

温硬度は著しく低下するようである。

(3) 靱性について試験した結果、曲げ荷重についてはあまり差は見られなかったが、W、Moの相対量は撓み量に影響し、W量少なく、Mo量を多く含むほど高い靱性を示す。また、Moの高い鋼にてVを高めると靱性は若干低下するようである。

(4) 以上の結果および前報¹⁾にて示した結果より高速度重切削に耐え得る高速度鋼としての高C高VCo系Mo高速度鋼の主要成分はC1.3%、Cr4.5%、V3.5%とした場合のW、Moの成分範囲はW9.5~7.5%、Mo5~6.5%程度と考えられる。また、Wを少なくMoを多く含む場合は、V量を選定する必要があると考えられる。

文 献

- 1) 沢, 井田, 野村, 伊藤: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1527~29

(140) 静的曲げ試験による高速度鋼の靱性について

(高速度鋼の靱性に関する研究—I)

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

On the Toughness of High Speed Steels by Static Bending Test.

(Studies on the toughness of high speed steels—I)

Dr. Kiichiro SHINJI, Kingo KIYONAGA and Toshio OKUNO.

I. 緒 言

高速度鋼工具の用途面の拡大にともない、靱性と切削耐久性あるいは靱性と強度との適当な組合せが必要とされる場合が非常に多くなった。高速度鋼の靱性に関しては数多くの研究がなされているにもかかわらず、広範な熱処理温度に対応する靱性データが不足しているために実際の応用にあたって不便を感ずることが多い。高速度鋼は顕著な二次硬化性を有するために、同一硬度をうるためのいろいろの焼入温度と焼戻温度の組合せが選択できる。それ故、これらいろいろの熱処理条件の組合せによる靱性を求めることによつて、完全な鋼種間の靱性の

比較が可能となる。本研究はこのような観点から主要な実用高速度鋼 11 種類について焼入および焼戻温度と静的曲げ試験による靱性の比較を行ない、工具に対応する適応鋼種ならびに適正な熱処理条件の選択の資料とした。

II. 実験方法

(1) 試 料

試料は 40~60φ 圧延棒鋼を 15 角に鍛伸後 850°C で焼鈍したものより作製した。Table 1 に試料の化学成分を示す。

(2) 実験方法

10t アムラー引張試験機を用いて、一点荷重方式の静的曲げ試験を行なった。試験片は 5φ×70mm で支点間距離 50mm、その中央を 10R の押金具で荷重を加え、破断するまでの荷重とたわみ量の関係を求めた。

試料の熱処理はいずれも塩浴中で予熱 900°C×5min、焼入は各焼入温度において 1min 浸漬後油冷し、所定の焼戻温度で 1hr 宛 2~3 回焼戻した。焼戻回数は Co を含有しないものが 2 回、含有するものは 3 回とした。試験は同一条件において 4 本行ない、その平均値をもつて結果を表示した。硬度は破断した試料を表面より 1mm 平行研磨し測定した。

結果の検討を行なうに際し、各試料の荷重—たわみ曲線より破断までの吸収エネルギー、塑性たわみ量を求め、前者により靱性を、後者により粘さを評価した。

つぎに YXM2 につき、焼入浸漬時間、予熱温度およびその保持時間、焼戻時間とその繰返数、焼入冷却方法などが靱性におよぼす影響について明らかにした。

III. 実験結果

(1) 焼入および焼戻温度の影響

焼入温度の上昇につれて破断荷重、たわみとも低下し、また焼戻温度の上昇につれて一般にこれらの値は増加した。しかし、焼戻温度が低く残留オーステナイトを多量に含む場合は靱性の増加がみられた。したがって靱性の極小値は焼戻二次硬化のピーク温度ないしはそれよりやや低目 (10~20°C) の温度で現れた。たわみ量は概して焼戻温度の上昇にともない増加する傾向を示すのに対し、破断荷重は 580°C 以上の焼戻温度でかえつて低下するものが多かった。この現象は焼入温度が低い場合に顕著に認められ明らかに硬度低下にもとづく強度減少によるものである。焼入温度の上昇によるたわみや破断荷重の低下は焼入組織と密接な関係を有し、とくに焼入

Table 1. Chemical composition of samples.

| Sample | C | Si | Mn | Cr | W | Mo | V | Co |
|---------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| YHX 2 | 0.79 | 0.23 | 0.36 | 4.14 | 17.41 | 0.57 | 1.00 | — |
| YHX 3 | 0.80 | 0.21 | 0.33 | 3.91 | 18.31 | 0.30 | 0.95 | 4.99 |
| YHX 4 A | 0.81 | 0.24 | 0.29 | 3.88 | 17.63 | 0.38 | 1.28 | 10.30 |
| YX 1 | 0.76 | 0.35 | 0.37 | 3.94 | 11.19 | 0.47 | 1.91 | — |
| XOOO | 0.80 | 0.21 | 0.32 | 4.43 | 15.52 | 0.21 | 1.99 | 9.72 |
| YXM 1 | 0.86 | 0.29 | 0.34 | 4.08 | 6.31 | 5.40 | 2.10 | — |
| YXM 2 | 1.01 | 0.25 | 0.32 | 3.97 | 6.64 | 5.22 | 2.65 | — |
| YXM 3 | 1.04 | 0.27 | 0.29 | 4.08 | 10.03 | 2.85 | 2.64 | 5.17 |
| YXM 5 | 1.00 | 0.25 | 0.31 | 3.98 | 6.67 | 4.70 | 2.65 | 7.50 |
| XVC 1 | 1.25 | 0.37 | 0.44 | 4.08 | 8.84 | 1.23 | 3.99 | — |
| XVC 5 | 1.29 | 0.15 | 0.26 | 4.05 | 10.14 | 3.45 | 3.70 | 10.20 |

温度の上昇による結晶粒の粗大化，炭化物の粒界凝集，溶融組織の発生が靱性を低下させ，このような組織による靱性の欠除は硬度低下をもたらす十分な焼戻によつてもほとんど回復されなかつた。

Fig. 1 は YXM2 を 1160°C~1260°C より焼入れ，500°C~620°C で焼戻した場合の硬度と破断までの吸収エネルギーを示したものである。二次硬化現象のために，同一硬度に対して二つの測定値が得られ，一見複雑な図になつてはいるが，この図を利用すれば，使用硬度が指定される場合，もつとも靱性を有する焼入および焼戻温度の組合せが明瞭に示される。例えば，YXM2 において HRC 65 で使用し，靱性のなるべく大きいことが望まれる場合は Fig. 1 より 1220°C より焼入れ，560°C で焼戻す処理がもつとも望ましいことがわかる。

Fig. 1 のいろいろの焼入温度に対応する吸収エネルギー曲線の包絡線を描けば，これはこの鋼種における硬度とその硬度に対応する最大吸収エネルギーの関係を示すものであり，炭化物分布や化学成分によつて多少異なるであろうが，少なくともこの鋼種の靱性を表わす特性曲線と考えることができる。それゆゑ，この包絡線を用いて各鋼種の靱性の大小を比較することができる。

Fig. 2 は本実験に用いた試料のこの包絡線，すなわち各種硬度に対応する最大吸収エネルギーの関係を示したもので，YXM1 が硬度 HRC 65 以下においてきわめて靱性の高いことを示している。Co 含有量の影響が大きく，Co 含有量の増加にしたがい顕著に靱性は低下する。W 系と Mo 系では Mo 系の靱性が大きく，硬度 HRC 66 以上では鋼種による差は比較的僅少となるが，かかる高硬度範囲では XVC5，YXM 5 などの高 Co 系の靱性がすぐれていることがわかる。

粘さは簡単にいえば破壊前に永久変形する能力，すなわち塑性変形能で示され，靱性は粘さと同時に永久変形に抵抗する能力をあわせもつことが必要である。靱性は前述のごとく破断までの吸収エネルギーで示したが，粘さは本試験における塑性たわみ量をもつて評価した。一例として，Fig. 3 に YXM2 の硬度と塑性たわみ量の関係を示した。焼入温度が低く，焼戻温度が高いほど塑性たわみ量は大きいが，焼戻温度が 500°C のごとくきわめて低い場合は，かなり高い焼入温度でも塑性たわみを生じた。しかし，工具として通常用いる焼入焼戻条件では，塑性たわみは多くの試料についてほとんど認められ

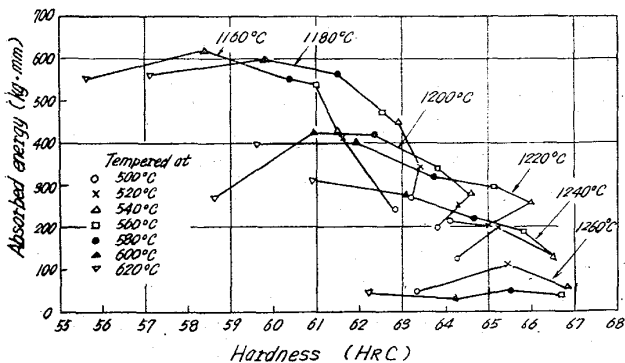


Fig. 1. Relation between hardness and absorbed energy of YXM2 (tempered twice at denoted temperatures for 1hr)

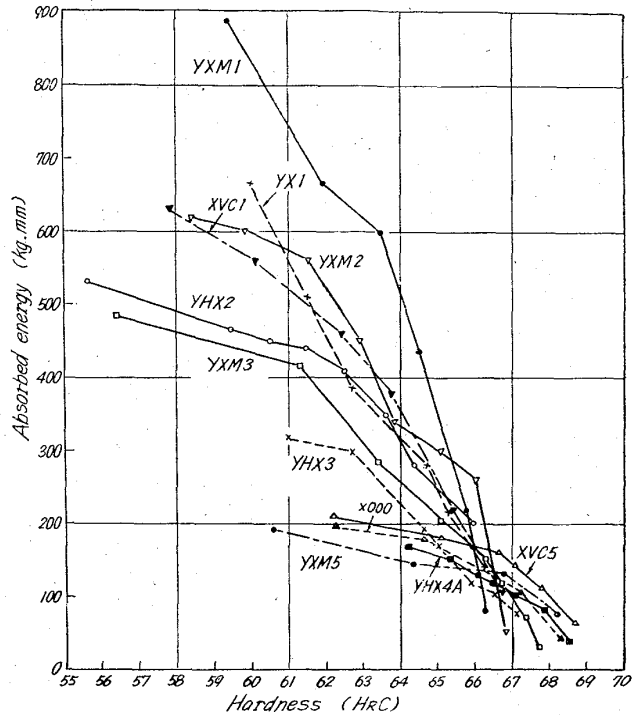


Fig. 2. Maximum absorbed energy corresponding to hardness of various high speed steels.

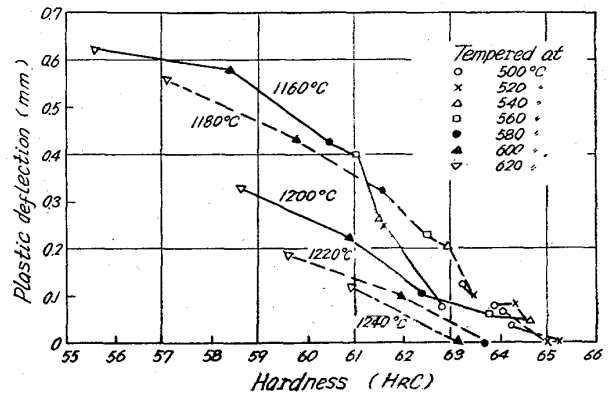


Fig. 3. Relation between hardness and plastic deflection of YXM2 (tempered twice at denoted temperatures for 1hr)

ず，わずかに YXM1 のみが若干の塑性を示した。硬度との関連についていえば，Co 含有鋼は HRC 63 以上，Co を含有しない鋼は HRC 65 以上で塑性変形能が 0 となつた。

(2) 焼入浸漬時間の影響

YXM2 につき焼入浸漬時間と焼戻後の靱性との関係を求めた。5φ×70mm の試料に対し，浸漬時間 2min までは急激に硬度が上昇し，同時に破断荷重，たわみは低下するが，それ以上での変化は少なく浸漬時間 4min 以上ではほぼ定常状態に達する。Fig. 4 にこの場合の吸収エネルギー量および塑性たわみ量の変化を示す。

低温長時間焼入と高温短時間焼入でほぼ一定の硬度を与える場合，どちらが靱性に対して有利であるかは問題となるところであるが¹⁾，この結果を整理した結果によれば，両者ともほぼ同一の靱性を示し，有意差のないこ

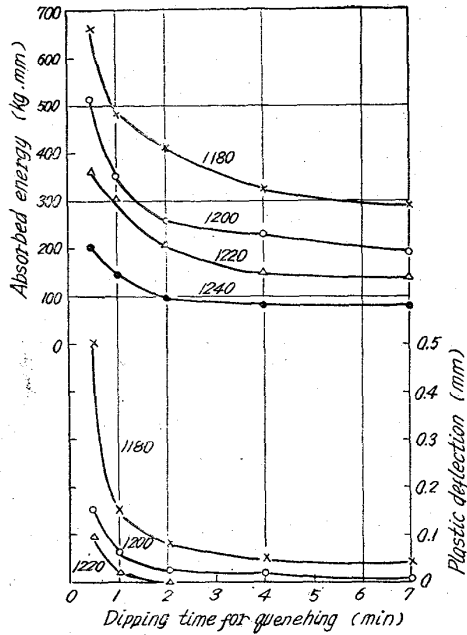


Fig. 4. Effect of dipping time in salt bath quenching on the toughness of YXM 2 (quenched at the denoted temperatures and tempered twice at 560°C for 1hr.)

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

実用高速度鋼 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 系高速度鋼における 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 高速度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度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度鋼が要望されており、これに対しては低 C, Mo 高速度鋼が有望されている。このように高速度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度鋼がいろいろ検討されているが、高速度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 高速度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、溶融組織の発生温