硬度要高，且微小硬度須均一。

KTSM 模具用鋼在此方面與其他公司所製造的同材質相比較時，具有更優的品質。

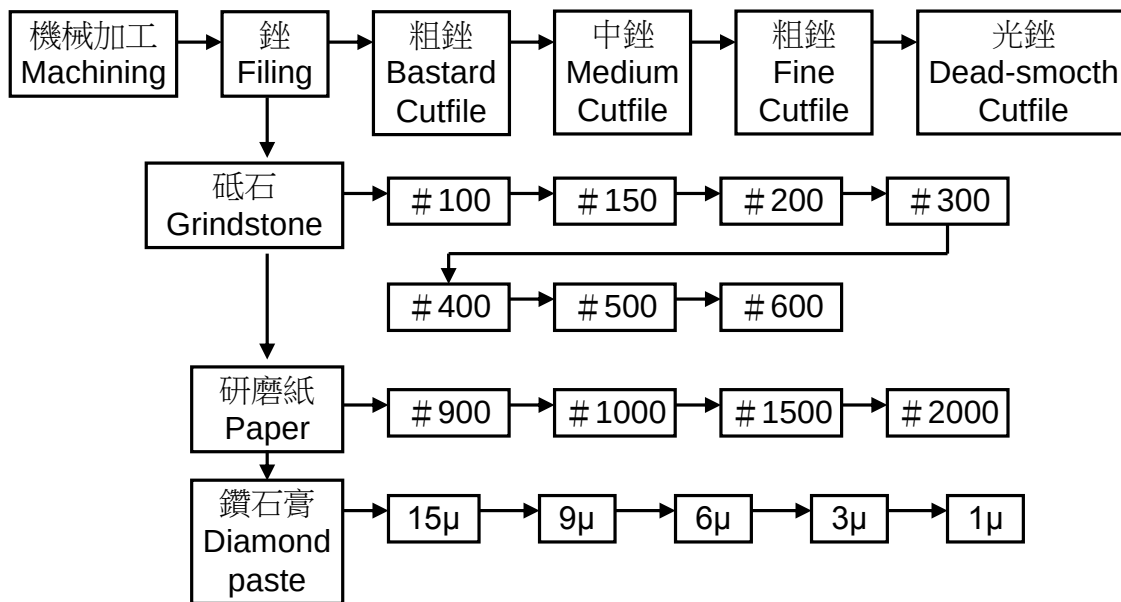
下面表示各材質的研磨加工性之相對比較及鏡面加工之範圍。

鋼 種	研磨加工性指數					鏡 面 性					
	20	40	60	80	100	#2,000	#4,000	#6,000	#8,000	#10,000	#12,000
KTSM 21											
KTSM 2A											
KTSM 31											
KTSM 3A											
KTSM 3M											
KTSM 40E											
KTSM 40EF											
KTSM 420											
KTSM-6UL											
KTSM-CF19											
KTSM 60											

(3) 研磨作業順序

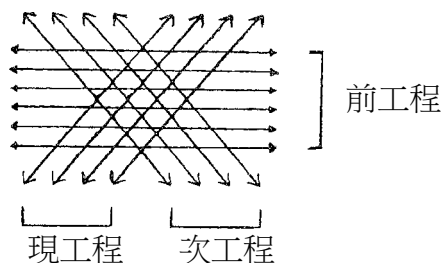
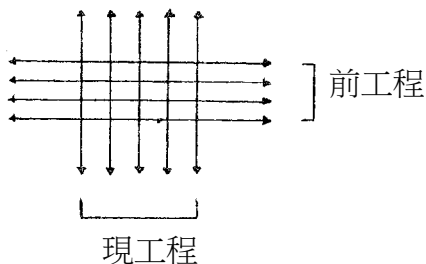
模具的研磨大部分以手工作業，是決定研磨面良否的重要作業，因此模具製造業者，通常以具有豐富經驗的人員用手工作業，一般的研磨作業順序及注意事項如下：

一般的研磨順序



研磨作業注意事項

- (1) 機械加工所得的精加工面盡量要平坦。
- (2) 研磨作業時，對前工程的研磨痕跡成交差方向研磨。

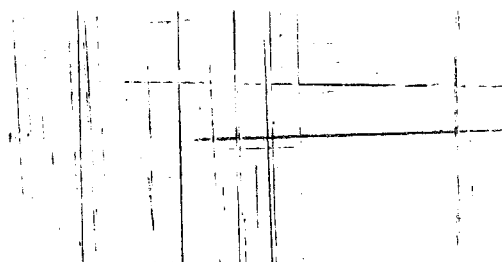


- (3) 要確實去除前工程的研磨痕跡。



▲照片 良好研磨例

(研磨紙：#1000→#1500之工程)



▲照片 不良研磨例

(研磨紙：#1000→#1500之工程)

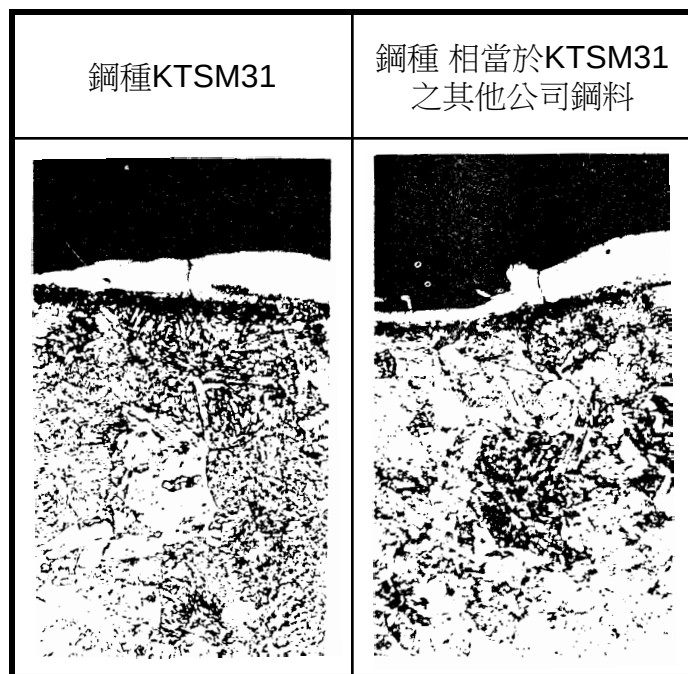
×100

- (4) 愈接近鏡面，愈要注意研磨壓力不得過大。
- (5) 使用手持高速迴轉物實施研磨時容易形成傷痕，因此鏡面研磨時不宜使用。
- (6) 一般，若想縮短得到鏡面的時間，則在粗銼 (Bastard Cutfile) 過程時要仔細研磨。
- (7) 要中斷研磨，或擬長時間放置時，須清淨研磨面，並須作防銹措施，例如保管在乾場所等。
- (8) 須作修正研磨時，要從粗銼開始再研磨。

7. 放電加工性

放電加工是利用放電所產生的熱 (3000 °C ~ 6000 °C，熔解金屬使其沸騰) 和衝擊壓，以及加工 液的分解所產主的氣體壓力 (將熔融，沸騰的金屬利用此壓力吹散) 之加工方法 。 其特點為無論材料的硬度如何，可以高精度來加工微細複雜形狀，而目前能採用 NC 自動程序來作無人操作。此加工法對模具加工來講是不可缺少的加工方法，今後會越來越被廣用。

(1) 放電加工面的變質層



放電加工條件

加工機：DIAX DK700 (三菱)

加工速度：0.5g/min

加工電流：8~9A

電 極：Cu

(消耗比1%以下)

如此例可知，放電加工後的表面有再凝固層 (白層) 和熱影響層的存在 。 放電加工面粗度愈粗變質層深度愈深 (面粗度的約 2 倍)，而面粗度愈細深度愈淺 (約與面粗度同等)。

白層內的微細裂痕，則合金元素愈多，亦放電脈波幅度愈長，電流愈高，其發生的機會愈高。

此等微細裂痕或變質層，通常在放電加工後的研磨時被去除，此時磨去面粗度的 2~3 倍之深度就可。若不實施研磨而就以放電加工面代用咬花加工面時，對放電加工條件的設定上須注意，例如為了使面粗度變細要採用搖動加工等。

下面為有關放電加工之資料，雖然鋼種不同，但請作參考。

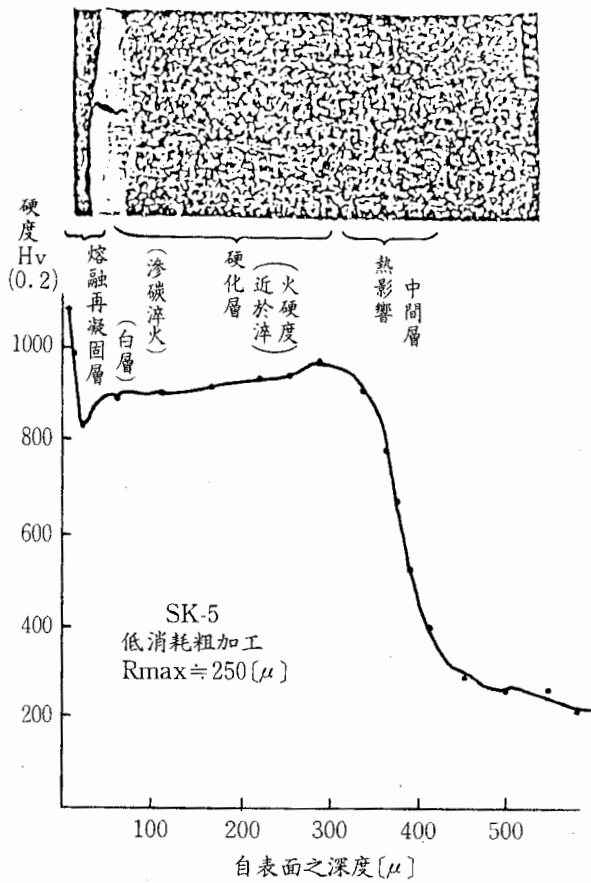
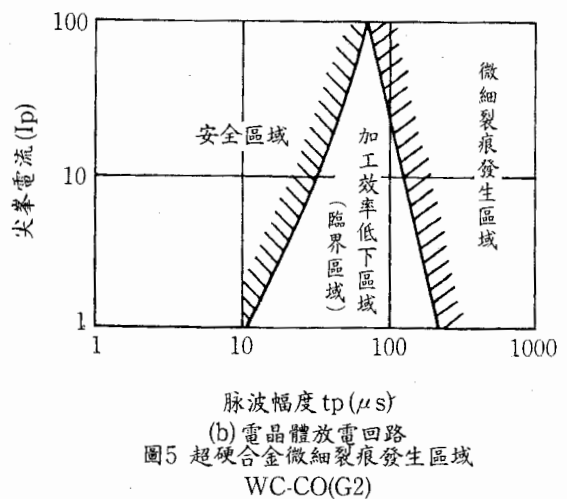
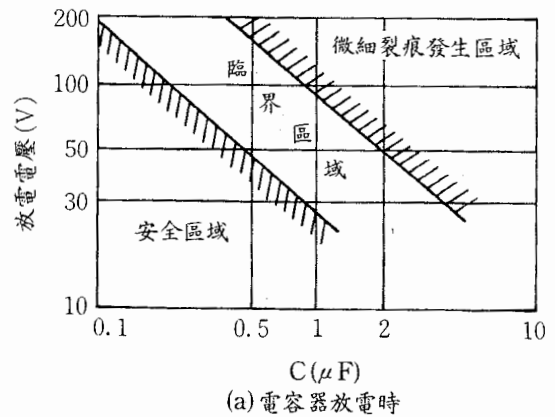
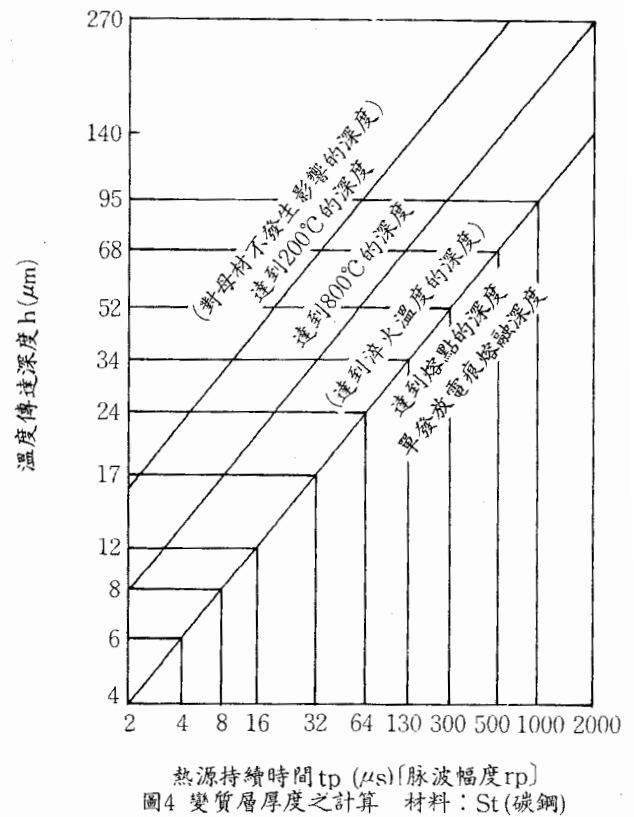


圖3

出處：金屬第50卷(1987年)2月號
P.13~P.17



(2) 放電加工性

如前所述，放電加工是使材料呈熔融－沸騰狀態而施以加工，因此放電加工性可由材料所含元素的熔點和沸點而定。

模具用鋼的放電加工性可由下面 2 點來評估：

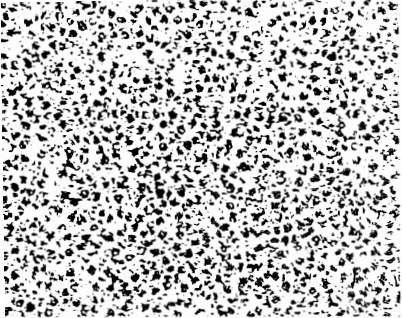
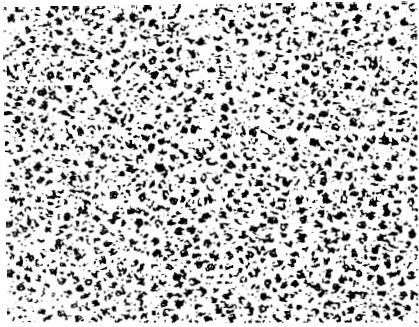
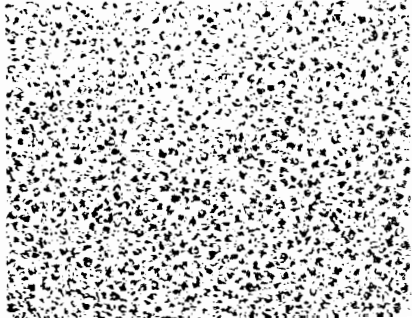
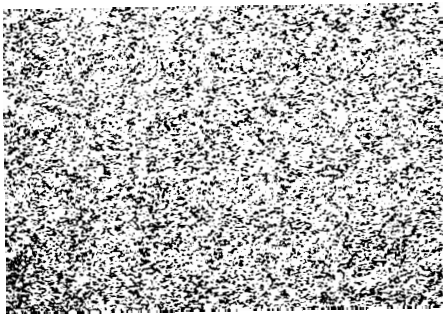
- ① 放電加工速度快。
- ② 可得均一，細小放電加工面粗度。

一般，高清淨，高合金鋼，雖然加工速度慢但加工面粗度細，而低合金又含有低熔點、低沸點元素時，雖然加工速度快，但加工面粗度會變粗。

KTSM模具用鋼之放電加工性

評 價	鋼 種	放電加工性能
優 ↑ ↓ 普	KTSM40E , KTSM60 , KTSM-CF19 , KTSM420 KTSM6UL	可得均一，細小加工面粗度
	KTSM2A , KTSM3A , KTSM3M	一般加工面粗度
	KTSM40EF , KTSM21, KTSM31	加工面粗度略變粗， 但實用上不成問題

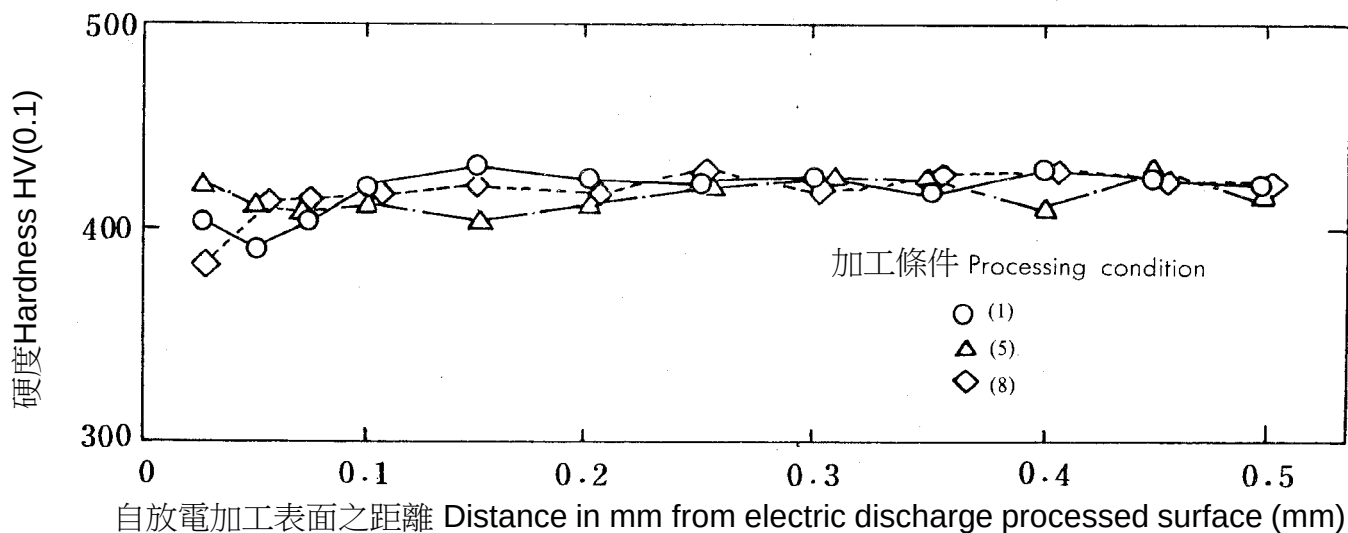
放電加工後之表面狀況 (×10)

KTSM21 (Rmax 14μm)	KTSM31 (Rmax 14μm)
	
KTSM3M (Rmax 14μm)	KTSM40E (Rmax 3μm)
	

(3) KTSM40E , KTSM40EF 放電加工後的特異性

淬火－回火，或正常化－回火型的鋼種，在放電加工後的表面可認出硬化層，但是由於KTSM40E , KTSM40EF是時效硬化型的材料，所以具有不形成硬化層的特點。因此放電加工後也能容易研磨，而對研磨工數削減上有貢獻。

KTSM40E 放電加工斷面的硬度分佈



8. 焊接性

在模具的加工途中，由於①成形品的形狀變更（設計變更），②機械加工的錯誤等，對模具實施，填補焊接（Build-up welding）的場合非常多，而由此焊接起原因發生各種故障。為了防止故障，材料製造者須要努力改善模具用鋼的焊接性，而模具製造者則須仔細注意焊接作業。一般，鋼料的焊接性可以用碳當量（Ceq）求評估。

$$Ceq = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/24$$

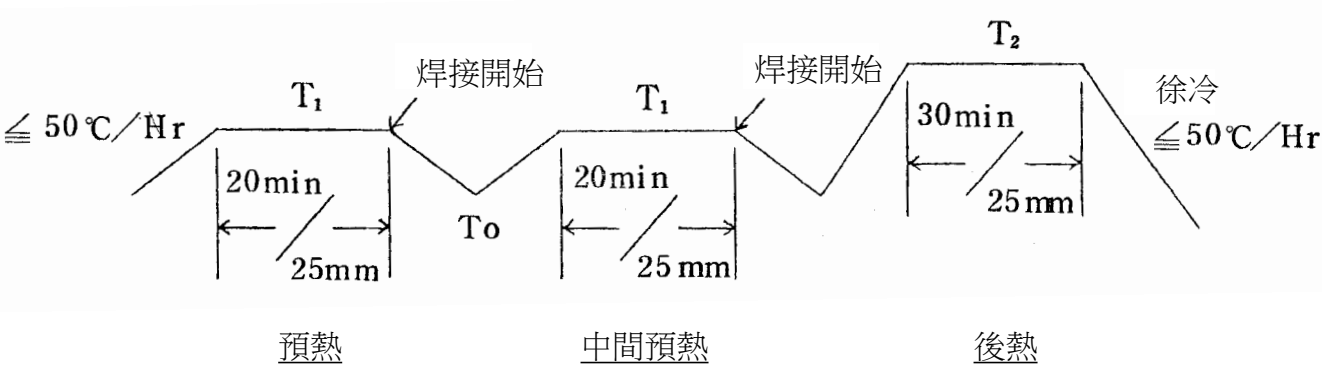
鋼料的 Ceq 愈小愈容易焊接。由此式可知，C（碳）是最能左右焊接性的化學成分。

KTSM 模具鋼在化學成分上加以調整使其容易焊接，而且對各種鋼料提供適確的焊接條件，致力於解除由填補焊接所引起的故障。

以下介紹 KTSM 模具用鋼的 TIG 焊接條件，焊接時的材料特性及焊接作業的注意點等。

(1) 焊接條件 (TIG)

焊接時的熱循環



◆ 焊接中，模具溫度降至 T_o 以下時，須施中間預熱。

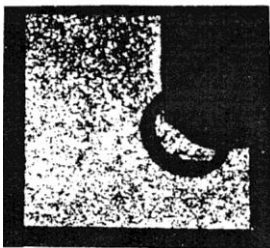
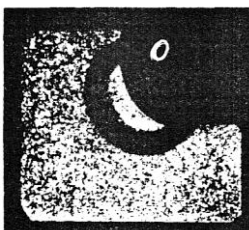
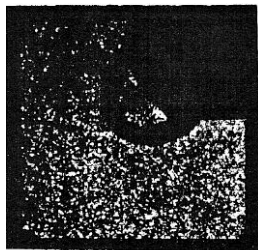
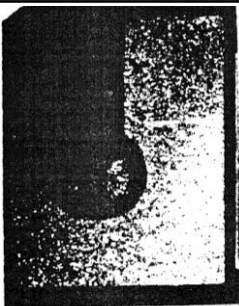
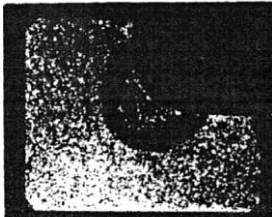
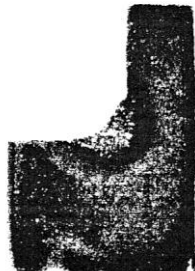
焊接條件

鋼種 作業條件	KTSM21 KTSM2A	KTSM31 KTSM3A	KTSM3M	KTSM40E KTSM40EF
預熱溫度(T_1)($^{\circ}\text{C}$)	250~300	250~300	250~300	100~200
焊接中斷溫度(T_o)($^{\circ}\text{C}$)	200	200	200	70
後熱溫度(T_2)($^{\circ}\text{C}$)	500~550	450~500	500~550	500~550
焊 條	TGS-50 ($\phi 1.6, 2.4, 3.2$)	TGS-1CM ($\phi 1.6, 2.4, 3.2$)	TGS-2CM ($\phi 1.6, 2.4, 3.2$)	同材質焊條 ($\phi 2.4$)
焊條電流(A)	70~170	70~170	70~170	70~170
氬氣流體(l / min)	10~18	10~18	10~18	10~18
電 極	含鈦鎢絲 $\phi 2.4$	含鈦鎢絲 $\phi 2.4$	含鈦鎢絲 $\phi 2.4$	含鈦鎢絲 $\phi 2.4$

(2) 焊接後的硬度分佈

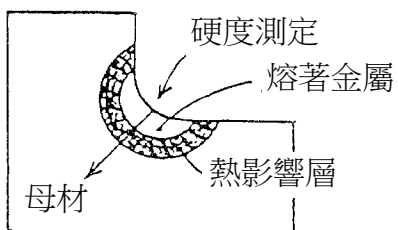
淬火 (正常化) 一回火型的模具用鋼 (KTSM21 , KTSM2A , KTSM31 , KTSM3A , KTSM3M) 會受焊接的熱影響而生成硬化部。其硬化的程度，則因材料的化學成分，焊接時的熱量和模具的預熱溫度之不同而變化。此硬化部以焊接後的後熱也不會完全變為和母材相同的硬度，因此須把硬化部的硬度儘量壓低。其中一種有效的方法是把預熱溫度提高。下面表示預熱溫度之影響一例。

隅角焊接試驗後的巨觀組織

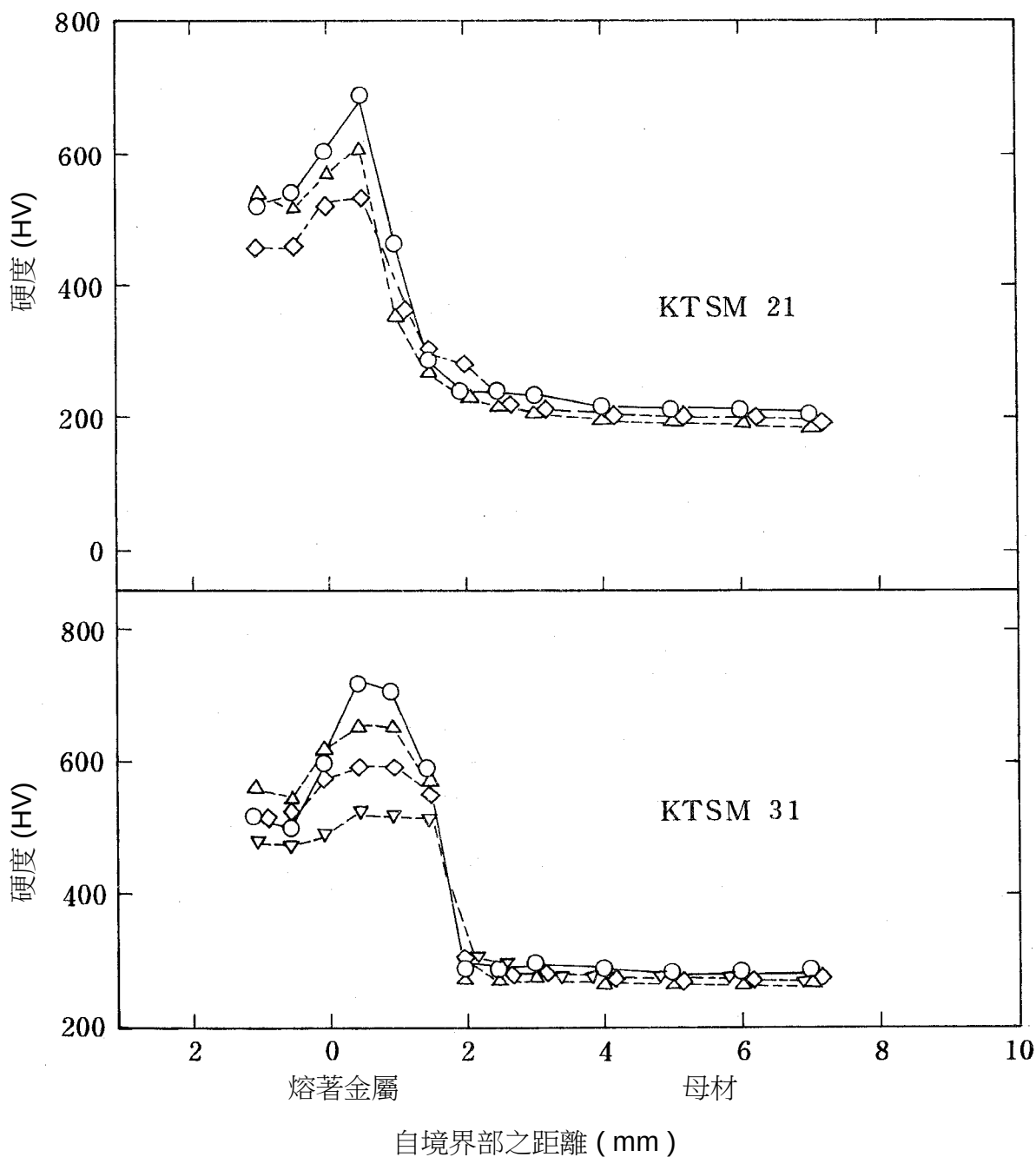
預熱溫度	R.T	100℃	200℃	
KTSM21				
預熱溫度	R.T	100℃	200℃	300℃
KTSM31				

(3) 焊接部的硬度試驗

硬度分佈

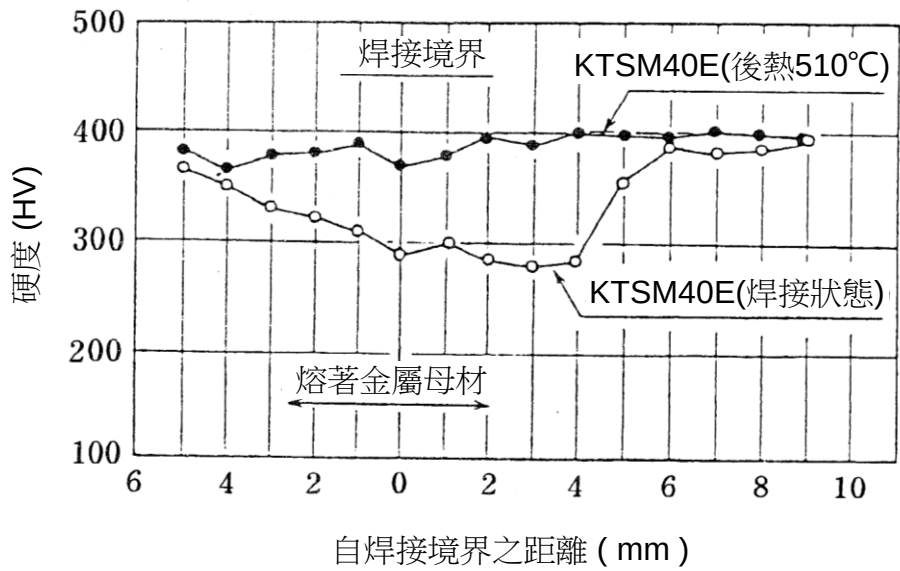


	預熱溫度
○	R.T
△	100°C
◇	200°C
▽	300°C



預熱溫度對焊接部的斷面硬度之影響 (隅肉部)

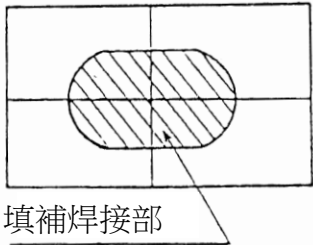
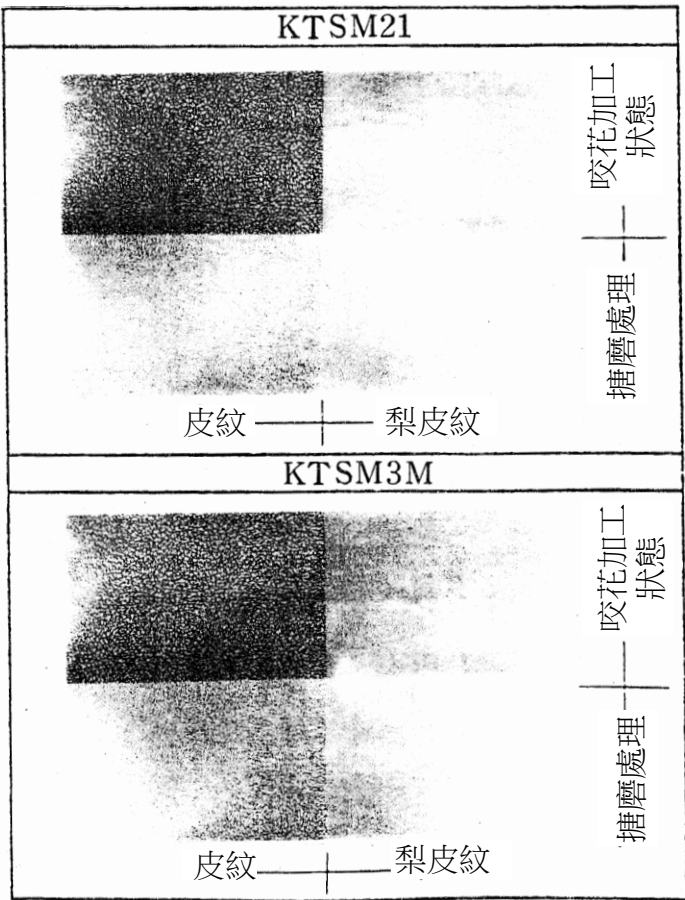
時效硬化型的 KTSM40E, KTSM40EF 所發生的現象，則與淬火一回火型的現象相反。即熱影響部會呈固溶化狀態起軟化，而以後熱（時效處理）再硬化。此情形表示於下圖。



KTSM40E焊接部之斷面硬度分佈

(4) 填補焊接後的咬花加工

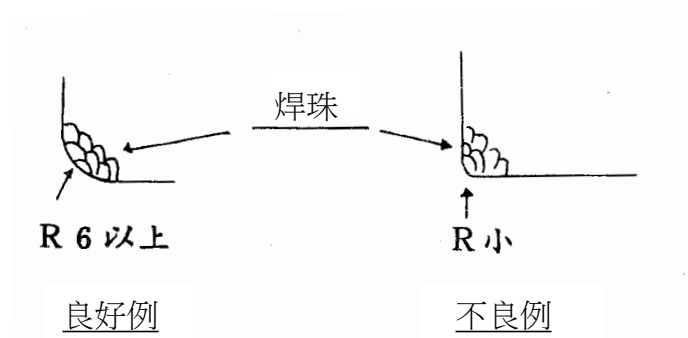
依照 KTSM 模具用鋼焊接條件實施填補焊接作業時，在焊接部也可得實用上完全沒有問題的均一咬花加工面。其一例表示於下面照片：



(5) 填補焊接作業的注意點

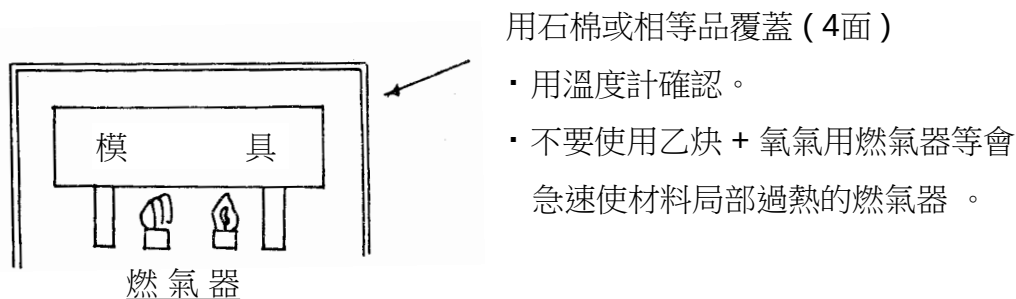
① 準備作業

1. 焊接面事先用洗滌液脫脂，充分加以清洗。
2. 焊珠的氧化膜去除用鋼絲刷、銼打 (peening) 用工具、溫度計等，焊接所必要的工具。須在焊接前就準備妥當。
3. 模具材料在本公司出貨後再加以熱處理等的熱時，須事先連絡。
4. 焊接部的開槽形狀，為了緩和焊接時的應力集中及防止龜裂。隅角部須有 6R 以上的角。



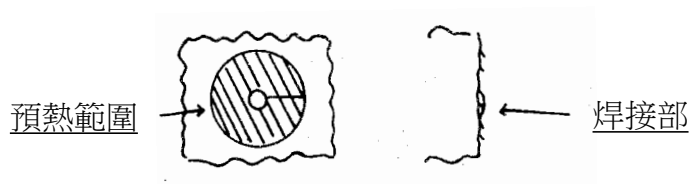
② 預熱作業

1. 把模具全體放入爐中加熱。(最好的方法)
2. 用燃氣器 (Gas burner) 加熱。



③ 局部加熱時

形狀平坦，成形時的負荷應力低，並且對咬花、鏡面等的特性無特別要求時，以焊接部位為中心，將其周圍 150 mm (範圍更廣更好) 加熱於預熱溫度，保持 30 分以上。(加熱時不得急速加熱)



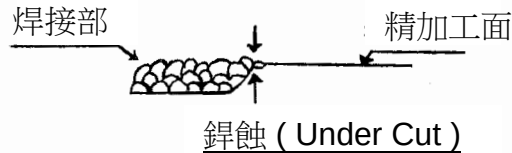
施以預熱的模具在焊接中會降溫，所以用溫度計檢查，而溫度降至 200°C 以下時須再度加熱。焊接量多時，須反覆此作業，以避免在 200°C 以下進行焊接。

④ 模具有施蒸氣孔或冷却水孔加工時，把蒸氣通入此孔加熱則可容易預熱。

(3) 焊接作業

① 使用大電流將焊條溶解量增多時，焊接後的殘留應力會增大，而成為龜裂之發主原因，因此焊接電流以 $70 \sim 140\text{ A}$ 為準，並將焊條少量漸次溶解。

② 精加工面近傍的焊接，為了儘量減少焊蝕 (Under Cut)，焊接電流則使用較低的 $70 \sim 100\text{ A}$ 。



③ 為了防止焊珠表面的薄氧化膜所引起之針孔狀缺陷，焊完每一層焊珠後使用鋼絲刷，刷除氧化膜。

④ 為了可得充分的氬氣遮蔽，放置屏風等以防風吹 (風速 1.5 m/Sec 以下)。

⑤ 為了防止熱影響區的龜裂，焊接後實施鎚打處理，以便減輕殘留應力。

(4) 後熱作業

① 模具的後熱，基本上放入爐中實施，其目的是要減輕殘留應力及降低熱影響區的硬度，而來減輕焊接龜裂易感性。施以後熱時母材與焊接熱影響區的硬度差會減少，而可順利實施咬花加工及鏡面加工。

② 形狀平坦，成形時的負荷應力低，並且對咬花、鏡面等的特性要求不嚴格時，得以焊接部位為中心，將其周圍 150 mm 的範圍加熱 $350^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 保持 30 分以上後徐冷。

③ 容易發生應力集中的深槽 (孔) 模具，儘可能要嚴守 ① 項。

(5) 其他

① 焊接—後熱—模具完全冷卻後做滲透探傷檢查，以確認有否瑕疵。

② 萬一發現龜裂等時，須以機械加工或用手動磨輪完全去除龜裂後，再度作填補焊接。(殘留有瑕疵的狀態實施焊接時，以此瑕疵為起點發生破裂)