

Fig. 3. Relationship between width or interval of carbide streaks and ingot size or forging ratio.

は1次炭化物の縞の内部の個々の炭化物の形状や密集度などの縞のミクロ的な因子に関するものと考えられるが、間接的にはnet状からhook状をへてstreak状にいたる縞のマクロ的な分布形態の変化の過程の上で評価することが可能である。

文 献

- 1) 小柴: 高速度鋼, (1950), p. 9, [誠文堂新光社]
- 2) A. RANDAK, J. KURZEJA and H. G. JENTGES: Arch. Eisenhüttenw., 36 (1965) 10, p. 725

冷間鍛造用型としての高速度鋼の熱処理について*

大和精工 ○杉山道生

名古屋工業大学、工博 古沢浩一

On the Heat-Treatment of High-Speed Steel for Press Tools

Michio SUGIYAMA and Dr. Koichi FURUSAWA

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Specimen		C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	Application
Remark	Specification								
A	SKH 9 5 mm φ Centerless grind	0.83	0.29	0.28	4.25	6.30	5.05	1.94	Hardness and bending test
B	SKH 9 17 mm φ Rolled bar	0.81	0.31	0.32	4.24	6.21	4.97	1.92	Impact test

* 昭和41年6月東海支部講演会にて発表 昭和41年12月26日受付

1. 結 言

冷間鍛造法は近年著しく発達し、それに伴って被加工材の成分範囲が広まり、また形状が複雑になるにしたがつて加工が苛酷になりそのため従来の高C-高Cr鋼にかわつて高速度鋼が金型に広く用いられるようになってきた。高速度鋼はいづまでもなく、切削工具鋼として開発されたものであるから切れ味、赤熱硬さ、耐磨耗に主眼がおかれて熱処理条件が決められ、また研究されてきた。したがつてこれを型用鋼として使う場合の熱処理などについては不明な点が多い。この点に着目し最近2, 3¹⁾~⁴⁾の研究が行なわれてはいるが、最適な熱処理条件を決める資料としてはまだ不十分である。著者らは以上の理由で、靱性がすぐれているといわれている低温焼入れを含めて、広い範囲の焼入れ、焼戻しの条件が抗折力、衝撃値などにおよぼす影響、繰返し焼戻し、サブゼロ処理の効果などについて調べた。

2. 実験方法

2.1 試験片

Table 1の化学成分を有するJIS-SKH9を用い硬さおよび抗折試験用試験片として、センタレス加工により表面の欠陥を除いたものを、長さ70mmに切断して用いた。衝撃試験には直径17mmの鍛伸材に機械加工と熱処理を行ない、最後に0.2mm研摩して所定の寸法にしたものを用いた。

2.2 熱処理方法

焼入れ加熱には中性塩を用い、300°C、600°Cおよび900°Cの段階予熱を行なつた後、所定の焼入れ温度で45sec(抗折試験片)もしくは3min(衝撃試験片)加熱した。冷却は200°Cに保持した塩浴中で行ない、また一部は恒温焼入れ温度の影響を調べるため570°Cでも行なつた。焼戻しは流気式焼戻し炉で各1hr行ない、その後表面を十分に清浄にしたものを試料として使用した。

2.3 機械的性質

抗折試験にはスパン50mmの試験片を用いこれに中央集中荷重を加え、最大破断荷重を曲げ強さとして求めた。抗折試験で破壊した試料を樹脂に埋没し、破断面を研摩して硬さの測定を行なつた。衝撃試験は5kg·mシャルピー試験機により、JIS3号試験片を使用して行なつた。さらにこれら試験に供した試料の顕微鏡組織も調べてみた。

3. 実験結果および考察

3.1 焼入れ、焼戻しによる機械的性質の変化

1,020~1,240°Cの各温度で焼入れして、これを240~640°Cで焼戻したものの硬さおよび曲げ強さをFig. 1に示す。硬さは240°Cの焼戻しで急激に低下し320

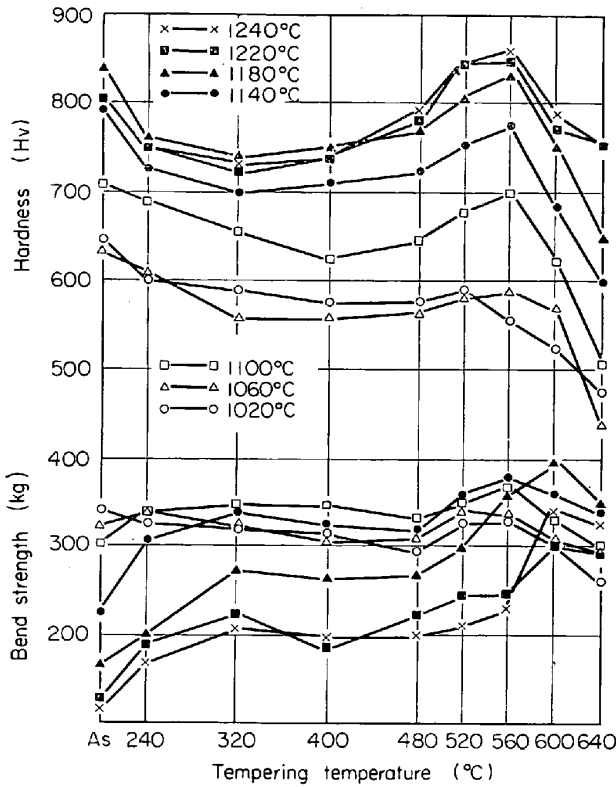


Fig. 1. Effect of tempering temperature on the bend strength and hardness for specimen A quenched from indicated temperature.

~400°Cで最低となり、さらに焼戻し温度が高くなるにしたがつて上昇して、520~560°Cで最高となる。それ以上に焼戻し温度が上がると再び低下し、この傾向は焼入れ温度が1100°C以上のものに顕著である。一方曲げ強さの変化をみると240°Cの焼戻しで強度は急激に大きくなり、400°C付近で少し低下し520~600°C付近で再び上昇し、それ以上焼戻し温度が高くなると再び低下する。この傾向は2次硬化現象の明瞭に現われる

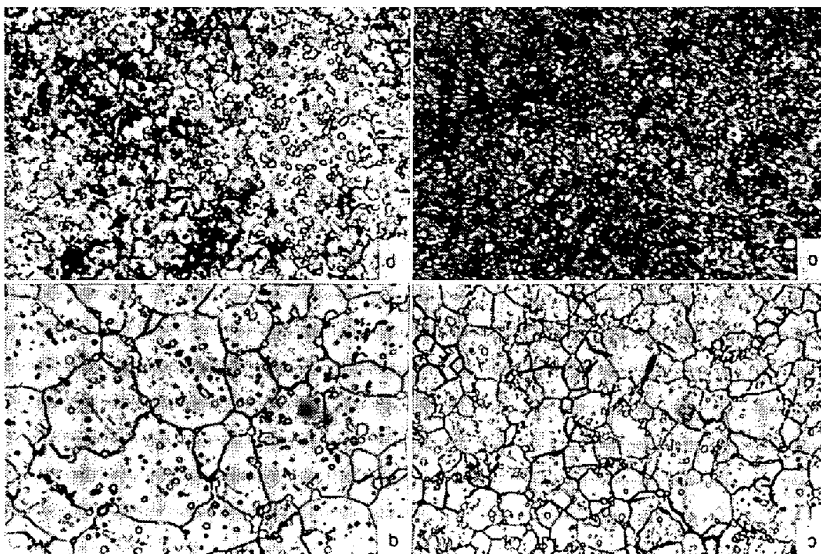


Photo. 1. Microstructures of quenched specimens at various temperatures: (a) 1100°C (b) 1140°C (c) 1180°C and (d) 1240°C. $\times 700$ (1/2)

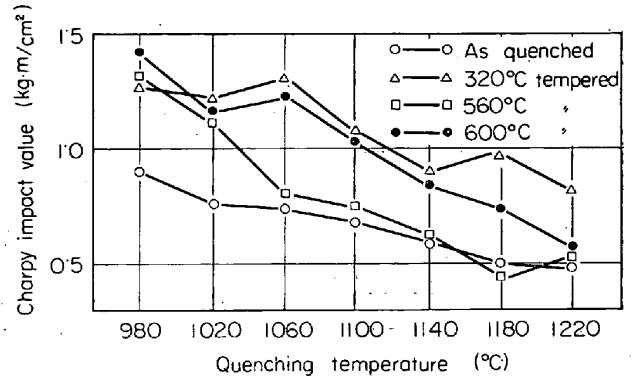


Fig. 2. The V-notch Charpy impact test results of specimen B quenched and tempered at various temperatures.

1100°Cより高い焼入れ温度のものにはつきりと示され、また最高強度を示す焼戻し温度は、2次硬化により最高硬さとなる温度よりやや高い温度で得られるようである。焼入れ、焼戻しに伴う衝撃値の変化をFig. 2に示す。焼入れ温度の低いほど衝撃値は高い。また焼戻し温度の影響は320°Cのものもつとも高く、ついで600°Cで2次硬化をおこす560°Cのものもつとも低い。この傾向は1060°C以上の焼入れ温度の場合に顕著である。

これらの結果より、硬さと曲げ強さ、衝撃値の関係を求めると、硬さが高すぎて脆いために曲げ強さが小さい部分と、硬さが低すぎて柔らかいために曲げ強さが小さい部分を両端としてHv 700付近が比較的高い曲げ強さを示している。また衝撃値はHv 800位までは硬さが高くなるにしたがつて減少し、Hv 800以上になると衝撃値はほとんど一定になる。したがってHv 700位を基準において、耐衝撃性を強く要求するようなパンチ類は、少し硬さを犠牲にして衝撃値を高くする。あるいは耐摩耗性や強度を大きくしたいダイスのようなものは、衝撃値を犠牲にして硬さを高めるとよい。

3.2 焼入れ、焼戻しによる顕微鏡組織の変化

980~1100°Cのものでは未溶解炭化物が多く、その量にはあまり差がないが、1140°Cになるとオーステナイト(γ)結晶粒界の一部が出現し始め、基地もやや腐食されにくくなってくる。1180°C、1220°C、1240°Cと焼入れ温度が高くなるにしたがつて未溶解炭化物の量が減少するとともに、 γ 結晶粒の成長が見られる。これらの焼入れ組織から考えて、JIS規格で推奨している1200~1240°Cの焼入れ温度では、 γ 結晶粒の成長がおこり、靱性が低下しているはずであるから金型などには不向きなものと想像される。また1100°C以下の焼入れ温度では炭化物の固溶量が不規則である。この原因として焼入れ温度が低いため焼入れ前の組織の影響が現われるのではないかとと思われるが、いずれにしても1100

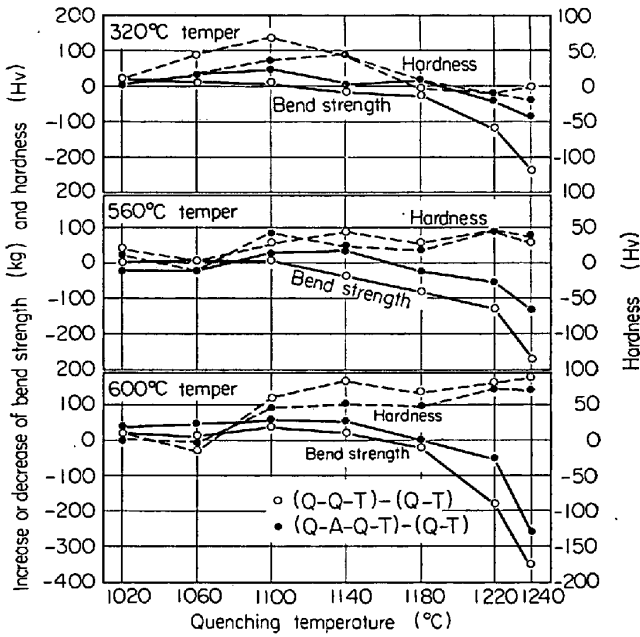


Fig. 3. Effect of re-quenching on the bend strength and hardness.

°C 以下の焼入れ温度では品物の品質が安定しないものと考えられる。これらの顕微鏡組織の一部を Photo. 1 に示す。320°C 焼戻しの組織をみると、焼入れ温度が 1100°C 以下のものは組織変化が不明瞭であるが、1180°C 以上のものは明瞭なマルテンサイト組織が現われ、焼入れ温度の上昇とともに針状組織が粗大になっている。560°C の焼戻しでは焼入れ温度の高いものに現われていた γ 結晶粒界が完全に見えなくなり、細粒の 2 次炭化物の析出がみられる。焼戻し温度が 600°C になると炭化物の析出量はさらに増加している。なお 1100°C 以下の焼入れのものでは基地の組織変化を光学顕微鏡では明瞭につかむことができなかつた。

3.3 再焼入れの影響

高速度鋼の焼入れにおいてなにかの事故のため、再焼入れをしたいことがある。このようなとき、そのまま焼入れ作業をすると鱗状破面と呼ばれる破面を呈して異常に脆くなることがある。防止策として再焼入れ前に焼鈍をするとよいとされているが、本研究のような低温焼入れの場合に再焼入れが品物を脆くするであろうかどうかを調べてみた。Fig. 3 はその結果である。横軸に示す温度で焼入れ後、それぞれの温度で焼戻しを 1 回したものを (Q-T と記す) 基準として、焼入れ、再焼入れ、焼戻しと順に行なつたもの (Q-A-Q-T と記す) との差を縦軸にとつた。焼入れ温度 1180°C 以上のものは再焼入れによって焼戻し後の曲げ強さは低下するが、1140°C 以下のものはほとんど変わらない。1060~1140°C 焼入れ 320°C 焼戻しのは、曲げ強さが低下しないで硬さが高くなっている。600°C 焼戻しのもも大体同様の傾向を示している。再焼入れ前に焼鈍したものは、これらの傾向がいくらか減少し最初の状態に近くなるようであるが、1220~1240°C では相当に脆くなるようである。これらの結果から 1140°C 以下の焼入れ温度のものでは再焼入れのための焼鈍は必要ないものと判

断される。

3.4 繰返し焼戻しの効果

1220~1240°C 付近で焼入れする切削工具などの場合には、560°C 付近で繰返し焼戻しをすべきだとされているが、低温焼入れのものに繰返し焼戻し効果があるかどうか明らかではない。この点について調べた結果 1220~1240°C 焼入れのときには 320°C、560°C および 600°C のいずれの焼戻しでも強度の向上に効果があり、560°C で 3 回、600°C で 2 回が特に顕著な効果がある。しかし 1180°C 以下の焼入れのときにはあまり効果がなく、1060°C 以下では繰返し焼戻しによつて硬さ、曲げ強さいずれも低下する。

3.5 サブゼロ処理および熱浴焼入れ温度の影響

低温焼入れにおけるサブゼロ処理の効果について調べてみた結果、1220~1240°C のものでは硬化する傾向が見られるが、1100~1180°C の低温焼入れのものではわずしか曲げ強さの増加が認められず顕著な効果はない。また熱浴焼入れ温度の影響は 1180~1240°C 焼入れでは 200°C 熱浴焼入れのものより、570°C 熱浴焼入れの方が硬さにはほとんど差がなくても、曲げ強さが高いことが確認された。しかし 1140°C 以下の低温焼入れのものでは熱浴焼入れ温度は顕著な影響がないようである。

4. 結 言

高速度鋼 (JIS-SKH9) を用いて硬さ、曲げ強さおよび衝撃値などにおよぼす低温焼入れの影響について調べた結果を得た。

1) 従来ほとんど顧みられなかつた 1180°C 以下の種々の焼入れをしたものを 240~640°C で焼戻して硬さ、曲げ強さおよび衝撃値にたいする熱処理方法の関係を求めた。金型の使用状態を考慮し、この結果を参考にしてより適切な熱処理方法を定めることができる。

2) 曲げ強さおよび衝撃値がともに比較的高いのは Hv 700 付近である。

3) 一般に推奨されている 1220~1240°C の焼入れ温度ではすでに γ 結晶粒の成長がみられ、また 1100°C 以下では炭化物の固溶が均一にならない。したがつて 1100~1180°C の焼入れ温度が金型に適當である。

4) 再焼入れによる脆化現象は、1140°C 以下の焼入れ温度であれば、影響がほとんどあらわれない。

5) 繰返し焼戻しは 1220~1240°C の焼入れのときにはその効果がみられるが 1180°C 以下の焼入れのときにはあまり効果がない。

6) サブゼロ処理はほとんど効果がない。

7) 1220~1240°C 焼入れの場合には 200°C 熱浴焼入れより 570°C 熱浴焼入れの方が、曲げ強さの点ですぐれている。1180°C 以下の低温焼入れでは熱浴焼入れ温度の影響はないようである。

本研究は昭和 40 年度愛知県委託研究によりおこなつたもので、研究費を援助下さつた愛知県商工部工業課、研究の遂行にあたり終始協力下さつた桑名工業高校堀俣教諭に深甚なる謝意を表する次第である。

文 献

- 1) G. STEVEN: Metal Progress, 75 (1959) 5, p. 76, 188
- 2) P. PAYSON: The Metallurgy of Tool Steels, (1962), p. 205 [John Wiley & Sons, Inc.]
- 3) 新持, 清水, 渡辺: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2089
- 4) 沢, 西村, 伊藤: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 677