

Fig. 4. Effect of dipping time in salt bath quenching on the toughness of YXM 2 (quenched at the denoted temperatures and tempered twice at 560°C for 1hr.)

とが明らかにされた。(図省略)

#### (3) 予熱条件の影響

YXM 2 について予熱温度と予熱保持時間による靱性の差を調査した。その結果、予熱温度 950°C 以下では予熱保持時間および予熱温度による靱性の差は認められないが、1000°C では予熱時間の影響が現われ、焼戻硬度は上昇し靱性は低下した。(図省略)

#### (4) 焼入方法の影響

YXM 2 について焼入後の冷却方法をかえた場合の靱性を調査した。熱浴焼入および空冷は油冷と比較して焼戻硬度を若干低下したが、熱浴焼入(400°C~500°C×30 min)は靱性を上昇し、空冷は若干脆化した。熱浴焼入も 600°C の浴温になると靱性はかえって減少した。(図省略)

#### (3) 焼戻繰返数および焼戻保持時間の影響

YXM 2 で 560°C の焼戻温度における焼戻保持時間(30min, 60min)および焼戻繰返数(1~4回)と靱性の関係を調査した。その結果、焼戻時間および焼戻繰返数の増加により靱性は増加し、一方硬度は低下したが、硬度低下と靱性の上昇は焼戻温度を上昇した場合と同じく、焼戻効果の進行度によつて予測された結果とよく一致した。

### IV. 結 言

実用高速鋼 11 種類の靱性におよぼす熱処理条件の影響を研究した。その結果を要約するとつぎの通りである。

- (1) 静的曲げ試験における破断までの吸収エネルギーおよび塑性たわみ量によつて、それぞれ試料の靱性および粘さを評価した。
- (2) 焼入温度の上昇により靱性は低下する。
- (3) 焼戻により最高二次硬度を示す焼戻温度ないし

はそれよりやや低目の温度で靱性は極小を示し、その上下の焼戻温度で靱性は良好となるが、焼入温度が高く、過熱組織を示すものは焼戻により軟化しても靱性は改善されない。

(4) 各鋼種のいろいろの焼戻硬度に対応する最大吸収エネルギー量により鋼種間の靱性を比較した。Co を含有しない鋼の靱性がすぐれ、同一 Co 量に対しては Mo 系が W 系に比しすぐれた靱性を示した。

(5) 粘さの挙動も靱性の場合とほぼ同様であるが、Co 含有鋼は HRC 63 以上、Co を含まない鋼でも HRC 65 以上で粘さを失なう。

(6) その他、焼入浸漬時間、予熱温度と保持時間、焼入冷却方法、焼戻時間とその繰返数などの靱性におよぼす影響を調査し、実地熱処理上の参考に供した。

### 文 献

- 1) S. WILMES: stahl u. Eisen, 81 (1961), p. 676~684

### (141) Mo 系高速鋼における C の影響について

日立金属工業, 安来工場

工博 新持喜一郎・○清永欣吾・奥野利夫

### Effect of Carbon on the Molybdenum High Speed Steels.

Dr. Kiichiro SHINJI, Kingo KIYONAGA and Toshio OKUNO.

#### I. 緒 言

高 C 高 V 高速鋼はそのすぐれた耐摩耗性にもかかわらず、研削性が悪いために需要が伸び悩みの状態であるが、最近これに代るものとして高硬度高速鋼の開発が試みられている。一方、冷間衝撃加工用型材として靱性の大きい高速鋼が要望されており、これに対しては低 C, Mo 系高速鋼が有望されている。このように高速鋼は今後ますます広範囲の用途に使用される傾向があり、いろいろの元素の組合せによる新種の高速鋼がいろいろ検討されているが、高速鋼にもつとも顕著な効果を与える元素は C であり、C の添加量のみを適宜調整することにより、貴重な元素を配合したと同様な性能を与えることができると予想される。ここでは Mo 高速鋼のうちもつとも広く使用されている SKH9 をとりあげ、これの諸性質におよぼす C 量の影響について究明することとした。

#### II. 実験方法

##### (1) 供試試料

SKH9 の C 量を約 0.6% から 1.3% まで変化させた 8 種類の鋼をタンマン炉により 2.5kg 溶製し、50 角鋼塊に铸造した。これらを 15 角に鍛伸後 850°C で焼鈍し、各種試験片を削出した。Table 1 に試料の化学分析値ならびに焼鈍硬度を示す。

##### (2) 熱処理性質

14φ×10mm の試料により、焼入および焼戻温度と各試料のオーステナイト結晶粒度、熔融組織の発生温

Table 1. Chemical analysis of samples.

Sample	Chemical analysis (%)							Annealed hardness Hv (10kg)
	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	
C 60	0.57	0.20	0.32	3.90	6.20	4.85	1.86	245
C 70	0.67	0.30	0.31	4.04	6.23	4.85	1.99	257
C 80	0.78	0.23	0.32	3.80	6.33	4.95	1.94	237
C 90	0.91	0.27	0.31	3.82	6.33	5.05	1.89	229
C100	1.01	0.21	0.25	3.90	5.95	4.81	1.76	249
C110	1.08	0.23	0.31	4.10	6.43	4.95	2.11	270
C120	1.29	0.24	0.29	4.10	6.40	5.03	1.88	301
C130	1.33	0.23	0.28	3.72	6.15	4.95	1.91	280

度、硬度などの関係を求めた。ただし、熱処理はすべて予熱 900°C×10min, 焼入 1180°~1280°C×2min 油冷とし、焼戻は 200°~650°C の各温度で 1hr 保持後空冷した。

(3) 残留オーステナイト量

14φ×10mm の試料を焼入後、表面研削し 13.5φ×9.5mm に仕上げ、これらの飽和磁化強さを弾動検流計法により測定し、同一寸度の焼鈍材の飽和磁化強さと比較して残留オーステナイト量を決定した。測定時の磁場強さは約 3000 Oe. である。つぎに同一試料を 650°C まで順次 1hr 宛繰返焼戻を行ない、その場合の残留オーステナイト量の変化を測定した。

(4) 静的曲げ試験

15 角焼鈍材を 2 つ割りして 5φ×70mm の形状にセンターレス 仕上し、熱処理を施した。予熱は 900°C×5 min, 焼入は試料の C 量に応じて適当な焼入温度 4 種を選び、それぞれ 1min 高温浴に浸漬後油冷、焼戻は焼戻温度を

C 60, C 70: 540°C, C 80, C 90: 550°C

C 100, C 110: 575°C, C 120, C 130: 620°C

として、これらの温度に 1hr 保持後空冷する操作を 2 回繰返した。試験方法は支点間距離を 50mm とし、その中央部に静荷重を加え、試験片が破断するまでの荷重とたわみ量の関係を求めた。加圧は 10t のアムスラー引張試験機による。荷重—たわみ線図より破断に要する吸収エネルギーを求め、靱性の比較を行なった。

(5) 焼戻軟化抵抗と高温硬度

使用状態に近い場合の焼戻軟化抵抗を比較するために Table 2 に示すような標準熱処理を各試料に施したの

Table 2. Normal heat treating methods of samples.\*

Sample	Preheating (°C)	Quenching (°C)	Tempering (°C)
C 70	900×10min	1240×2 min	540×(1+1) hr
C 80	"	1220×2 min	550×(1+1) hr
C 90	"	"	"
C100	"	"	575×(1+1) hr
C110	"	"	"
C120	"	"	620×(1+1) hr

\* Keeping time is shown to samples of 14 mm dia. 10 mm long.

ち、600° および 650°C に 2~20hr 保持し空冷後室温硬度の変化を観察した。

つぎに 6×6×20mm の試料に Table 2 に示す熱処理を施したのち (ただし予熱 6min, 焼入 1min 浸漬) 高温ピッカース硬度計により 600°C における保持時間 (10min~4hr) と高温硬度の関係を求めた。

(6) 切削試験

C 量に応じて適当な焼入温度 3 段階を選び、Table 2 に示す焼戻処理を施した 12mm 角、真剣バイトを作製し、約 150mm φ の SCM 3 焼鈍材 (Hb 179) および SNCM 9 調質材 (Hb 375) を被削材とする切削試験を行なった。ただし、SCM 3 の場合、切込 1mm, 送り 0.5mm/rev, 切削速度 55m/min, SNCM 9 の場合、上記のおのおのに対し 1mm, 0.2mm/rev, 40m/min の切削条件であり、切削油は用いていない。切削耐久力は刃先の摩耗によつて生ずる光輝帯現象の発生するまでの切削耐久時間によつて比較した。

III. 実験結果

(1) 熱処理性質

焼入温度の上昇につれて炭化物の固溶が進行し、同時にオーステナイト結晶粒は粗大化する。C 量の増加によつてこの傾向は強くなるが、とくに C 量が 1% を越えると顕著になる。さらに温度が上昇すると炭化物が粒界に凝集し、炭化物濃度の大きい部分より粒界溶融が開始するに到る。この段階では工具の靱性は著しく損なわれる。Fig. 1 は C 量と溶融組織発生温度の関係を示すもので、C 量の増加により、この温度が急速に低下することがわかる。

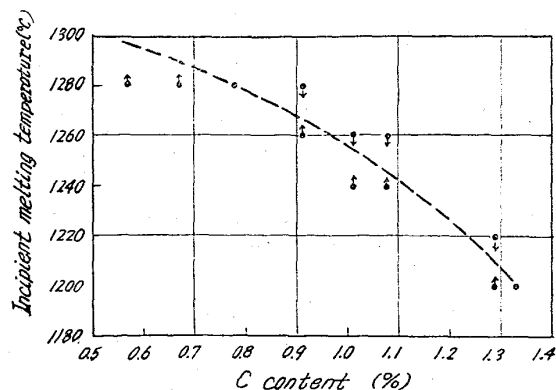


Fig. 1. Effect of C on the temperature at which the steels begin to melt.

焼入硬度はC量の増加により低下するが焼戻硬度はむしろ上昇し、しかも焼戻最高硬度をうる焼戻温度は高くなる。Fig. 2はこの状況を示したものである。しかし、Cが約1.3%になると焼戻最高硬度はかえって低下する。

(2) 残留オーステナイト量

焼入時の残留オーステナイト量は焼入温度の上昇ならびにC量の増加により増加するが、C量の影響がとくに大きい。C量が0.9%を越えると急激に増加し、C量1.3%では80%以上となる。焼戻による残留オーステナイトの変態過程は、Fig. 3に示すように、C量の増加にしたがって安定となり、高温まで未変態でもちきたされることがわかる。

(3) 静的曲げ試験

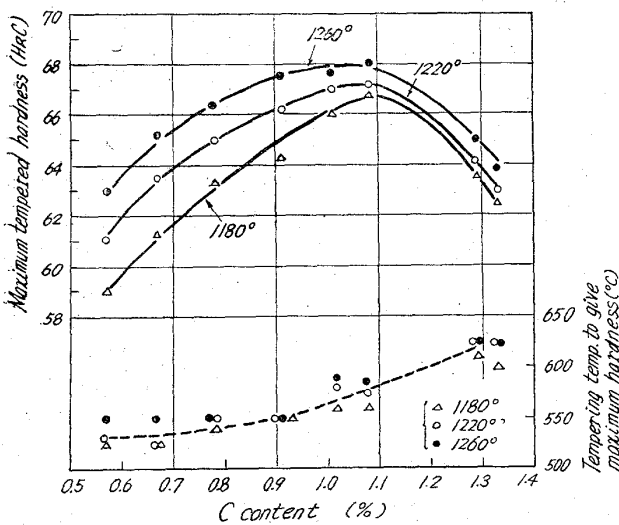


Fig. 2. Influence of C content on maximum tempered hardness and tempering temperature to give maximum tempered hardness in case of quenching at 1180°, 1220° and 1260°C.

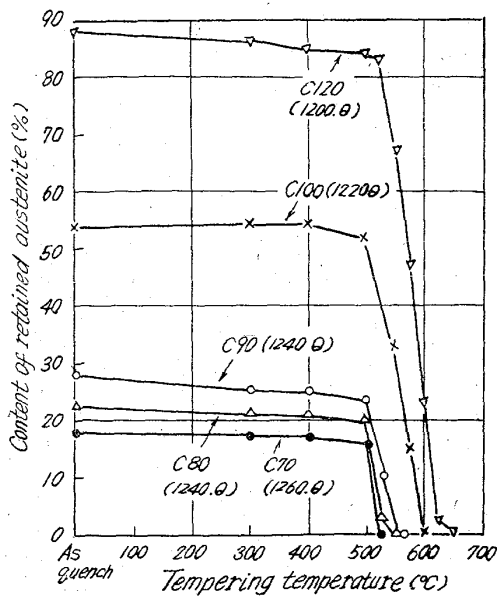


Fig. 3. Changes of retained austenite content due to tempering.

試料の抗折力はC量により約 200 kg/mm<sup>2</sup> から 400 kg/mm<sup>2</sup> まで変化した。同一焼入温度で比較するとC量の増加するほど抗折力およびたわみは減少し、つまり靱性は低下した。しかし、同一焼戻硬度で靱性を比較すれば Fig. 4 のようになる。これは通常の工具の使用硬度である HRC 65~66 ではC量 0.80~0.90%, すなわち正規の SKH 9 に相当する化学成分がよく、高硬度材の切削の場合のごとく、刃具材質に高硬度 (たとえば HRC 66 以上) が要求される場合は C 1.0~1.1% が有用であることを示している。

(4) 焼戻軟化抵抗と高温硬度

各C量に適した標準熱処理を施した試料を 600° および 650°C で保持した場合の硬度変化の模様を調査した結果は Fig. 5 に一例を示すごとくC量により相当の開きがあることが明らかとなった。600°C における高温硬度の測定結果 (省略) も同様にC量の影響が顕著であった。これらの結果はC量の増加が Co の添加と同じく焼戻抵抗の増大のために顕著な効果があることを示すものである。

(5) 切削試験

切削試験の結果によれば焼入温度の上昇により、焼戻硬度は増加し、同時に切削耐久時間も増加した。C量については 0.9% 以下で大差なく、C 1.0~1.1% で極大を示し、1.3% では切削耐久力を著しく減じた。

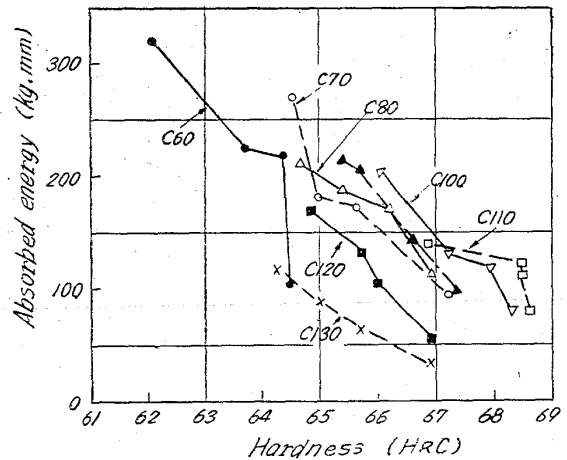


Fig. 4. Relation between hardness and absorbed energy in static bending test.

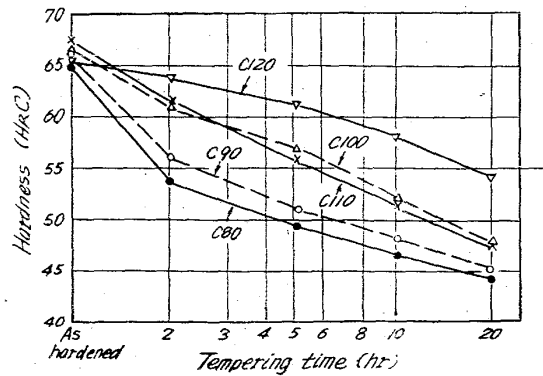


Fig. 5. Tempering resistance of samples at 650°C after normal heat treatment.

## IV. 考 察

C 量の増加に付随して起る結晶粒度, 焼入硬度, 残留オーステナイト量の変化は溶融点の低下および固溶しやすい  $M_{23}C_6$  型炭化物の発生によつて説明される<sup>1)</sup>. 一方, 焼戻最高硬度, 焼戻軟化抵抗, 残留オーステナイトの分解温度の上昇などの現象は C 量による特殊炭化物の析出機構の差に起因するものと考えられる. 焼戻抵抗の測定に使用した試料を用いて, 析出相の電子顕微鏡による観察を行なった結果, C 量の増加により特殊炭化物の粒界析出あるいはその凝集成長がいちじるしく抑制されることがわかり, また析出する炭化物の形状に若干の差があることが認められた.

## V. 結 言

SKH9 を基礎成分とし, その C 量を約 0.6% から 1.3% まで変化させた試料につきいろいろの性質を明らかにした. その結果を要約するとつぎの通りである.

- (1) C 量が 1.1% 以上に増加すると焼鈍硬度が高くなり, また比較的大きな一次炭化物を生ずるようになる.
- (2) 焼入硬度は C 量の増加によつて次第に低下し, 炭化物の粒界凝集および粒界溶融が低い焼入温度で発生する.
- (3) C 量の増加により, オーステナイト結晶粒の粗

大化温度を低下し, 焼戻二次硬度を高め, 焼戻最高硬度をうる焼戻温度を高温側へ移行する. とくに C 量 1% 以上でこの効果が顕著である.

(4) 残留オーステナイト量は C 量の増加とともに増加し, C 量 1% 以上で急激となる. また焼戻によつて完全に変態させるためには, より高い焼戻温度を必要とする.

(5) 靱性は一般に C 量の増加によつて低下する. ただし, 高硬度 (HrC 66 以上) で使用する場合には C 約 1.0% 程度の方がむしろすぐれた靱性を示す.

(6) C 量の増加にともない焼戻抵抗, 高温硬度は顕著に増大する.

(7) 切削耐久力はバイトによる連続切削の場合 C 1.0~1.1% 付近でもつとも大となる.

(8) SKH9 におよぼす C 量の影響はきわめて顕著であり, 使用工具によつていろいろの C 量を採用することにより, 広い範囲の用途に使用できると判断される. また C 量の増加により W, Mo, Co などの高価な元素を節約して同等の性能を与えうることが予測される.

## 文 献

- 1) 佐藤, 西沢, 村井: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 511

## 日本工学会講演会のお知らせ

日本工学会では下記講演会を開催いたしますので, 多数会員ご参加下さるようご案内いたします.

- |     |   |
|-----|---|
| 日 時 | 昭和39年4月25日(土) 13:30~15:30   |
| 会 場 | 日本化学会講堂<br>千代田区神田駿河台1の5 (明治大学大学院裏, 国電お茶の水駅下車都心に向つて<br>右側裏, 徒歩約3分) |
| 演 題 | 最近における産業公害および災害の工学的対策   |

横浜国立大学教授 北 川 徹 三