

(164) 高速度鋼の熱間押出材と鍛伸材の特性比較研究

山陽特殊製鋼

工博 小柳 明・梶川 和男
 坂上 高志・○阿久根三俊

Study on Comparison of Properties between Hot Extruded Bar and Forged One of High Speed Steel.

Dr. Akira KOYANAGI, Kazuo KAZIKAWA
 Takasi SAKAZUYŌ and Mitutosi AGUNE.

1. 緒言

当社はユージンセジュールネ法による熱間押出によって、軸受鋼、ステンレス鋼、低合金鋼等を押出しているが、高速度鋼も押出することにより従来の鍛造および圧延よりも容易に加工することに成功している。このような試みは鑄造状態からの直接押出や押出前の Prespheroidizing については行なわれている¹⁾が、直接押出については実際工程上困難が多く、また従来の鍛伸材と比較した結果はない。そこで対象鋼種に SKH 2, AHMo 2 (2W-9Mo-4Cr-2V-5Co)V-1 (7W-4Mo-4Cr-4V) をえらび、同一チャージより押出材および鍛伸材を製造し、確性調査を行なった。なお押出材は軽度の鍛造にて押出ピレットを作つてから押出す方法をとつた。

さらに SKH-2 にて両者からバイト各 10 本を作製し、S 45C 焼準材を共通の被削材として、切削試験も行なつた。

2. 試験内容

上記 3 鋼種を、高周波誘導電気炉にて溶解、500kg 鋼塊に上注、焼鈍および皮削疵取後 $\phi 175$ に鍛造 (3S) し焼鈍後、旋削加工して $\phi 168$ のピレットにした。

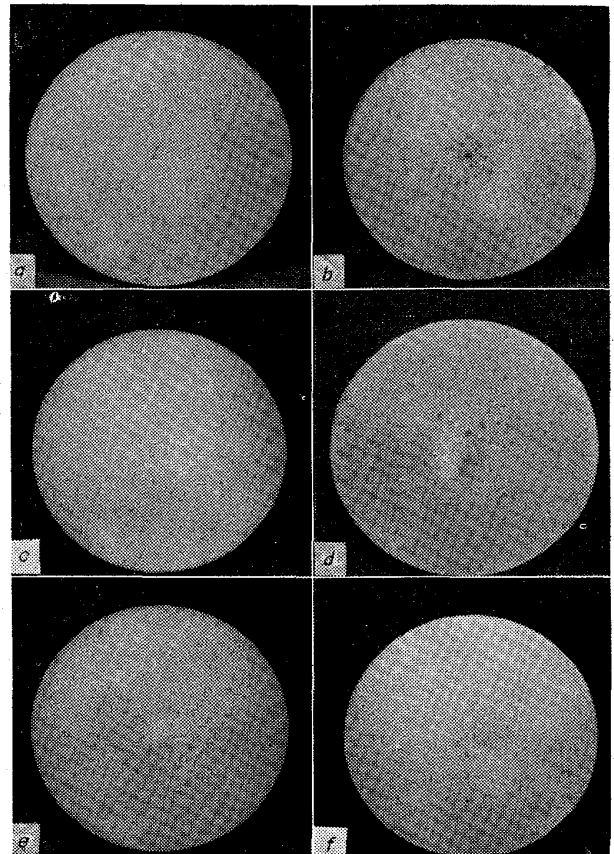
押出材はそれより、押出比 19.2 にて $\phi 40$ に熱間押出を行ない、鍛造材はハンマーにて $\phi 40$ に鍛伸した。

なお衝撃値の方向性をテストするために各 1 本 $\phi 60$ に押出および鍛伸した。

マクロ組織は Photo. 1 のごとく、押出材は均一な組織を示すが、鍛伸材は若干中心部に偏析が認められる。また焼鈍ミクロ組織は、押出材の場合は外周部中心部と

も炭化物粒も均一で細かく分布した組織を示し、位置による差異は認められず、きわめて良好である。ただし、いくらか炭化物はストリンガーの傾向が強い。鍛伸材も外周部中心部とも細かい炭化物粒で分布も良好であるが、若干押出材に比べ位置の差異が認められる。これは加工法の差によるものと思われる。

Table 2 に炭化物粒度を示したが、中心部において押



a SKH-2 extruded bar
 b " forged bar
 c AHMO-2 extruded bar
 d AHMO-2 forged bar
 e V-1 extruded bar
 f " forged bar

Photo. 1. Macrostructures of extruded bars and forged one 1 : 1 HCl 80°C × 30min.

Table 1. Tested grades and chemical composition.

	C	Si	Mn	P	S	Cr
SKH-2	0.70~0.85	<0.35	<0.60	<0.025	<0.025	3.50~4.50
905378	0.77	0.28	0.48	0.017	0.014	4.04
AHMO-2	0.90~0.98	<0.35	<0.60	<0.025	<0.025	3.50~4.00
905905	0.92	0.19	0.44	0.020	0.018	3.98
V-1	1.20~1.35	<0.35	<0.60	<0.025	<0.025	4.00~5.00
905901	1.32	0.25	0.45	0.025	0.025	4.41
	Mo	W	V	Ni	Cu	Co
SKH-2	—	17.00~19.00	0.80~1.20	<0.20	<0.15	—
905378	—	17.87	0.98	0.05	0.07	0.06
AHMO-2	8.50~9.50	1.50~2.00	1.80~2.30	<0.20	<0.15	4.50~5.50
905905	9.48	1.77	2.09	0.09	0.09	5.28
V-1	4.00~5.00	6.00~7.00	3.30~4.20	<0.20	<0.15	—
905901	4.06	6.47	3.69	0.10	0.09	0.20

Table 2. Particle size of carbides (10 scopes).

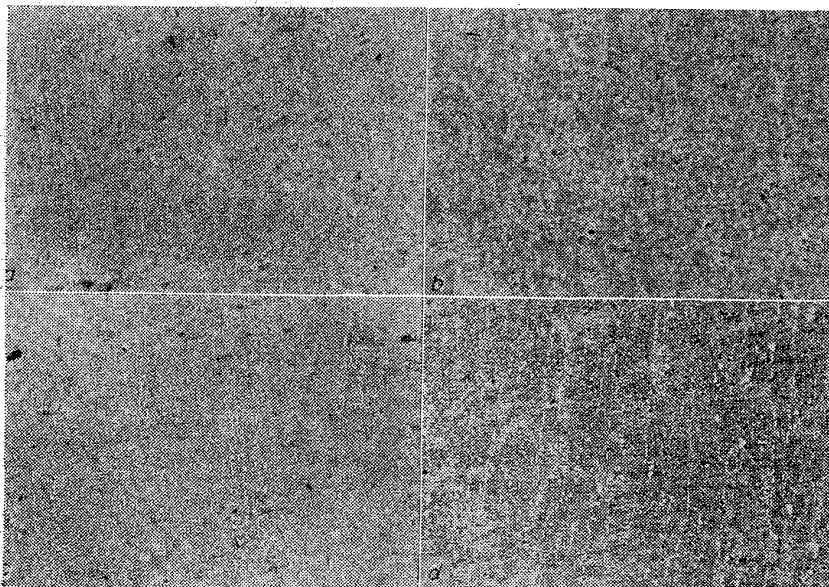
Specimen		SKH-2		AHMO-2		V-1	
		max μ	mean μ	max μ	mean μ	max μ	mean μ
Outer position center	Extruded	15.0×12.5	2.5×3.8	15.0×12.5	5.0×2.5	15.0×17.5	3.8×3.8
	Forged	25.0×22.5	5.0×5.0	25.0×22.5	5.0×5.0	20.0×22.5	5.0×5.0
	Extruded	15.0×15.0	3.8×3.8	15.0×15.0	5.0×2.5	17.5×17.5	4.0×3.8
	Forged	25.0×25.0	5.0×7.5	30.0×25.0	7.5×7.5	22.5×22.5	5.0×7.5

Table 3. Hardness at quenched-tempered condition of SKH₂ (H_RC).

Quench. T.	Working	As quench	530°C	550°C	570°C	590°C	610°C
1260°C	Forged	64.4	64.2	64.4	65.0	64.0	63.4
	Extruded	63.9	64.5	65.2	65.6	65.3	64.2
1280°C	Forged	64.0	64.3	64.5	65.0	64.2	64.0
	Extruded	64.0	64.4	65.4	66.2	65.6	65.3
1300°C	Forged	64.1	63.9	64.4	65.2	64.2	64.1
	Extruded	63.5	64.2	65.4	66.1	65.5	64.5

Table 4. Hardness at quenched-tempered condition of AHMO-2 (H_RC).

Quench. T.	Working	As quench	510°C	530°C	550°C	570°C	590°C
1200°C	Forged	64.4	64.2	64.4	65.0	64.0	63.4
	Extruded	63.9	64.5	65.2	65.6	65.3	64.2
1220°C	Forged	64.0	64.3	64.5	65.0	64.2	64.0
	Extruded	64.0	64.4	65.4	66.2	65.6	65.3
1240°C	Forged	64.1	63.9	64.4	65.2	64.2	64.1
	Extruded	63.5	64.2	65.4	66.5	65.5	64.5



a outer position of extruded bar c center of extruded bar
 b " of forged bar d " of forged bar

Photo. 2. Microstructures of extruded bar and forged one grade AHMO-2 5% Nital×100(9/14).

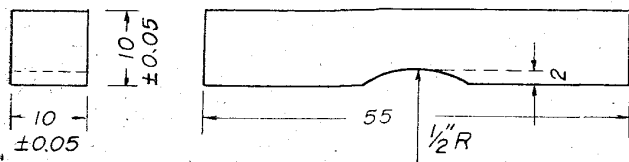


Fig. 1. Shape of Charpy test specimen.

出材と鍛圧材の差は顕著である。

Table 3~4に焼入焼戻硬度を示す。焼入は850°Cで10 min間エレマ炉中にて予熱後ソルトバス中で所定焼入温度に1 min 30 sec保持し油冷、焼戻は所定焼戻温度で40 min保持後空冷の操作を2回繰り返したものである。大体において押出材の方がすべて焼入硬度ではH_RCで0.5程度低く、焼戻硬度ではH_RCで1程度高い。

これは押出材の方が炭化物の粒度が細かくて均一に分散している結果、焼入時に鍛圧材よりも地に固溶しやすく、そのため焼戻時の2次硬化が促進せられたためと思われる。

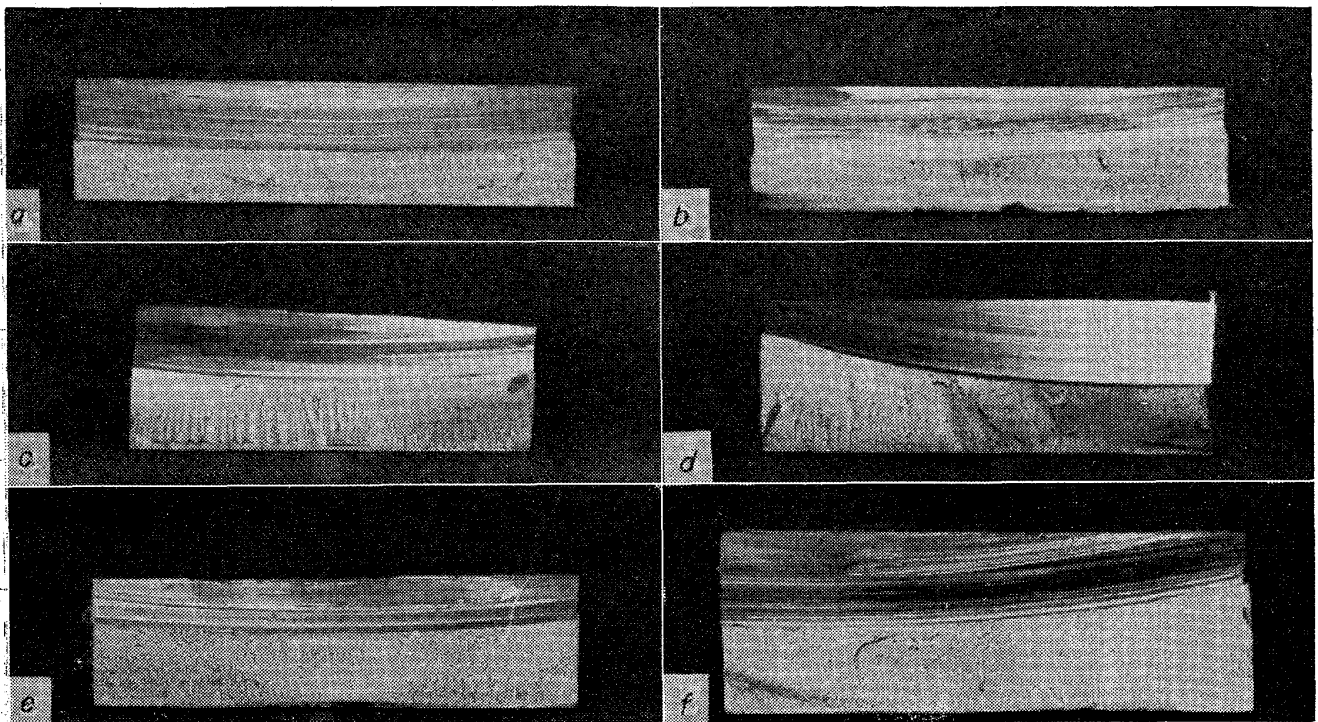
Table 5に各温度の結晶粒度を示したが、やはり鍛圧材よりも押出材の方がわずかに微粒の傾向を示している。なお衝撃値が問題となるが、普通のUおよびV notchでは差が認められないので、Fig. 1のごとき形状の試験片で衝撃値を比較した。

何れも5本の平均値で示したが、縦方向は押出材が良く横方向は鍛造材が良いようである。そのため縦横比は鍛造材が良いが、これはストリンガー状炭化物に起因するものと思われる。

また、φ40×10Lの試料を輪切にし、エメリー切断機にてノッチをつけ、ハンマーで破断して圧延方向破面を比較したが、破面粗さは問題なく毛割れ状欠陥は見当らず、その他の差異も認められなかった。

Table 5. Austenite grain size.

Grade	Working	1180°C	1200°C	1220°C	1240°C	1260°C	1280°C	1300°C	1320°C
SKH-2	Forged	—	—	—	9.4	9.3	9.0	8.8	8.5
	Extruded	—	—	—	10.7	10.5	9.9	9.6	9.2
AHMO-2	Forged	9.4	9.3	9.0	8.8	8.5	—	—	—
	Extruded	10.7	10.5	9.9	9.6	9.2	—	—	—



a extruded bar of SKH-2, b forged bar of SKH-2, c extruded bar of AHMO-2, d forged bar of AHMO-2, e extruded bar of V-1, f forged bar of V-1.

Photo. 3. fracture test results.

Table 7, 8 に、SKH-2 の押出材および鍛圧材からバイトを成型工具寿命テストを行なった結果を示す。テスト用のバイトはいずれも 40φ 素材から、15φ×100L に旋削成型し、所定の熱処理を行ない、Table 7 に示す形状に刃先を研磨し、実験に供した。

被削材は焼準を施した S45C を用い、種々の切削速度におけるバイトの寿命を測定比較した。押出材および鍛圧材から同一形状、同一熱処理のテスト用バイトをそれぞれ 10 本作成し、バイト寿命のバラツキについて検討した。Table 8 に示す B90, B50 および B10 に対するバイト寿命に関する特性値は、それぞれバイト寿命の 90%, 50% および 10% 累積損傷確率から算出したものである。

V60 値 (60 min バイト寿命における切削速度) および T40 (40 m/min におけるバイト寿命) について比較すると、平均値 (B50) では押出材の方がわずかに低い値を示した。B10 および B90 からバラツキの範囲を比較すると、押出材の方が大きく、B90 では押出材の方が特性値は若干高い。

これらの傾向は、押出材では炭化物粒の分布が細く、

均一で、すぐれたバイト寿命が期待できるが、一方炭化物がストリンガー状になる傾向がみられるために、鍛圧材にくらべて低いバイト寿命の発生確率が大きいと考えられる。なお、低速の実用切削領域では、以上のごとく、押出材の方が鍛圧材にくらべて、バイト寿命のバラツキが大きく平均値および下限値では、わずかに低く、上限値では高い傾向がみられるが、比較的高速領域では、押出材と鍛圧材では、ほとんど差異がみられなかった。これは高速域では、切削熱によるバイト刃先マトリックスの軟化が、バイト寿命を左右し、低速域では、炭化物の性状がバイト寿命に影響をおよぼすものと考えられ、ストリンガー状炭化物はバイト切刃陵に平行にある場合にバイト寿命の低下、あるいはバラツキを大きくする原因になるものと思われる。

実験では、刃先陵はストリンガーに対して 10° でほぼ平行に近いこと上記の傾向が示されたものとみてよい。実験結果からみて、押出材にみられる程度のストリンガー状の炭化物は、鍛圧材にくらべて、わずかにバイト寿命を低下させる傾向がみられるが、極端にバイト寿命を低下させることはない。押出材と鍛圧材では、大きな差

Table 6. Impact value of Extruded bar and forged one.

Grade	Working	Position	Quench. T. °C	Temper. T. °C	Hardness H _{RC}	Impact, Value kgm/cm ²
SKH-2	Extruded	Longitudinal	1280	570	64.7	0.95
			1280	590	65.4	0.89
		Transverse	1280	570	65.2	0.87
			1280	590	64.2	0.78
	Forged	Longitudinal	1280	570	65.1	0.77
		Transverse	1280	590	64.3	0.85
AHMo-2	Extruded	Longitudinal	1220	550	66.1	0.70
			1220	570	65.7	0.75
		Transverse	1220	550	65.6	0.62
			1220	570	64.7	0.65
	Forged	Longitudinal	1220	550	65.3	0.71
		Transverse	1220	570	64.6	0.69
V-1	Extruded	Longitudinal	1220	550	65.8	0.80
			1220	570	65.4	0.75
		Transverse	1220	550	66.3	0.65
			1220	570	65.9	0.60
	Forged	Longitudinal	1220	550	65.5	0.79
		Transverse	1220	570	64.8	0.70
			1220	550	65.0	0.75
			1220	570	64.5	0.78

Table 7. Tool life test conditions SKH-2 extruded and forged.

Heat treatment	1280°C×4 min O. Q. 570°C×40 min T.			
Hardness (H _{RC})	As quenched		Quenched tempered	
	Extruded	Forged	Extruded	Forged
		63.8	64.0	65.6
Machined material	Carbon steel (S45C) normalized, 60 mm φ, H _{RB} 90			
Lathe	LS-450 highspeed lathe 15HP			
Test conditions	Cutting speed	40~60 m/min		
	Feed	0.2 mm/rev		
	Depth of cut	1.0 mm		
	Shape of tool tested	(10°, 8°, 8°, 8°, 10°, 10°, 0.5 mm)		
	Cutting fluid	None		

異はないものと考えてよい。

3. 結 言

高速度鋼 3 鋼種 SKH-2, AHMo-2, V-1 のそれぞれ同一チャージよりユージンセジュール法による熱間押出材とハンマーによる鍛伸材を作成し、比較調査を行なった。マクロ、ミクロ組織は押出材が均一で、鍛伸材は中心部が悪い。炭化物粒度も押出材が細かく、焼入焼戻硬度も H_{RC} 1 程度高い。しかし炭化物の糸状分布のため衝撃値が横方向においてわずかに劣る。また SKH-2 の両者から作製したバイトの切削性試験では、高速領域で差がなく、低速領域では押出材の方がバイト寿命のバラツキがやや大きい程度で本質的な差異はない。

文 献

- 1) P. J. SUKOLSKI & G. HOYLE: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 193 (1959), p. 270
- 2) G. HOYLE & E. INESON: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 193 (1959), p. 254

Table 8. Tool life test results of SKH-2 extruded and forged.

	Taylor's equation		V ₆₀ Value (m/min)		T ₄₀ Value (min)	
	Extruded	Forged	Extruded	Forged	Extruded	Forged
Upper 90% rank	VT ^{0.035} = 47.2	VT ^{0.045} = 48.5	40.9	40.4	110	73
Median 50% rank	VT ^{0.039} = 45.6	VT ^{0.038} = 45.1	38.9	39.4	30	36
Lower 10% rank	VT ^{0.030} = 42.9	VT ^{0.028} = 43.4	37.9	38.6	10	15