

(172) 熱間工具鋼の被削性におよぼす
各種快削成分の影響

神戸製鋼所, 中央研究所 中野 平
工博 山本俊二・○山口喜弘・遠藤鷹光

The Effect of Free Cutting Additives
on the Machinability of Heattreated
Hot Work Die Steel.

Taira NAKANO, Dr. Shunji YAMAMOTO,
Yoshihiro YAMAGUCHI and Takamitsu ENDO.

1. 緒 言

高強度水準の合金鋼を切削加工することは常に困難さをともなう。熱間工具鋼をプレス型, ダイカスト型など, とくにダイカスト型のような複雑な形状に切削加工することは難しい。一般に鋼の被削性を考える上での指標は硬度と組織であり, 比較的低強度範囲では被削性の組織感受性は大きく, 高強度水準では顕微鏡組織は硬度とともに比較的一様に変化するから, 硬度を指定した場合に熱処理などにより組織を変化させて飛躍的に被削性を改善しうる可能性は少ない。このような場合に鋼の被削性を改善するために残された手段は快削成分を添加することである。

鋼の被削性を改善する目的で快削成分と称する各種元素もしくは化合物を鋼中に添加したいわゆる快削鋼は近年とくに生産性の要求される分野で注目され, めざましく発展してきた。快削鋼としては最も多用されている鉛快削鋼, 硫黄快削鋼の他, Se, Te, Bi 等を単独で, もしくは組合せて添加した快削鋼があるが, その多くは低強度水準の鋼であり, 高強度水準の合金鋼における快削成分の影響についての研究は比較的少ない。その中で, Boulger の 5%Cr 鋼の被削性におよぼす S および Se 影響についての研究結果¹⁾において, 同一重量割合添加した場合に, S より Se の方が効果が大きいと報告されているのは興味深い, 被削性評価の方法に若干の疑問がもたれている。

本報告はダイカスト用熱間工具鋼 SKD61 に S, Se および Te を添加し, 調質状態の型用鋼の被削性, 機械的性質および耐フィアクラック特性におよぼすそれら快削成分の影響を究明するために行なつた試験結果である。

2. 供 試 材

各試験材は 90kg 塩基性高周波炉で溶解した。S は FeS, Se は FeSe, Te は金属 Te の状態で溶鋼に添加した。化学成分を Table 1 に示す。

各試験鋼は鍛造比 4 で直径 80mm に鍛伸後球状化焼鈍を行ない, 1050°C から空気焼入, 600°C で約 10 hr 焼もどし, HRC 35~37 の硬度に調整した。

Table 2 は各試験鋼のガス成分および清浄度を示す。清浄度測定は JIS G055 に基づいて行なつた。各種快削成分を同一重量割合添加した場合に鋼中に占める非金属介在物の体積割合は S が最大で Se がそれにつき, Te は最小である。

S を添加した場合, sulphide は比較的小さく, 鍛造によつてよく伸びている。Te 添加の場合, telluride は sulphide 同様延性は大きく, 寸法は比較的大きい。Se 添加によつて生じた selenide は大きさは telluride 同様であるが, さらに丸味を帯びている。Te と Se を複合添加すると介在物は鍛造によつてほとんど変形を生じない。

3. 試 験 結 果

3.1 機械的性質

Fig. 1 は直径 80mm 丸棒の鍛造方向およびそれと直角方向に採取した試験片の常温での機械的性質を示す。試験片は JIS 4号試験片で, 試験結果は各 3 本の試料の平均値を示す。図中, 鍛造方向および直角方向の引張強さ, 絞り, 伸びの他に, 機械的性質の非等方性を見るために絞りおよび伸びについては鍛造方向とそれと直角方向の比, φ_T/φ_L , ϵ_T/ϵ_L を併記している。

Te, Se とともに 0.10% 程度の添加では機械的性質の劣化はほとんど認められないが, S 0.10% 添加の場合, 絞り値の非等方性が若干強められる。Te, Se を

Table 1. Chemical composition (%).

Steel	C	Si	Mn	P	Cr	Mo	V	S	Te	Se
SKD61, A	0.35	0.92	0.57	0.023	5.12	1.24	0.94	0.020	—	—
B-1	0.36	0.95	0.57	0.022	5.08	1.25	0.94	0.018	0.12	—
B-2	0.36	0.99	0.55	0.024	5.01	1.29	0.91	0.015	0.18	—
C-1	0.36	0.96	0.51	0.023	4.72	1.23	1.01	0.021	—	0.10
C-2	0.36	0.94	0.52	0.027	4.86	1.23	0.97	0.014	—	0.24
D-1	0.35	0.86	0.57	0.023	5.29	1.26	0.95	0.111	—	—
S-1	0.34	0.91	0.36	0.022	5.36	1.33	0.95	0.016	0.15	0.10

Table 2. Gas contents and inclusions cleanliness.

Steel	A	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	S-1
Amount of free curting additives	—	Te, 0.12	Te, 0.18	Se, 0.10	Se, 0.24	S, 0.11	Te, 0.15 Se, 0.10
Gas contents, %	ΣO ΣN	0.0088 0.0096	— —	0.0067 0.0090	— —	0.0047 0.0081	— —
Inclusion content, %		0.11	0.26	0.42	0.37	0.68	0.86 0.63

Table 3. Results of fire-crack test.

Steel	Test direction	Total number of cracks	Total crack length, mm	Mean crack length, mm	Maximum crack length, mm
A (Base)	Transverse	230	79.82	0.347	2.06
B-2 (Te, 0.18%)	Transverse	201	68.12	0.339	1.30

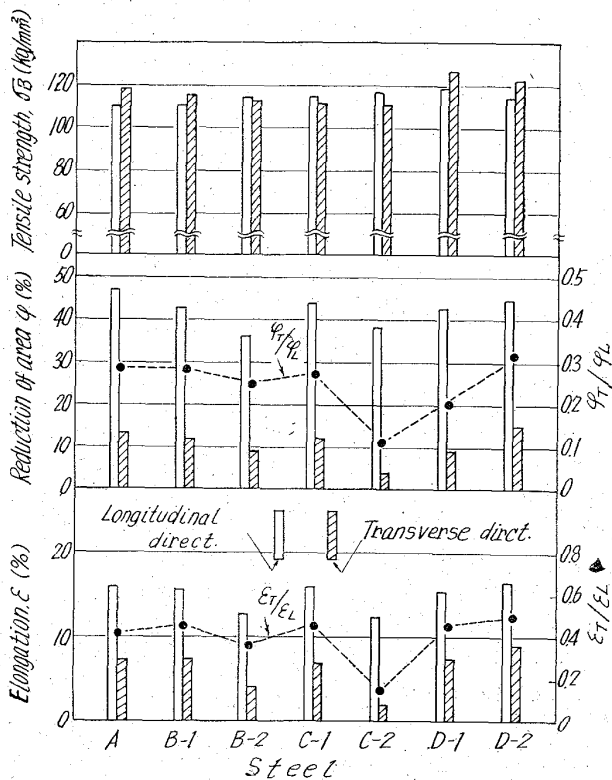


Fig. 1. Tensile properties of experimental steels.

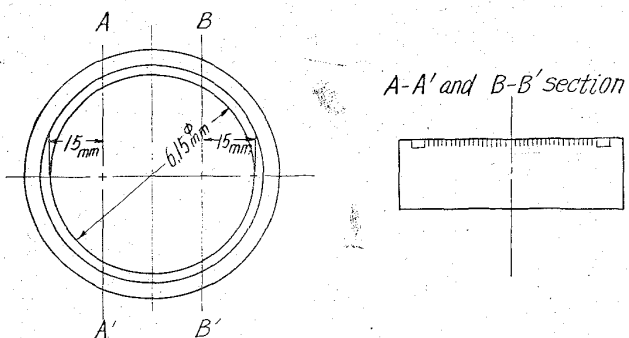


Fig. 2. Specimen for fire crack testing.

0.20% 程度添加した場合、延性の劣化が認められるが、とくに Se 添加鋼において伸び、絞り値の非等方向性が顕著である。Te と Se を複合添加した場合はほとんど機械的性質に影響をおよぼさないのは特徴的である。

3.2 耐ファイアクラック特性

Table 3 は基本鋼 A および 0.18%Te 添加鋼 B-2 について行なつたファイアクラック試験の結果である。ファイアクラック試験は上限温度 650°C、下限温度 400°C、1 サイクル 6 分とし、2000 回の繰返しの後試験片断面を調査した。Fig. 2 は試験片形状および試験片の

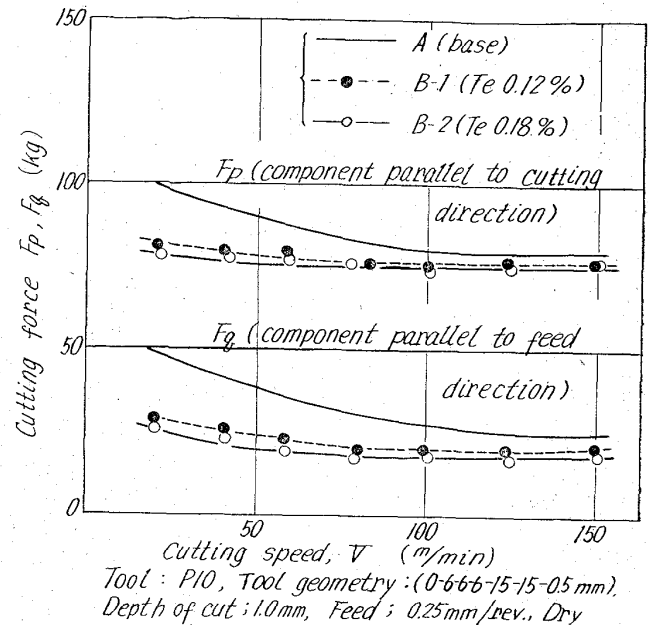


Fig. 3. Variation of cutting force with speed for experimental steels.

切断位置を示す。

Table 3 より明らかなように、Te 添加鋼のファイアクラック特性は基本鋼に比し、同等もしくは、むしろ良好な結果を示している。

3.3 被削性

以上に述べた HRC 35~37 に調質した直径 80mm の丸棒について各種の切削試験を行ない、次のような結果を得た。Fig. 3 は超硬工具を用いて広範な切削速度域での切削抵抗主成分 F_p と送り成分 F_q を測定した結果の 1 例を示す。同図は Te 添加の影響を示しているが、Se, S を添加した場合も同様で、快削成分添加によって低切削速度域での切削抵抗の減少が著しい。

Fig. 4 は高速度鋼工具で各試験材を切削した場合の切削抵抗で、各快削成分添加の効果を示している。

同一重量割合添加した場合に Te の効果が最大で、Se がそれにつき、S は最も効果が小さいようである。Te と Se を複合添加した場合は Se 単独の場合と同程度である。

次に高速度鋼工具を用いて長手旋削した場合の工具寿命特性を Table 4 に示す。寿命試験は送りを 0.25 mm/rev., 0.10 mm/rev. の連続切削および送り 0.10 mm の断続切削を種々の切削速度で行ない、60min もしくは 20min の工具寿命を与える切削速度を求めた。その際、完全切削不能にいたる時間を寿命とした。なお断続切削というのは丸棒試験片に 2 本の長手方向の溝を設け、1 回転当たり 2 回の切削の断続を与えるものでフライス切削等との類似性より行なつたものである。

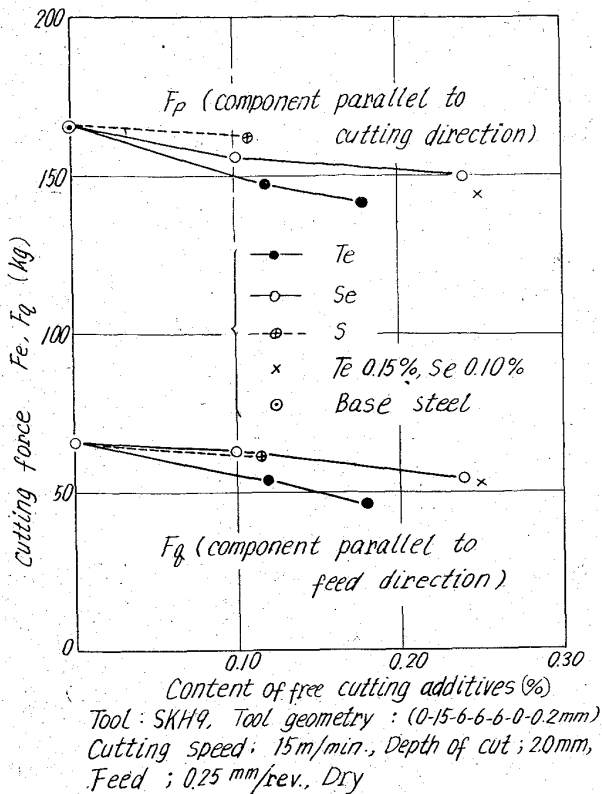


Fig. 4. Relation between cutting force and various free cutting additives.

Table 4. Cutting speed ratio (Cutting speed for certain tool life of some steel/cutting speed for the same tool life of base steel A)

Tool: SKH3, Tool geometry: (0°-15°-6°-6°-6°-0°-0.5mm),
Depth of cut: 2.0mm, Dry.

Steel	Free cutting additives, %	Feed: 0.25 mm/rev. turning ¹⁾	Feed: 0.10 mm/rev. turning ²⁾	Feed: 0.10 mm/rev. interrupted cut. ³⁾
A	—	100	100	100
B-1	Te, 0.12	115	—	—
B-2	Te, 0.18	118	113	130
C-1	Se, 0.10	100	—	—
C-2	Se, 0.24	104	101	123
D-1	S, 0.11	100	—	107
S-1	*	105	—	125

1) Based on cutting speed for 60min tool life.
2), 3) Based on cutting speed for 20min tool life.
* Te, 0.15, Se, 0.10

Table 4 では基本鋼 A の切削速度を 100 とし、比で表わしている。

Te 添加の場合に工具寿命の改善が大きいと考えられる。とくに断続切削の場合に、寿命特性の改善が著しい。

4. 結 言

調質した SKD61 鋼の機械的性質および被削性におよぼす、Se, Te 等快削成分の影響を究明するための一連の試験結果より、同一重量割合添加した場合に、Te が

最も効果的であると考えられる。機械的性質の非等方性におよぼす各種快削成分添加による介在物の影響はある程度説明できるようなのであるが、被削性に関しては、切削過程が極めて複雑な現象であるので、単純な議論はできない。とくに工具寿命特性についてはそうである。今後の研究にまつ必要があると考えられる。

文 献

- 1) F. W. BOULGER: Trans. Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 698

(173) 5%Cr 熱間ダイス鋼の衝撃値について

金属材料技術研究所

○渡辺 敏・工博 荒木 透

On the Impact Strength of 5%Cr Hot Work Die Steel.

Satoshi WATANABE and Dr. Toru ARAKI.

1. 緒 言

5%Cr-Mo-V 鋼は、W を主体とする鋼種にくらべて耐衝撃性がすぐれ、熱間工具鋼として盛んに利用されているが、最近加工熱処理を併用することにより超強力鋼としての用途が注目されるようになった。

筆者らは本鋼種の特長に関する研究を行うと同時に、よりすぐれた超強力鋼を開発するための情報をうる目的をも含めて、基礎的な実験を行ないつつある。

超強力鋼としては単に引張強さ、あるいは降伏強さが大きいだけでなく、十分な靱性を持つことが必要である。すでに前報¹⁾でのべたように、オーステナイト化の条件は靱性に影響を与え、保時間を増すと結晶粒が粗大化するにもかかわらず、シャルピー衝撃値が増大することが示された。

今回はこの点についてさらに補足実験を行うとともに、焼戻しの条件を変えた場合の衝撃値の変化について研究を行なった。

2. 試料および実験方法

試料の調整は前回と同様であるが、異なつたチャージである。鋼塊は鍛造後 20mmφ および 10mmφ に圧延された。焼なまし硬度は Hv 213 であつた。

Table 1 に試料の化学成分を示す。

オーステナイト化の条件と衝撃値との関係をさらに確かめるために、まず前回と同様の焼入れ条件を用い、焼戻し条件を変えて実験を示した。すなわちオーステナイト化の温度と時間を変えて処理したのちこれを焼入れし、焼戻し温度を 550°C 一定として各試料の硬度が同じ値 (Hv 500) になるように時間を変えて焼戻し、シャルピー衝撃値を比較した。

Table 1. Chemical composition of specimen (%).

C	Cr	Mo	V	Si	Mn	S	P
0.34	5.17	1.20	0.38	1.08	0.22	0.018	0.019