

Fig. 4. Relation between heating temperature and hardness.

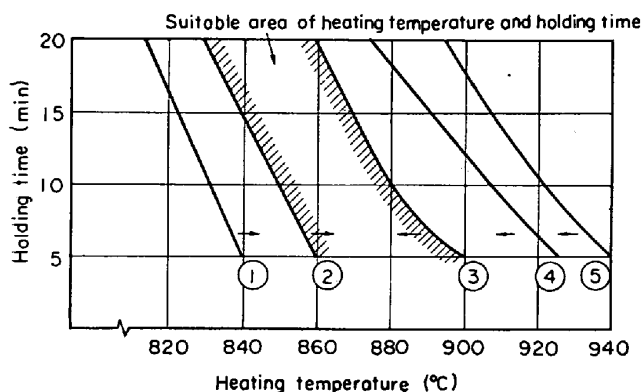


Fig. 5. Relation between heating temperature and holding time that be satisfied at hardness and micro-structure of the surface on the working rolls of cold strip mills.

度範囲においては加熱温度が上昇し、保持時間が長くなると残留オーステナイト量は急激に増加する。

5.3 カタサ

加熱温度および保持時間とカタサ (Hv) の関係を Fig. 4 に示す。カタサは低温側では加熱温度が高く保持時間が長いほど高くなっている。これは加熱温度が高く、保持時間が長くなるにしたがってオーステナイト中へのカーボン固溶量が増し、マルテンサイトのカタサが増すためであつて低温短時間保持の場合にはマルテンサイトのカタサが十分でないことを示している。また、加熱温度 860°C で保持時間のいかにかわらず最高のカタサを示しており、高温側では加熱温度が高く保持時間が長くなつてカタサは低下してくるが、これは残留オーステナイトが増加するためと考えられる。

5.4 適正加熱温度および保持時間

適正加熱温度と保持時間の関係を残留セメンタイト量、残留オーステナイト量およびカタサの測定結果から検討した結果、次のように考えられる。本鋼はほとんどが焼入後、200°C 以下の低温焼戻をした状態で用いられ、良好な組織と高いカタサが要求される。さらに組織と寿命との間には密接な関係があると考えられるが本鋼にお

ける寿命試験結果がないので軸受鋼の結果をもとにして推定する。軸受鋼においては残留セメンタイト量が 6~8%、カタサが高く、残留オーステナイト量が少ないものが寿命が長いということが報告されており、本鋼は軸受鋼に比して若干 C 量が低いので残留セメンタイト量を 5~7%、残留オーステナイトを 8% 以下、カタサを Hv 800 以上なる範囲について加熱温度と保持時間の関係を求めると Fig. 5 のごとくなる。

Fig. 5 において ①, ⑤ はカタサによる限界, ②, ④ は残留セメンタイト量による限界, ③ は残留オーステナイト量による限界を表わす。これより加熱温度の下限は残留セメンタイト量, 上限は残留オーステナイト量によって決まり、斜線で示した範囲が良好な組織およびカタサの得られる加熱温度保持時間の関係を示すことが認められる。

6. 結 言

高炭素低クロム鋼を急速加熱焼入する場合の組織およびカタサにおよぼす加熱温度と保持時間の影響について実験を行ないつぎの結果を得た。

(1) 本鋼種において良好な組織を得られる加熱温度の下限は残留セメンタイト量, 上限は残留オーステナイト量により決まる。

(2) 適正加熱温度は保持時間 5 min のとき 860~900°C, 10 min のとき 850~880°C, 15 min のとき 840~870°C, 20 min のとき 830~860°C となる。

文 献

- 1) 上野, 他: 鉄と鋼, 41 (1955) 10, p. 1102

(254) 高炭素鋼の工具特性におよぼす少量の Ni, Cr の影響について (鋼の諸性質におよぼす不純金属の影響に関する研究—VI)

金属材料技術研究所 ○吉松史朗
東京大学, 工学部 工博 荒木透
金属材料技術研究所

工博 中川龍一・谷地重男

Effects of Ni and Cr on Some Properties of Plain Carbon Tool Steel.

(Studies on effects of metallic impurities on properties of steel—VI)

Shiro YOSHIMATSU, Dr. Toru ARAKI,

Dr. Ryuichi NAKAGAWA and Shigeo YACHI

1. 緒 言

純炭素鋼の諸性質におよぼす少量の Ni, Cr の影響に関する研究の一環として、前報¹⁾において高炭素鋼の熱処理特性におよぼす 0.45% 未満の Ni, Cr の影響を明らかにした。本報においては同鋼種について主として炭素工具鋼の用途に関連した耐摩耗性、被削性、切削能などにおよぼす影響について調査をおこない前報の結果と総合して Ni, Cr の含有許容量についての基礎資料を得んとするものである。

2. 供 試 材

供試材は前報¹⁾と同チャージのもので、SK 2 を基本材に Ni, Cr を 0, 0.15, 0.30, 0.45% 目標にそれぞれ

Table 1. Chemical composition.

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%	Cr%	Al%	Cu%
K 1	1.18	0.39	0.40	0.015	0.019	—	—	0.040	0.09
2	1.19	0.38	0.41	0.015	0.019	—	0.16	0.041	0.09
3	1.10	0.39	0.41	0.014	0.019	—	0.30	0.040	0.09
4	1.10	0.42	0.41	0.016	0.019	—	0.41	0.036	0.09
5	1.15	0.39	0.41	0.014	0.020	0.15	—	0.039	0.11
6	1.20	0.37	0.41	0.014	0.017	0.30	—	0.040	0.09
7	1.28	0.34	0.41	0.014	0.018	0.45	—	0.043	0.10

Table 2. Absorbed energy at various testing temperature.

Test temp.	Absorbed energy (kg-m/cm ²)		
	K 1	K 4	K 7
R. T	6.2	3.1	4.3
50°C	7.1	3.5	4.9
100°C	6.8	3.4	4.8
150°C	6.5	3.6	5.3
200°C	6.1	4.1	5.2

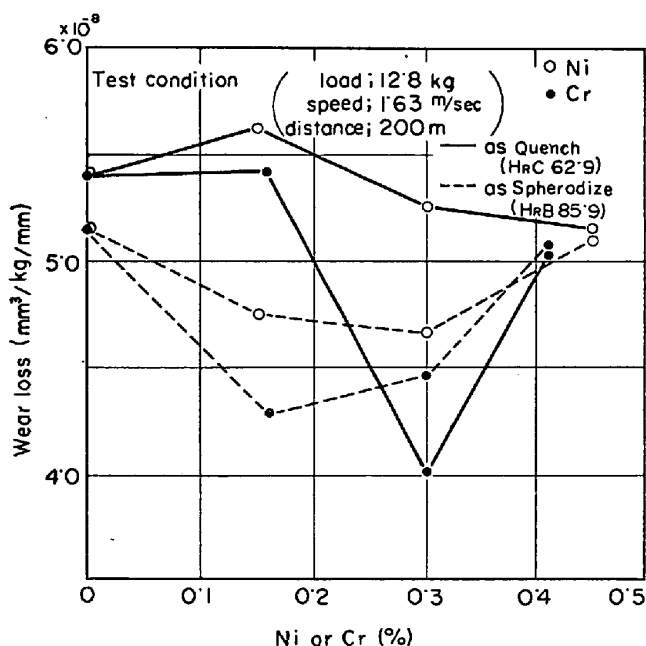


Fig. 1. Effect of Ni and Cr on wear loss.

Table 3. Results for drillability of the specimens.

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7
Drillability index ratio $KI(\bar{x})/K_x(\bar{x})$	1.00	0.56	0.48	0.48	1.01	1.01	0.87
Graphite(%)	1.7	<0.2	<0.2	<0.2	1.5	2.1	2.6

Drill; SKH 91 (0 mm ϕ , Point angle 120°, relief angle 15°) Lod; 75 kg (Dead weight), 800 r. p. m

れ単独に添加したものである。化学成分を Table 1 に示す。試料への調整は 50 kg 鋼塊を 1050°C に加熱し 30 mm ϕ , 20 mm ϕ に鍛造した。

各試験片の球状化焼鈍は、840°C で焼準後 760°C に再加熱し 20°C/hr の徐冷をおこなった。なお被削性用の 30 mm ϕ の試料は炉の関係から 7.5°C/hr の徐冷がほどこされた。

3. 実験結果および考察

3.1 衝撃特性

調質された状態での簡単な靱性の目安を知るために、シャルピー衝撃試験をおこなった。調質熱処理は試験片 (JIS 3 号片) 加工後におこない、760°C \times 30 min 塩浴加熱後水浴にて引上げ焼入したものに 200°C \times 30 min 焼戻した。

常温から 200°C まで 50°C 間隔の油浴に 15 min 加熱後の試験値の一部を Table 2 に示す。

すべての試料について破断は lateral contraction なしにおこなわれ、その吸収エネルギーは 200°C までの試験温度範囲ではそのばらつきを考慮してほとんど変わらないと考えられる。はつきり差が認められるのは基本材に対して Ni, Cr を含有することによる吸収エネルギーの低下である。Cr の影響としては、残留炭化物粒子の分散が細かく応力集中の場が増大することと、焼入性の低下による組織の不均一などが、その要因として考えられ、Ni の影響としては、地鉄中の C 濃度の上昇による靱性の低下が考えられる。また焼戻温度が 200°C であるところから、基本材では靱性のピークにかなり近いと考えられ、Cr, Ni の添加によつて焼戻第 1 段階の高温側の C の拡散の活性化エネルギーが増大するのため、この靱性のピークがずれるとすればそのための低下とも考えられる。

3.2 摩耗特性

工具鋼の特性として耐摩耗性は重要な性質の一つである。本実験では大越式迅速摩耗試験機を用いて比摩耗量を求めてみた。

試験片 (30 \times 30 mm 平滑材), (相手材 30 mm ϕ \times 3 mm) は球状化焼鈍後 760°C \times 30 min 塩浴加熱後水浴, 200°C \times 30 min 焼戻したものを用い、相手材は基本材の同処理のものおよび球状化処理のままのものである。

摩耗現象においては速度あるいは荷重依存性があり、添加元素の影響を求める基準が問題になる。予備実験の結果、摩耗速度の影響は酸化摩耗から輝面摩耗への移項が割合高速度側にあり極大値を求めることは試料温度と焼戻温度との関係から不適當であることがわかった。

Fig. 1 はこの意味から輝面摩耗の範囲のほぼ中間における比較をおこなったものである。その結果本実験のような相手材に対して Ni, Cr ともにやや耐摩耗性を向上せしめることがわかる。とくに Cr は Ni よりも有効であると思われるが、0.3% 程度を境にしてその効果は逆になるようで、炭化物量および Mean free path の減少による耐摩耗性の向上効果と本実験では処女摩耗ではないために摩耗粉のアプレシブ作用において前記炭化物粒の量および形状効果がきいてくるためある Cr 量以上ではむしろマイナスの作用をするものと考えられる。

3.3 被削性

工具鋼の用途に対しては、球状化処理、荒切削、焼入

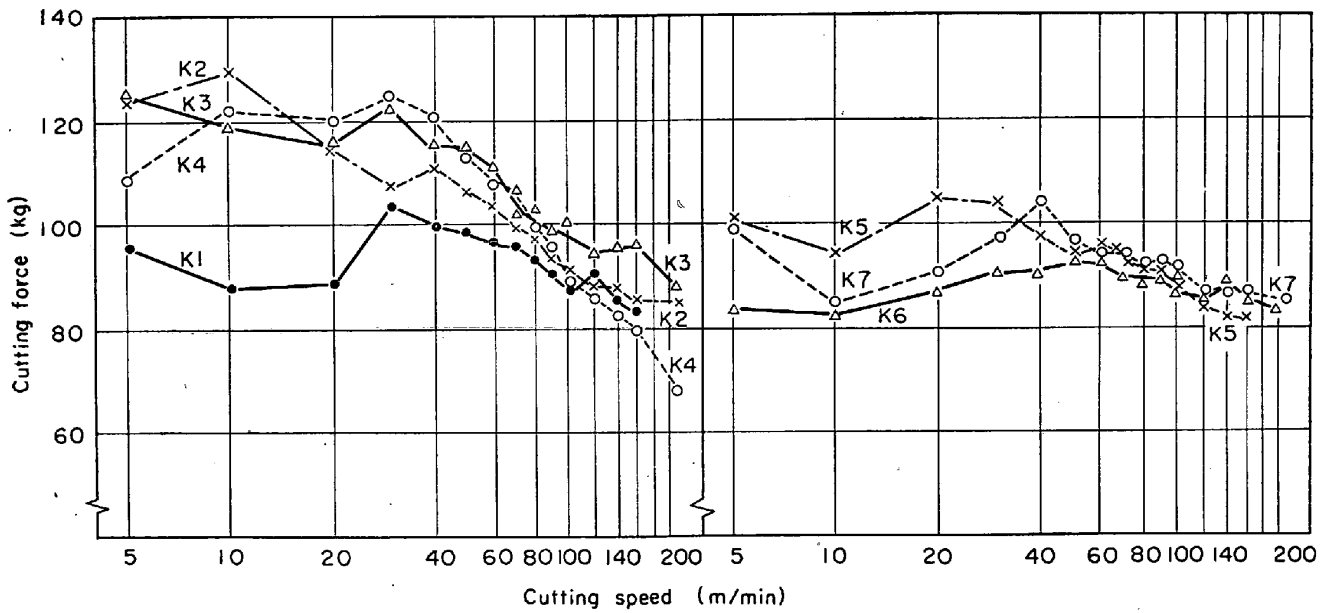
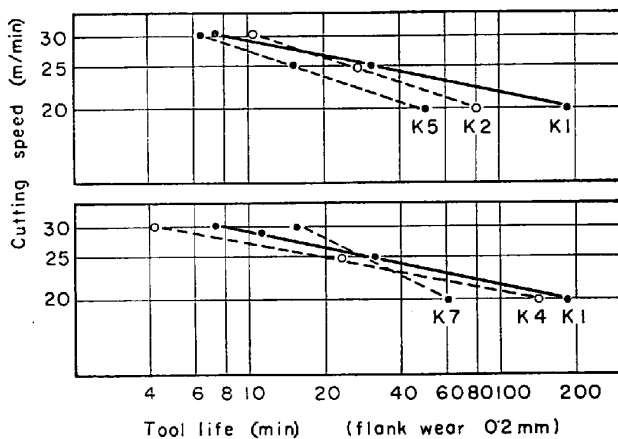


Fig. 2. Variation of cutting forces $[(F_c+F_s+F_t)^{1/2}]^*$ with speed.
 Cutting condition; tool, P10 [8, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5]; depth of cut 1.5 mm; feed, 0.25 mm/rev.; Cutting fluid, dry.
 * F_c (main force) F_s (Side force) F_t (thrust force)



Tool geometry; [8, 10, 6, 6, 15, 15, 0.3]
 depth of cut; 1.5mm feed; 0.1mm/rev
 dry cutting work; S15C
 Fig. 3. Tool life curve with mild steel.

うに黒鉛の有無によつて結果がわかれており、黒鉛による切屑とドリル間の摩擦係数の減少が大きくきいて Ni, Cr の影響は直接表われていない。

つぎに旋盤による切削抵抗測定結果を Fig. 2 に示す。全体的には軟鋼の切削におけると同様、切削速度 10~30 m/min で切削抵抗の極少値が存在し、30~50 m/min で極大を示し、さらに高速切削域で抵抗値の減少が見られる。

添加元素の影響は低速切削域においては黒鉛の生成による優位が認められるが、30~50 m/min に見られる抵抗のピーク値は生成しているセメントタイトの量、および形状に左右されていると考えられ、高速になるほど黒鉛の効果は減少し組織の影響があらわれるものと考えられる。しかしながら切屑から推定した切削部の温度と抵抗値は、高速切削域ほどよい対応をるところからより高速側では被削材の高温特性が問題になり単純に組織との対応は難かしくなると考えられる。

3.4 切削能

旋盤を用いた場合の切削能を工具摩耗進行状態で調べた。供試材は 760°C→20°C/hr 除冷後、旋削工具の形状に加工し 760°C×30 min→水焼入、200°C×30 min 焼戻しをおこなつたものである。各試料の組織は、焼戻マルテンサイト地にセメントタイトの分散したもので、硬さは $H_R C 62.3 \pm 0.5$ で各試料あまり差がない。

被削材として S15C および快削黄銅を用いて長手旋削した場合の工具寿命特性(切削条件は図中併記)を Fig. 3, 4 に示す。軟鋼の切削においては、たとえば 20 m/min では基本材が、30 m/min では Ni 0.45% を含む K7 がそれぞれ長寿命を示し、かつ寿命曲線の傾斜に対しても添加元素としての一定の傾向は認められなかつた。これは生成した構成刃先が切削速度の微妙な変化に

焼戻、研削仕上をおこなうためその熱処理特性とともに被削性もまた問題となる。

本実験では被削性として被穿孔性と旋削抵抗を調べてみた。使用した装置は前報⁹⁾と同じもので、試験条件も前報に準じた。供試材は前記球状化焼鈍状態のものである。

Table 3 は基本材に対する被穿孔指数比を示したもので、10mm 穿孔するに要した時間から求めたものである。

被削性用供試材は前記のごとく球状化焼鈍がかなり徐冷になつたことに起因して黒鉛化が進んでおり、Cr を含有することにより黒鉛化の阻止されたものとの 2 つのグループにわかれていいる。被穿孔性にたいしては、このよ

よつてその形状，安定度を著しく変えるためと思われる。35~50 m/min の切削速度では被切削部の温度が青熱脆性域になることと刃先の熱軟化のため切削不能となった。

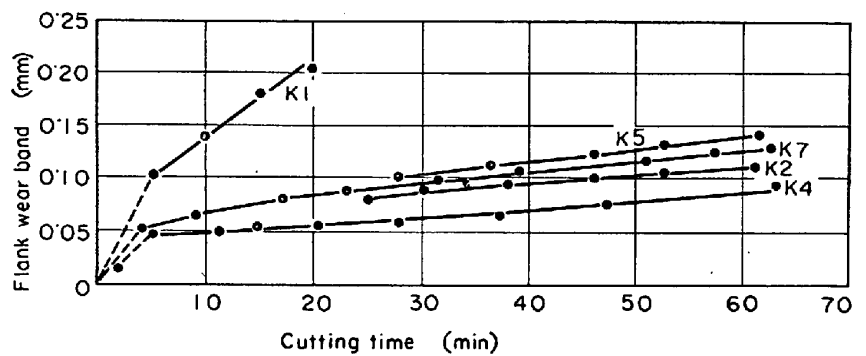
一方快削黄銅を被削材にした場合は明らかに添加元素の影響があらわれ，Ni, Cr とともに工具寿命延長に効果が認められるが，とくに Cr の効果が大きい。これは鋼切削の場合より切削速度，送り量が増大したにもかかわらず被削材に快削性元素が介在することで，切屑剪断強度，工具すくい面での潤滑作用などを伴って切削温度，切削抵抗値共に低下し，さらに構成刃先の影響などもなく安定した切削がおこなわれ，その結果として Ni の添加によるマトリックスの強化，Cr の添加によるセメント粒子の微細化の切削能におよぼす影響が系統的にあらわれたものと思う。また，さらに切削速度を 130 m/min に変えて（他の条件は 60 m/min と同一）実験をおこなった結果，基本材は 5 本のバイトが全部 5~8 min の破壊寿命を示したのに反し K4, K7 は 5 本中 3 本が 15 min 以上の寿命を示した。このことから基本材の早期寿命の主因は切削による昇温特性にあるのではないかと考えられ，この面でも Ni, Cr の効果が存在すると考えられる。

4. 結 言

SK 2 を基本材にして 0.45% までの Ni, Cr を添加し工具特性に関連した諸性質を調べた結果を要約すると，

(1) 衝撃特性からみると Ni によるマトリックスへの C の濃縮，Cr によるセメント粒子の増加，微細化はこのような高硬度材料では悪影響をもたらす。

(2) 摩耗特性に対する添加元素の影響は一概に断じ



Cutting Speed; 60m/min
tool geometry; [0, 0, 10, 8, 15, 15, 0.3]
depth of cut; 1.5mm, feed; 0.2mm/rev
work; free cutting brass, dry cutting

Fig. 4. Progress of flank wear band.

がたいが，輝面摩耗の範囲で本実験のような相手材に対しては Cr は 0.3% まで明らかに耐摩耗性を向上せしめ，Ni はやや有効である。

(3) 球状化焼鈍材の被削性は，30~50 m/min の旋削抵抗値において添加元素の影響が認められ，とくに Cr の添加によりその最大値を増加せしめる。穿孔性および低速域の旋削抵抗値は，本実験のような焼鈍黒鉛を含む場合は黒鉛自身の摩擦係数を減ずる効果のため添加元素の効果はあまりあらわれてこない。

(4) 旋盤を用いて切削能を測定した結果，快削黄銅を被削材とし切削温度，切削抵抗が低く構成刃先のないような条件での切削においてその工具寿命は Ni, Cr の添加によつて助長されとくに Cr の添加は有効である。

文 献

- 1) 吉松，荒木，中川：鉄と鋼，52 (1966) 4, p. 729
- 2) 安倍：日本金属学会誌，28 (1964) 3, p. 129
- 3) 荒木，谷地，吉松：鉄と鋼，51 (1965) 5, p. 1071