

Fig. 4. Drilling time in relation to the C content of carbon steels with lamellar or spheroidized cementite.

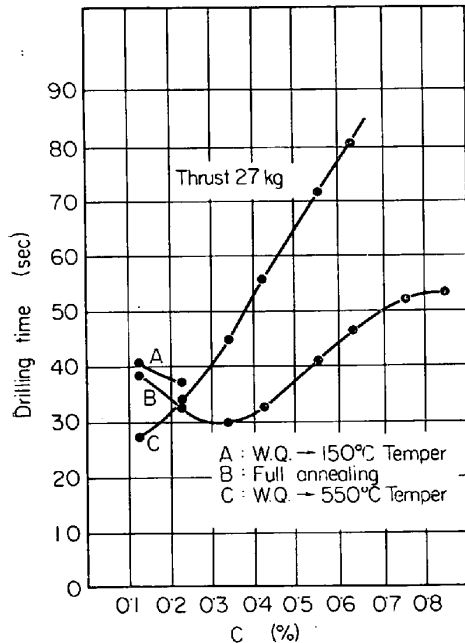


Fig. 5. Drilling time in relation to the C content of carbon steels after quenching and tempering.

好な結果を示さない。

#### 4. 結 言

0.12~0.84% C の炭素鋼について穿孔における被削性と炭素量および熱処理との関係を検討した結果、つぎのことが明らかとなった。

一般に被削性は 0.2~0.3% C の鋼が最もよく、炭素量がこれより低くても、また高くても被削性はわるくなる。また推力が増すと最も良好な被削性をあたえる炭素量は 0.2% から 0.3% へと移行する。以上のような被削性と炭素量との関係は、とくに焼なまし組織の場合に顕著である。

焼なまし組織と焼ならし組織とを比較すると、0.5% 程度以下の炭素量では後の方が被削性が良好であるが

これ以上の炭素量になるとこの関係は逆になる。セメントタイトが層状の場合と球状の場合とを比べると、ほぼ 0.3% C を境として低炭素側では前者の方が、高炭素側では後の方が被削性がよい。また、焼入れ焼戻しを施したソルバイト組織をもつ鋼の被削性は、0.1~0.2% C では焼なまし材よりむしろ良好であるが、これ以上の炭素量では炭素量の増加とともに急激にわるくなる。

#### 文 献

- 1) G. SCHLESINGER: Stahl u. Eisen, 33 (1913) 22, p. 929
- 2) たとえば奥島: 機械学会誌, 70 (1967) 576, p. 48
- 3) 大越, 渡辺: 精密機械, 136, 137, 138 (1946), p. 1
- 4) 荒木, 谷, 他: 機械学会誌, 70 (1967) 577, p. 183
- 5) 荒木, 谷, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 741
- 6) 貴志: 機械学会北陸支部講演会前刷 (1966) p. 95, 99

### 刃物用炭素鋼の比摩耗量におよぼす顕微鏡組織の影響\*

大阪大学工学部 工博 貴志 浩 三  
Effect of Microstructure on the Specific  
Wear of Carbon Steel for Cutleries

Dr. Kōzō KISHI

#### 1. 緒 言

金属の組成および組織よりくる因子が、比摩耗量に与える影響について吟味することは、被研削性および被削性を解明する一つの目安となるものである。またその優劣を判定することにより刃物鋼の切れ味、耐久度試験に関連し、より簡単に測定することにつながるわけである。一般的な概念として比摩耗量の小さな組織は切削および研削加工が困難とされているが、耐摩耗性と被削性との関連性についてのデータは少なく、また摩耗現象自体、内外的諸条件による多くの因子を含み<sup>1)2)</sup>、材質および組織よりくる一連の比較は困難である。

この実験は刃物用 0.96% 炭素鋼の各組織の比摩耗量におよぼす影響を吟味する。

#### 2. 供試材および実験方法

##### 2.1 供試材および熱処理

供試材としては Table 1 に示すごとく 0.96% C の刃物用炭素鋼を用いた。特に炭化物の性状がこの種試験に大きく影響するので、鍛造、予備熱処理(拡散焼ナマシ、球状化処理)を入念に行なつた。この材料を Table 2 に示す熱処理を行ない実験に供した。すなわちパーライト組織については球状と層状による炭化物の影響を、マルテンサイト組織については水冷マルテンサイトとマルテンパー処理材によるマルテンサイト組織の影響について、つぎに恒温変態処理によるベイナイト、ソルバイト組織の影響について吟味し、また低温焼戻しの影響を

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号 208 昭和42年5月10日受付

Table 1. Chemical composition of specimen and pressure roll (%).

Specimen	C	Si	Mn	P	S
	0.96	0.29	0.16	0.020	0.006

Pressure roll*							
C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
0.71	0.33	0.39	0.015	0.016	4.20	18.01	0.98

\* Hardened high speed steel (HRC 64).

Table 2. Heat treatment of specimen.

A	1	Lamellar pearlite structure 800°C, 10 min → A.C.
	2	Spheroidized pearlite structure 800°C, 10 min → W.Q. 750°~650°C slow cool. → A.C.
	3	Martensite structure 800°C, 10 min → W.Q.
	4	Bainite structure 800°C, 10 min → 300°C, 30 min → A.C.
	5	Sorbite structure 800°C, 10 min → 550°C, 30 min → A.C.
	6	Martemper treatment 800°C, 10 min → 170°C, 2 min → A.C.
B	1	950°C, 10 min → 180°C, 10 min → A.C.
	2	900°C, 10 min → 180°C, 10 min → A.C.
	3	850°C, 10 min → 170°C, 10 min → A.C.
	4	800°C, 10 min → O.Q.
C		800°C, 10 min → W.Q., 100~600°C tempering

みるために水冷マルテンサイトを 100~500°C で焼戻しを行ない、そのおのおの組織の比摩耗量をチェックした。次にマルテンパー処理の加熱温度の高低が比摩耗量に与える影響をみるために 950~800°C の各温度で 10 min 保持し 180~170°C の油浴に焼入れを行ない、そのマルテンサイト組織および残留オーステナイトの比摩耗量に与える影響についても比較検討を加えた。また相手材としての回転体は Table 1 のごとく高速度鋼第 2 種を用い、熱処理は 1280°C の塩浴に 2 min 保持、油焼入れ後 580°C 焼戻しを行なった。実験に供した材料の硬さは HRC 64 である。

## 2.2 実験装置および方法

科研製迅速摩耗試験機を使用して比摩耗量の測定を行なった。回転する焼入れ高速度鋼の円板に供試材料を押しつけて摩擦し、その時の摩耗痕の大きさによつて摩耗量を測定するような摩耗実験方法は、非常に微量の摩耗を検出することができるので実験時間が非常に短い。また表面の耐摩耗性の検討ができる。

試料は圧延材を 30×30×10 mm に切出し、各組織材とも 03 エメリー紙仕上げ後バフ研磨を行なった。回転体は表面を一定にするため WA, 120M mV 砥石で研削

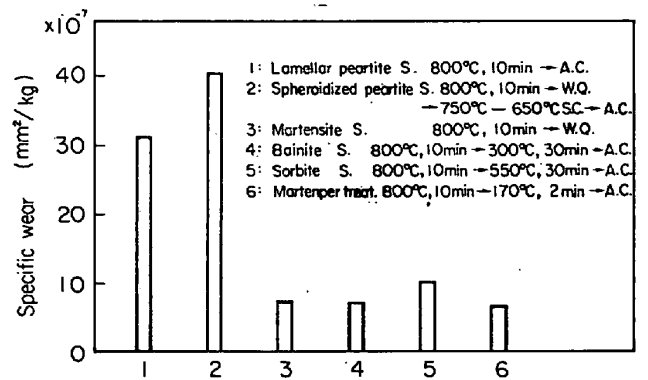


Fig. 1. Specific wear in relation to the heat treatment of 0.96% carbon steel for cutlery.

仕上げを行ない実験に供した。

## 2.3 実験条件

走行距離  $I_0$  (300m), 摩擦したときの最終荷重  $P_0$  (5.1 kg, 6.1 kg) をよみとり、そのとき生じた摩耗痕幅  $b_0$  を万能投影器にて 20 倍に拡大して測定を行ない、回転体の幅  $B$  (3 mm), 半径  $r$  (15 mm) を次の式に代入して比摩耗量を求めた。

$$WS = Bb_0^3 / BrP_0I_0$$

測定値は同一試料のうちからランダムに 3 個切りとりそのおのおのについて最低 3 個所を測定し 9 個の WS の算術平均値を求めた。なお回転体の速度は  $V = 1m/sec$ , 乾式法にて行なった。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 刃物用炭素鋼の比摩耗量におよぼす組織の影響

Fig. 1 にパーライト, ソルバイト, ベイナイトおよびマルテンサイト組織の結果の 1 例を示す。比摩耗量は摩耗速度および圧力など外部よりの依存性が大ですべての組織を一律に比較することは困難であるが、各種条件にて試験を行なった結果、組織の影響を顕著に示す条件における比摩耗量を棒線にて表わした。ここでパーライト組織は各組織を通じて比摩耗量が大で、これは明らかにフェライトの影響が大きく作用し、特に球状パーライトはこの傾向が大である。すなわちフェライト中に硬い炭化物が、層状または球状に存在するかによりフェライトの変形流れとも関係し、層状の場合は炭化物がフェライトの流れを固定し、フェライトの鋤取作用の進行を防止した球状組織に比較してセメントタイトの真の接触面に存在する確率が大である。マルテンサイト組織の比摩耗量は低い、これはフェライト組織に比較して硬いことに起因する。しかしマルテンサイトは硬いが靱性に劣ることで、耐摩耗性におよぼす靱性の影響は水冷マルテンサイトとマルテンパー処理マルテンサイト組織を比較すれば比摩耗量はマルテンパー処理材がやや低く、組織的にはマルテンサイトの葉がやや小さい程度で、あまり差はない。しかし内部歪は少ない。両者とも硬さはほぼ等しいが、後者の方が靱性に富んでいる。

ベイナイト組織材の比摩耗量はマルテンサイト組織材と比較して大差がない。硬さは低下しているが靱性が増加して、硬さと靱性の両者が相乗されてこの結果が出たものと思われる。近年断続切削用刃物材の傾向として外

国では非常に靱性に富んだものが増加してきた。これは刃先のチップングおよび耐久力を増すために、硬さは比較的 low ( $HRC\ 50$  以下)、組織はベイナイトを示し、その比摩耗量をより低くするために炭化物をより硬いものに置換える傾向にある。マトリックス自体は炭化物を保持するために強力な外力に打ち勝つだけの硬さと靱性が必要であり、これが満たされると比摩耗量は炭化物の種類、形、大きさ、分布により定まり特に粒径が小さくても大きくても型および大きさ一定のものがマトリックス中に均一に分布することが比摩耗量を低下せしめる場合の必順条件である。

ソルバイト組織はベイナイト組織のそれに比して比摩耗量は大であるが、しかしソルバイトは本質的にはパーライトと同じで炭化物が層状に、より細かくなつた組織を呈しており、機械的強度は上昇するものであり、パーライト組織に比べて著しく比摩耗量は低く、その差は大きいことに注目すべきである。

### 3.2 焼入れ加熱温度の恒温変態処理組織におよぼす比摩耗量の影響について

Fig. 2 は  $950^\circ C$ 、 $900^\circ C$ 、 $850^\circ C$  の各温度より  $180\sim 170^\circ C$  中に恒温変態処理された組織の比摩耗量を示している。また比較材として  $800^\circ C$  油焼入れ材を用いた。これら供試材の顕微鏡組織は素地はマルテンサイトで元のオーステナイト粒界に網目状に1次のトルースタイトがわずかに析出している。この結晶粒子の大きさは焼入れ加熱温度が高いほど大きくなる。 $800^\circ C$  油焼入れ材の比摩耗量は  $800^\circ C$  水焼入れ材とほぼ同じ値でその値は  $8 \times 10^{-7} mm^2/kg$  を示している。また、比摩耗量はトルースタイトで囲まれた結晶粒が大なるほど大で、組織全体としてはマルテンサイトと見なされるので、結晶粒度と比摩耗量がある関係を持つと思われる。特に  $950^\circ C$  油焼入れ材はその傾向が著しいので組織が粗大化すると粒界に介在するトルースタイトの影響をうける割合が大となり、残留応力および残留オーステナイトの影響を大きく受ける。また  $900^\circ C$  以下になると比摩耗量の変化は少なく、その値はほぼ類似と見なしうる。これは結晶粒の粗大化は組織の均一性を欠く因子を含んでいることを意味し、粒子がある程度以下のものにはあまり影響をおよぼさないが、 $950^\circ C$  以上になると粒界から網状に粒出したトルースタイトの粒界部分よりの剝離の形で起こる摩耗現象が随伴する。過熱組織を呈すると真の接触部は見かけの接触面に比較して非常に小さいものとなり、接

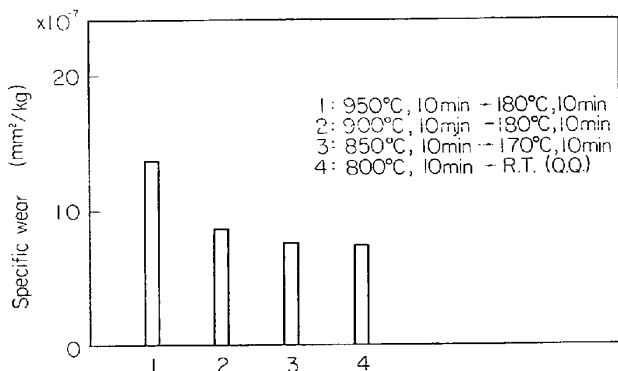


Fig. 2. Specific wear in relation to the heat treatment of 0.96% carbon steel for cutlery.

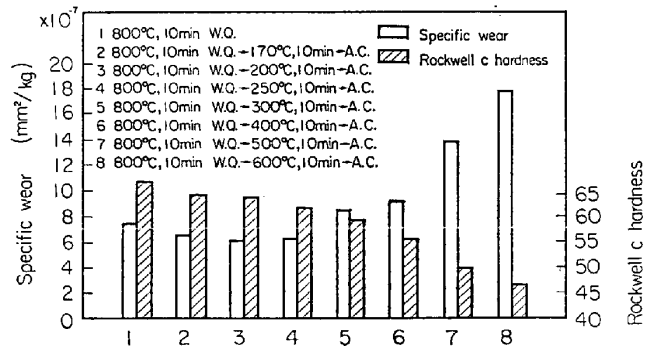


Fig. 3. Specific wear and hardness in relation to the tempering temperature of 0.96% carbon steel for cutlery quenched at  $800^\circ C$ .

線方向に応力が作用しあつて粒界に関係しないマルテンサイトを含めて、同時に粒界部分よりの剝離が促進される。この顕微鏡組織でみられる黒い部分は1種の微細なパーライト組織で、マルテンサイト組織に比較して比摩耗量は大である。

### 3.3 焼入れ低温焼戻しによる比摩耗量の影響

Fig. 3 は焼入れ低温焼戻し組織の比摩耗量に与える影響につき示したもので、 $170\sim 250^\circ C$  の比摩耗量は低くなり、とくに  $200^\circ C$  近傍において低い。 $170^\circ C$  では析出炭化物の凝集が認められ組織的にはマルテンサイト葉の微量が崩壊し始め、析出炭化物と思われるものの存在があり、内部応力の減少もみのがせない。 $200^\circ C$  以上になると残留オーステナイトがベイナイト様の組織に変化し硬さは少し低下する。この組織において低温焼戻し材は最も低い比摩耗量を示すことになる。 $250^\circ C$  近傍ではやや比摩耗量が大となり、マルテンサイト葉中に少数の中間状態の板状の炭化物が認められる。また  $300^\circ C$  の焼戻しトルースタイトの比摩耗量は増加し、 $400^\circ C$  に焼戻した炭化物が認められる組織の比摩耗量は前者と変わらず、 $500^\circ C$  以上のソルバイト組織になると急に増加する傾向にある。また硬さは  $370^\circ C$  以上の焼戻しにおいて急に低下する。

## 4. 結 言

$0.96\% C$  鋼の比摩耗量におよぼすパーライト、ベイナイト、ソルバイト、マルテンサイト、焼入れ低温焼戻し組織など顕微鏡組織の影響について研究し、次の結果をえた。

- 1) パーライト組織材の比摩耗量は大きく、層状に比較してとくに球状パーライト組織は大である。
- 2) マルテンサイト組織の比摩耗量は小で、水冷マルテンサイト組織よりもマルテンパー処理したマルテンサイトがより低い値を示す。
- 3) ベイナイト組織材は水冷マルテンサイト組織と大差がなく、またソルバイト組織材は前者に比較して大である。
- 4) 水冷マルテンサイト組織の低温焼戻しを行なうと  $200^\circ C$  近傍において比摩耗量の低下が認められる。
- 5) 焼入れ加熱温度が高い場合、比摩耗量は大きくなり残留オーステナイトとも関係し、焼入れ可能な範囲において低い温度が適当である。

文 献

- 1) たとえば小川: 日本金属学会シンポジウム予稿, (1958); p. 13
- 2) 小川: 日本金属学会会報, 5 (1964) 5, p. 321

0.6C-5Cr-1.2Mo 型刃物用鋼におよぼす Ni の影響について\*

特殊製鋼

工博 日下邦男・水野博司・新山俊六  
Effect of Ni on the Properties of 0.6C-5Cr-1.2Mo Tool Steel for Shear Blade

Dr. Kunio KUSAKA, Hiroshi MIZUNO and Shunroku NIYAMA

1. 緒 言

分断加工法の中ではせん断加工<sup>1)</sup>がもつとも作業能率がよく、経済的であるため最近では比較的せん断抵抗が大きく、寸法精度の要求されるものまで、せん断加工されるようになり、刃物用鋼の性能が注目されている。シャープレード<sup>2)~5)</sup>の性能は刃先摩耗と刃かけに対する抵抗によつて決まるため、靱性と耐摩耗性の比の調整が重要となる。したがつて、比較的せん断抵抗が大きく、寸法精度が要求される場合には耐摩耗性と靱性を適度にもち、疲労強度の優れた耐摩耐衝撃用鋼が必要となる。0.6C-5Cr-1.2Mo 鋼は SKD6 と SKD12 の中間的鋼種であり、上記のような耐摩耐衝撃用のシャープレードとして使用されているが、この鋼種についての報告が少ないので、われわれは 0.6C-5Cr-1.2Mo 鋼におよぼす Ni の効果について、Ni を 4% まで添加し、熱処理特性ならびに機械的性質を調べた。

2. 供 試 材

供試材の化学成分は Table 1 に示すように 0.6C-5Cr-1.2Mo 鋼をベースに Ni を 0~4% 添加したものである。この 5 鋼種を高周波誘導炉で 100 kg 鋼塊に溶製後 20 mm φ に熱間圧延し、各種試験片として用いた。

3. 試 験 結 果

3.1 変態点

測定は本多式熱膨張計により約 2.5°C/min の加熱および冷却速度で行なつた。この結果を Table 2 に示す。

0.6C-5Cr-1.2Mo 鋼の Ac 変態点は Ni の増量にともないほぼ比例的に 1% Ni に対して約 20°C 低下し、Ar 変態点は 1% Ni で 2 段変態し、2% Ni 以上では Ar'' 変態を示す。0.6C-5Cr-1.2Mo 鋼の熱膨張係数は 100~600°C において、 $1460 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  であるが、Ni 添加により低下している。

3.2 焼鈍硬度

管状電気炉により、20 φ × 20 mm 試片を 640~860°C × 3hr 加熱後、約 100°C/hr の冷却速度で徐冷した結果、A, B 鋼 (0~1%Ni) では 840~860°C において Hv 200~225 (HB 207~235) の最低値を示すが、D, E 鋼 (3.4%Ni) になると、最低の硬度が Hv 420~450

Table 1. Chemical composition.

Steel No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V
A	0.60	0.33	0.63	0.08	5.03	1.13	0.35
B	0.61	0.29	0.54	0.94	4.94	1.19	0.40
C	0.60	0.30	0.44	2.03	5.11	1.35	0.37
D	0.60	0.27	0.56	2.93	5.11	1.10	0.41
E	0.61	0.32	0.62	3.98	5.29	1.21	0.37

Table 2. Critical point.

Steel No.	Ac point	Ar point
A	825~870°C	800~730°C
B	805~845°C	750~690, 425°C
C	785~835°C	415~340°C
D	750~820°C	370~280°C
E	740~805°C	330~275°C

Heating and cooling rate (2.5°C/min)

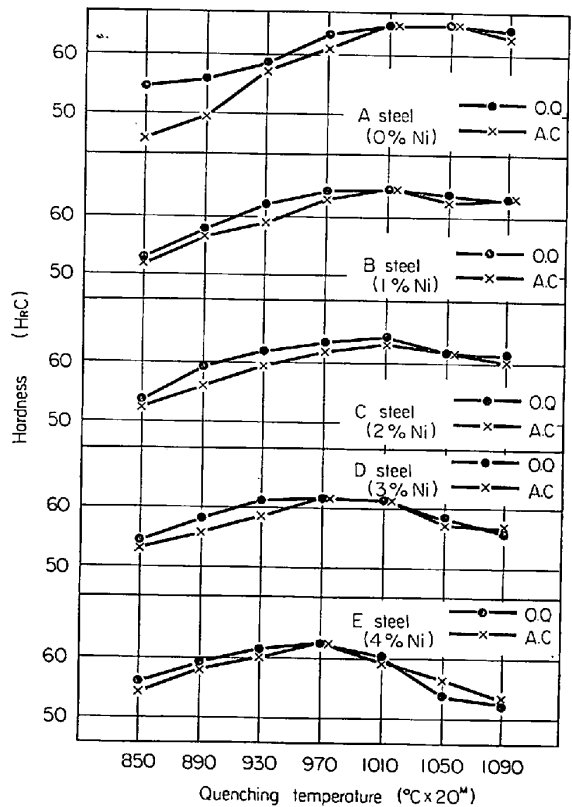


Fig. 1. Oil quenched hardness.

(HB 400~420) と非常に硬く、さらにゆつくり徐冷するか、長時間の低温焼鈍が必要となる。また、860°C × 1 hr 加熱後、ノーズの位置を調べた結果では A 鋼の約 700°C × 6 min に対して、B, C 鋼では約 700°C × 20 min 約 680°C × 60 min と Ni の増量にともない右側にずれ変態終了時間も A 鋼の約 700°C × 1hr に対して C 鋼では約 680°C × 6hr と著しく軟化しがたくなることを示している。

3.3 焼入れ焼戻し硬度

管状電気炉により 20 φ × 20 mm 試片を 850~1090°C × 20 min 加熱後、油ないしは空気焼入れした硬度曲線

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号 207. 昭和42年5月10日受付