

열간 형단조 Die 소재 특성

황남철 선임연구원
이종수 주임연구원

STF4M

1999.6.5

한국중공업(주)
기술연구원

● 서 론

최근 열간 형단조 제품(자동차부품 등)의 다양화와 고정밀화에 대응하여 단조설비 및 단조기술도 현저하게 발전되고 있다. 그리고 열간 형단조 Die 에 사용되는 금형도 복잡하고, 대형화가 되는 추세에 있다.

따라서 형단조 Die 금형 소재의 비용도 증가되기 때문에 금형수명의 향상이 요망되고 있고, 고온의 가혹한 조건에서 사용되는 금형소재로서 내마모성 증대, 높은 소온 강도 및 내·외부의 경도 편차 감소 등의 문제점을 개선하였다.

● Kinds of Tool Steel

- Hot Work Steel
 - STF4, STF4M : 열간 형단조 Die 용(Forging Dies, Hammer, Ram Dies)
 - STD61 : Die Casting Dies, Press Dies, Extruding Dies
 - STD62 : Press Dies, Extrudig Dies
- Cold Work Steel
 - STD11 : Cold Forming Dies, Drawing Dies, Forming Rolls, Blanking Dies, Punches

● Chemical composition

HANJUNG Brand	Chemical Composition(%)							
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V
STF4	0.55 ~0.59	0.15 ~0.35	0.70 ~1.00	1.50 ~1.80	0.70 ~1.20	0.20 ~0.40	-	0.10 ~0.15
STF4M	0.49 ~0.54	0.20 ~0.30	0.95 ~1.05	1.95 ~2.10	0.95 ~1.10	0.45 ~0.55	-	0.10 ~0.20
STD61	0.36 ~0.40	0.90 ~1.20	0.30 ~0.50	<0.25	5.00 ~5.50	1.00 ~1.50	-	0.80 ~1.20
STD62	0.32 ~0.42	0.80 ~1.20	≤0.50	-	4.50 ~5.50	1.00 ~1.50	1.00 ~1.50	0.20 ~0.60
STD11	1.40 ~1.60	0.15 ~0.35	0.25 ~0.35	-	11.0 ~13.0	0.80 ~1.20	-	0.20 ~0.50

● Tool Steel

공구강 특성에 미치는 합금원소의 영향

원소	공구강에 미치는 첨가원소의 영향
C	탄화물이 증가하여 내마모성을 증대시킴
Si	내산화성 증가, 가열에 따른 결정립 성장 방지
Mn	소입성을 증가하여 내마모성이 증대
P	충격저항 저하
S	열간가공성과 인성 저하
Ni	소입성과 인성 증대
Cr	소입성, 내마모성, 내산화성과 인성 증대
Mo	고온경도, 강도, Creep 저항과 소입성 증가
V	결정립 미세화, 탈탄방지, 고온경도와 인성 증가
W	고온경도 증가, 2차 경화, 내마모성 증가

● 형단조 Die 금형소재의 요구 성질

- 1) 작업중에 가해지는 격심한 충격하중에 대하여 파손 혹은 크랙이 생기지 않을 것
- 2) 작업온도에서 피단조 소재와의 마찰에 의한 마모 혹은 붙는 현상이 생기지 않을 것
- 3) 금형 내·외부의 균일한 경도를 가질 것
- 4) 고온에서 장시간 사용하여도 연화와 찌그러지는 현상이 없을 것
- 5) 열피로에 의한 크랙의 발생이 적을 것
- 6) 금형소재의 가공성이 양호할 것

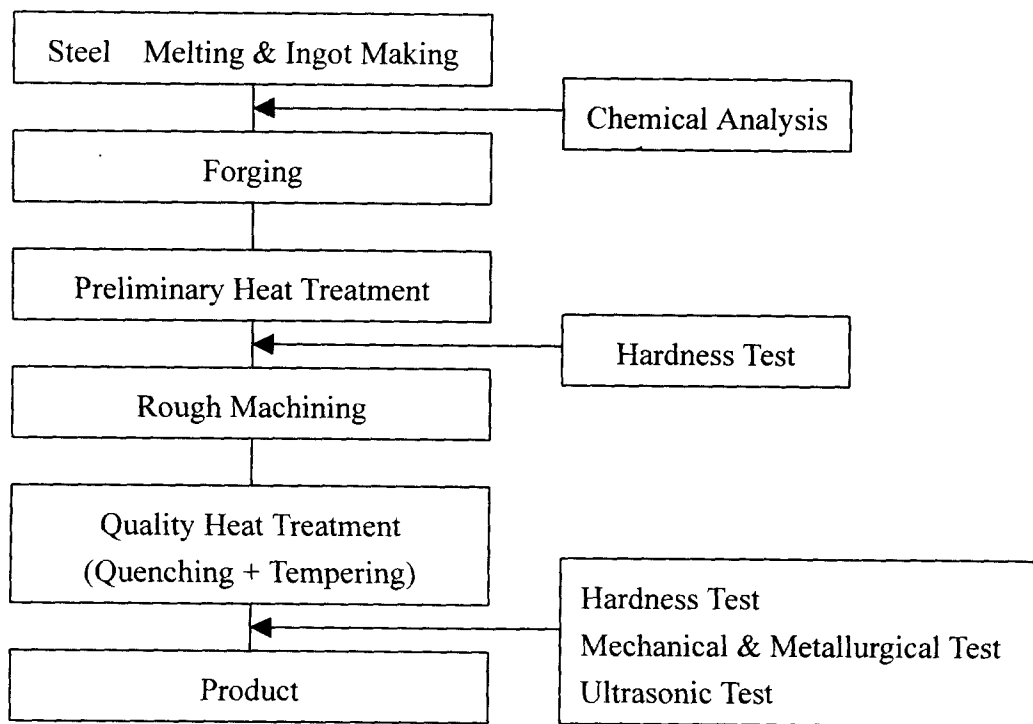
● 열간 형단조 Die 금형의 마모 손상 상황

형단조 Die 금형의 수명에 미치는 원인은 고온강도와 인성 등의 부족으로 기인되는 미세한 열피로크랙(Heat Check), 마모, 파손 등이 있다.

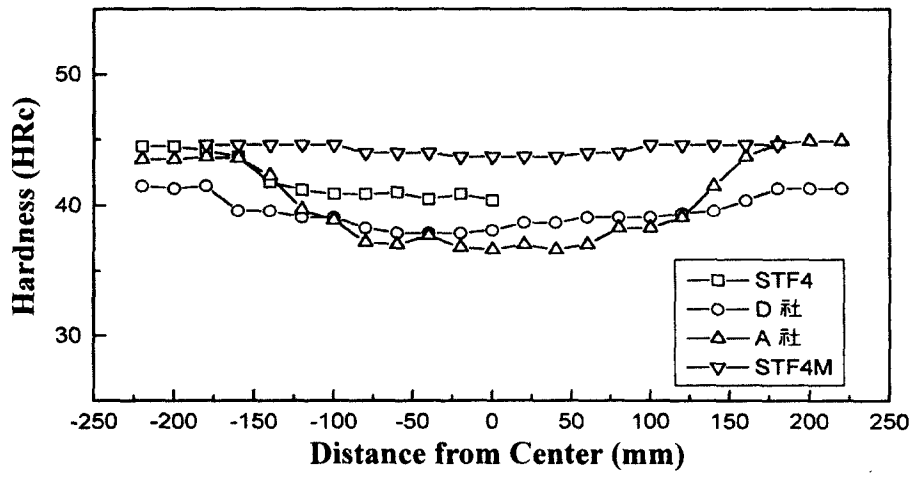
열간 형단조의 성형온도는 피단조 소재의 종류에 따라 다르지만, 약 600 ~ 1200°C 전후까지의 범위가 일반적이다. 단조 성형품의 연속적인 작업(가열 - 냉각) 및 단조 타수의 증가와 더불어 금형표면의 손상이 발생하여 금형수명 저하의 원인이 되고 있다. 특히 Heat Check 는 형단조시 피단조 소

재에 의한 금형표면의 급가열과 이형재에 의한 강제냉각으로 온도변화 Cycle 이 연속적으로 행하여지게 되므로, 이것에 수반하여 열응력이 발생되고, 재료강도 이상의 응력이 금형표면에 생겨나서 미세한 피로 Crack 이 발생한 것이다. 이러한 Crack 들이 진전되면서 소성유동하여 금형의 파손과 마모 등의 손상원인이 된다. 따라서 형단조 Die 금형소재는 높은 고온강도, 내 Heat Check 성, 내마모성, 내연화성 등이 우수한 것을 요구하고 있다.

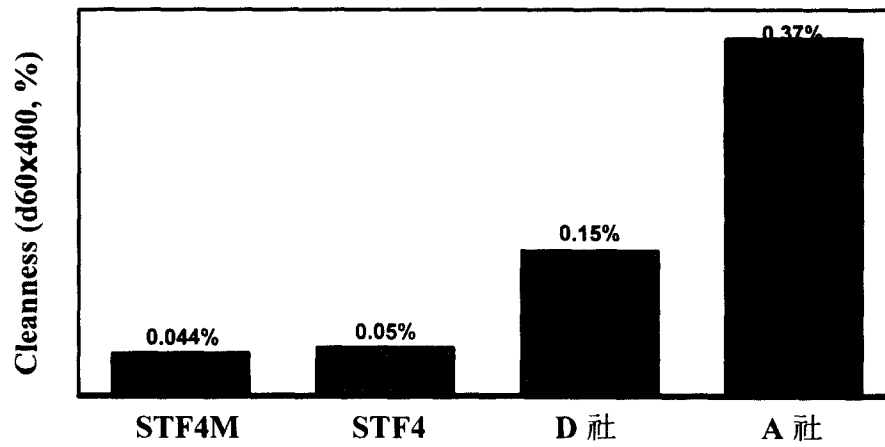
● 제조공정



● 단면경도



● 청정도

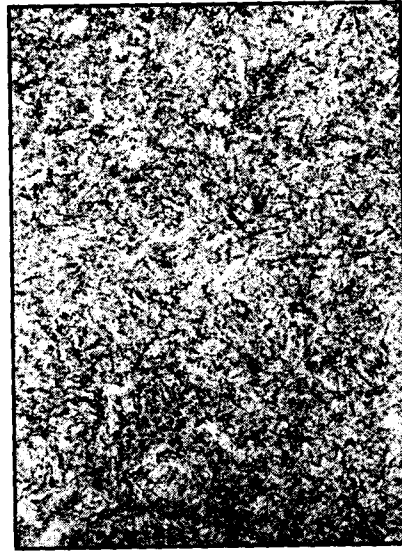


● 미세조직

STF4

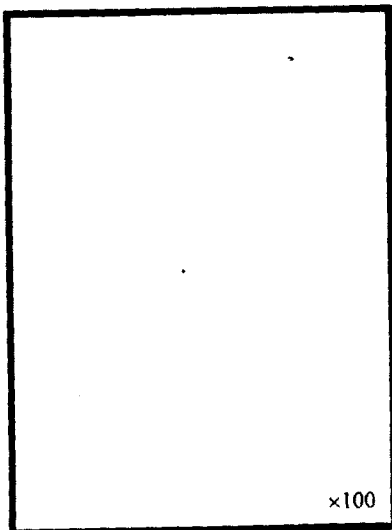


STF4M

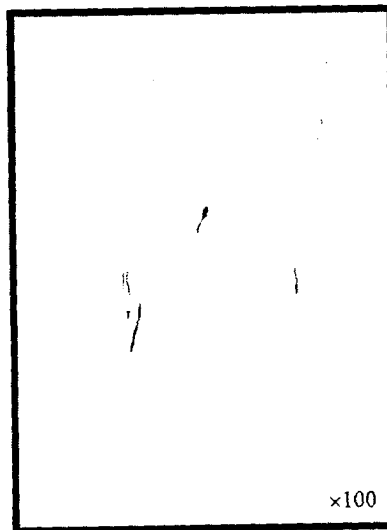


● 비금속개재물 비교

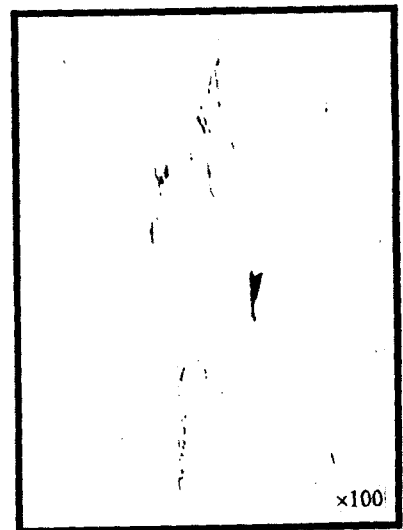
STF4M



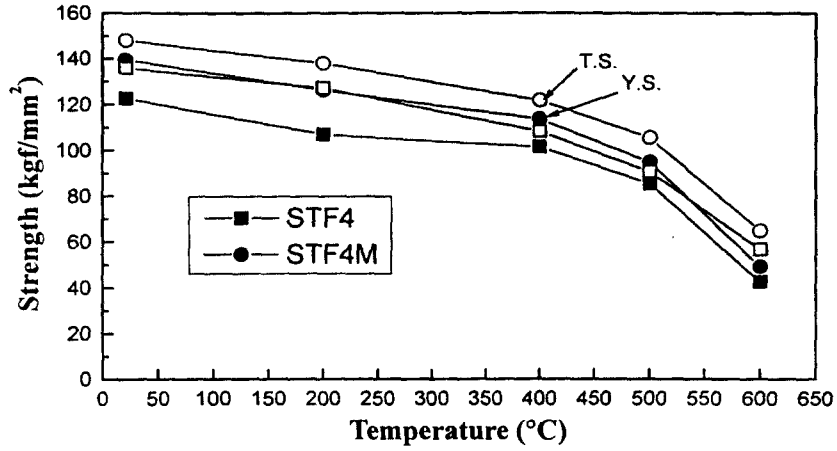
D社



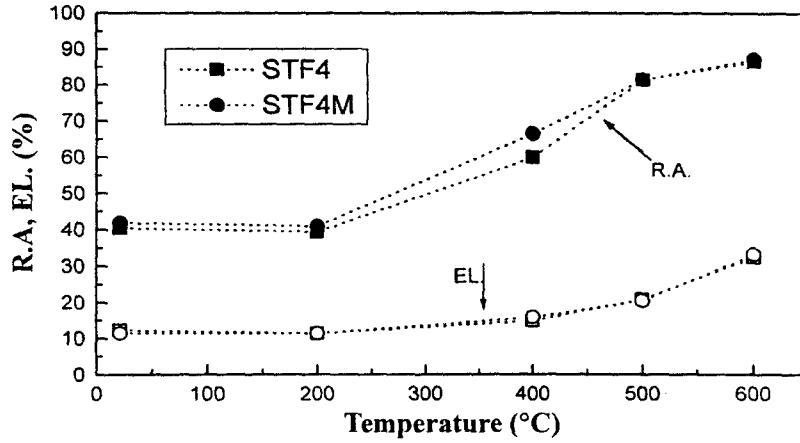
A社



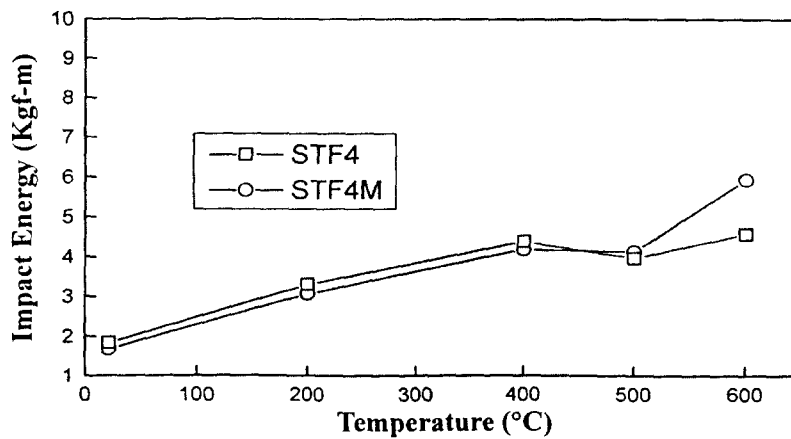
● 고온 인장 (항복강도, 인장강도)



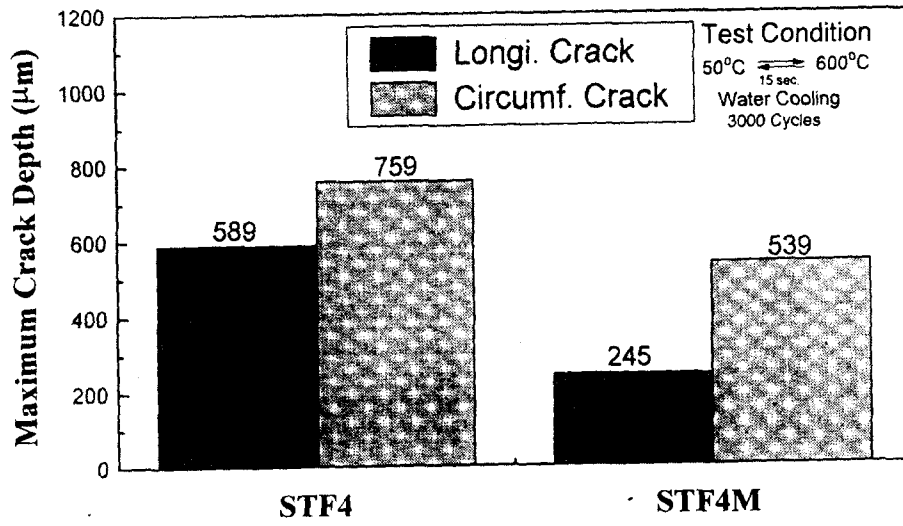
● 고온인장 (연신율, 단면적 감소율)



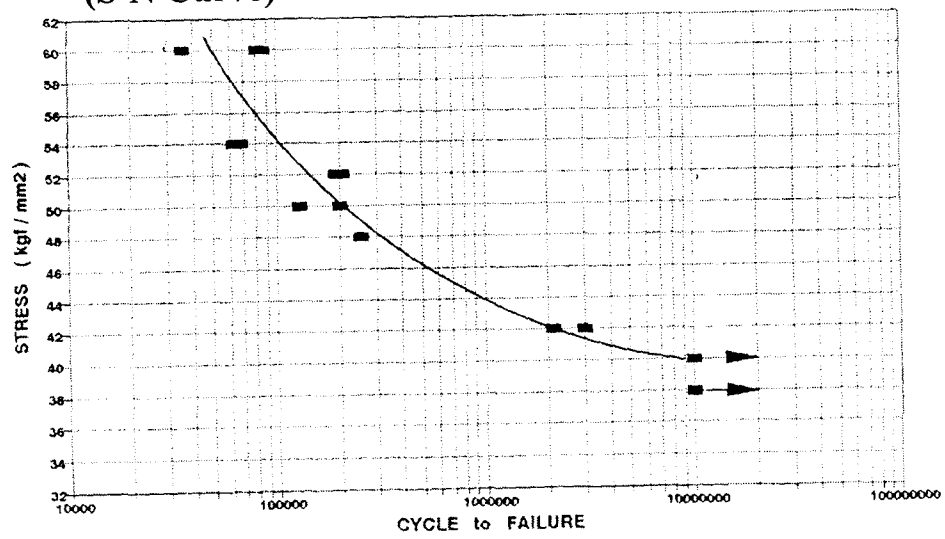
● 고온 충격 (Elevated Temperature Impact Value)



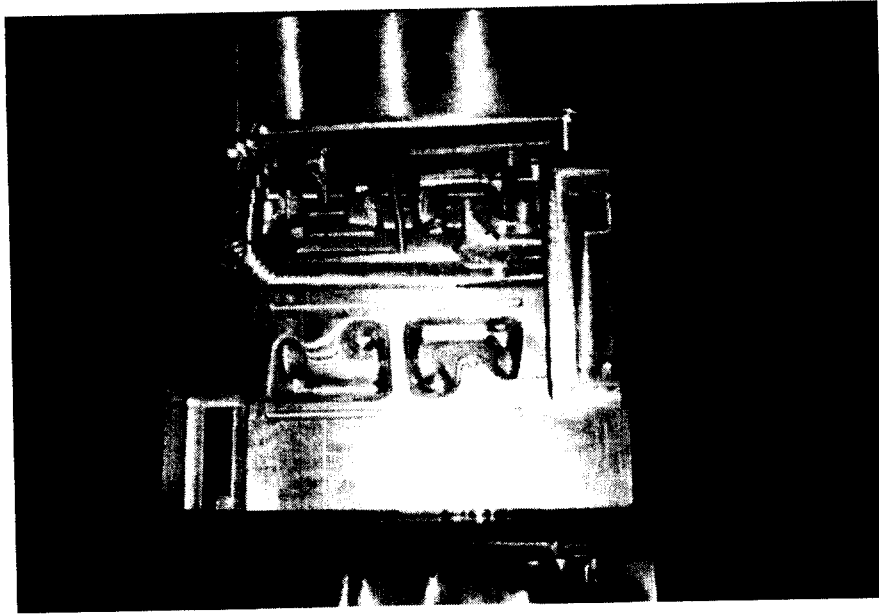
● 열충격 시험



● 피로시험 (S-N Curve)

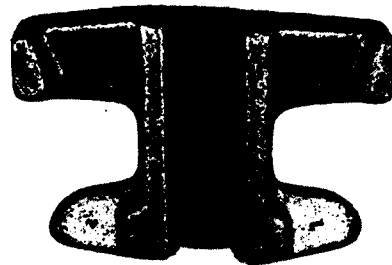


● Die 금형가공 상태

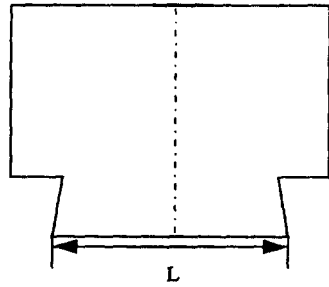


● 열간 형단조 Die 소재 성능 평가

	Keeper 제품 생산 수량(EA)
STF4	평균 13,000 ~ 15,000EA
STF4M	평균 25,533EA(3 차 시험결과)



● Die Corner 부위 가공형상에 따른 응력해석 결과

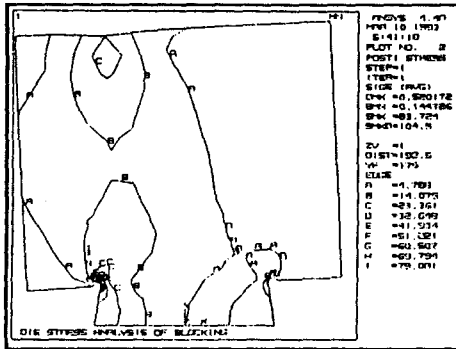


공칭응력(단위 : 단위 kg/mm²)

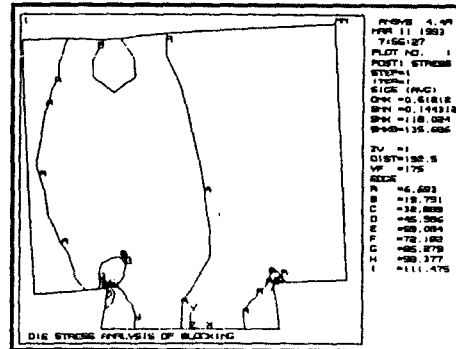
Shank 길이 Corner 형상	L = 200mm	L = 250
Case 1 	.83	54
Case 2 		96
Case 3 	118	

● 응력분포 해석

L = 200 Case 1

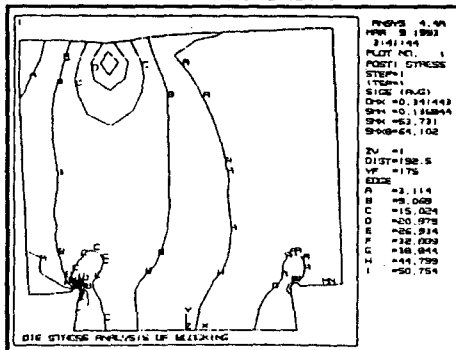


L = 200 Case 3

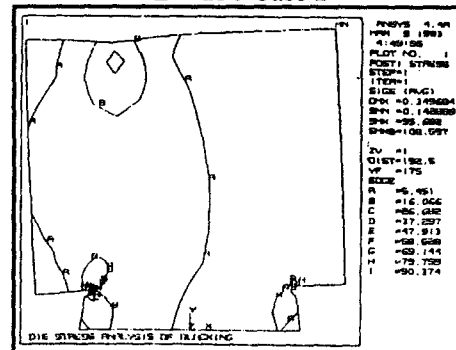


● 응력분포 해석

L = 250 Case 1



L = 250 Case 2



● 열간 형단조 Die 소재 특성 평가 비교

항 목		기존 Die 소재 (STF4)	개량 Die 소재 (STF4M)	수입 Die 소재
경도 편차(HRc)		4	1	3
강도(600°C) (kgf/mm ²)	인장	49	67	59
	항복	42	53	54
충격강도(600°C)(kg-m)		5.9	8.4	6.6
미세 조직		보통	우수	우수
Macro 조직		보통	우수	우수
청 정 도		0.05% 우수	0.044% 우수	0.08% 보통
열충격 특성		보통	우수	-
Die 수명		보통(1)	우수(2 배)	우수(1.5 배)

- Die corner 응력부위의 가공형상은 위쪽 corner(Case 1)쪽으로 가공하면 가장 응력이 적게 걸린다.