

(81) 高速度鋼の機械的性質におよぼすサブゼロ処理の影響

(鋼のサブゼロ処理に関する研究—II)

Effect of Subzero Treatment on the Mechanical Properties of High Speed Steels.

(Studies on subzero treatment of steels—II)

Hiroshi Susukida, et alius.

新三菱重工業, 神戸造船所

工藤 寛・安藤 智純

I. 緒 言

各種鋼材の機械的性質におよぼすサブゼロ処理の影響を究明する目的で、前報において炭素工具鋼および合金工具鋼に対する実験結果を報告し、両鋼種に対しては焼入・サブゼロ処理・焼戻の組合せ条件が最適で、耐摩耗性を主眼とする鋼種への適用が効果的であることをのべた。本報告ではさらに高速度鋼3種類についてほぼ同様の実験を行い、主としてサブゼロ処理と焼入・焼戻との組合せ条件と硬度、耐摩耗性、抗折力、疲労強度など機械的性質との関係を比較検討した結果をとりまとめ報告する。

II. 試料および実験方法

試料は各種高速度鋼の中より SKH 2, SKH 3, SKH 4 の3種類を選んだ。Table 1 にその化学成分をしめした。

Table 1 の各試料に対しつぎに示すような条件で各種の熱処理を行なった。

a) 組合せ条件

QT, QTT, QTT
QST, QSTST, QSTSTST
QTST, QTSTST, QTSTSTST
AT, AST

(Q: 焼入, T: 焼戻, S: サブゼロ処理,
A: 熱浴焼入)

b) サブゼロ処理: -70°C , -95°C (保持 45 分)

c) 焼入: SKH 2 1280°C 油冷, SKH 3 1290°C 油冷, SKH 4 1300°C 油冷

d) 焼戻: SKH 2 570°C 空冷, SKH 3, および 4 580°C 空冷

e) 熱浴焼入: 560°C 空冷

サブゼロ処理と熱処理との組合せ条件としてはQT系、QST系、QTST系の3種の比較を主眼とし、これに熱浴焼入を一部加えることにした。また高速度鋼に対しては通常繰返焼戻が行われるので繰返サブゼロ処理の影響もあわせ検討することにした。サブゼロ処理温度は -95°C を主体とし、QSTおよびQTSTの場合に限り -70°C についても実施した。サブゼロ処理における保持時間は45分に一定し、また焼入後サブゼロ処理までの放置時間は20分を基準にして行うようにした。焼入および焼戻温度はすべてJIS規定温度範囲の中央値をとつた。

以上のような要領で熱処理を施した各試料に対し硬度、摩耗、抗折、繰返曲げ、顕微鏡組織などの諸試験を実施した。なお試験片の寸法形状はすべて前報と同様である。

III. 実験結果

(1) 硬 度

各試料に対し各種条件で熱処理を行なったものにつき硬度を測定した。その結果各試料を通じ焼入のままのものに比し、焼入後サブゼロ処理したものはいちじるしく硬度が上昇した。焼戻後の硬度はQT, QST, QTST各系ともいちじるしい差異は認められなかった。また繰返サブゼロ処理の影響としてはSKH 2, 3では1~2回は変わらず3回繰返すとやや低下の傾向をしめし、SKH 4では1~3回を通じほとんど変らなかつた。

つぎに試料SKH 2のQT, QST, QTST処理のものについて各温度における焼戻硬度を測定した結果をFig. 1にしめした。この関係曲線の傾向は各試料ともほぼ同様であり、QST, QTSTともに 300°C 付近までは漸減し、QTSTが 300°C 付近でQTの焼戻曲線とほとんど一致するのに対し、QSTはさほどいちじるしい硬度低下は見られない。二次硬化のおこる温度はQSTがQTよりSKH 2, 3では約 40°C 低温側へずれ、QTSTはQTより各試料とも約 20°C 低温側へずれるのが認められた。

(2) 耐摩耗性

Table 1. Chemical composition of samples.

Samples	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Co	Dimension
SKH 2	0.70	0.31	0.12	0.007	0.027	4.68	20.80	0.70	—	16×30 mm
SKH 3	0.78	0.18	0.46	0.006	0.023	3.80	18.25	0.84	4.85	35×35 mm
SKH 4	0.79	0.28	0.40	0.004	0.015	4.20	18.30	1.14	9.96	38×38 mm

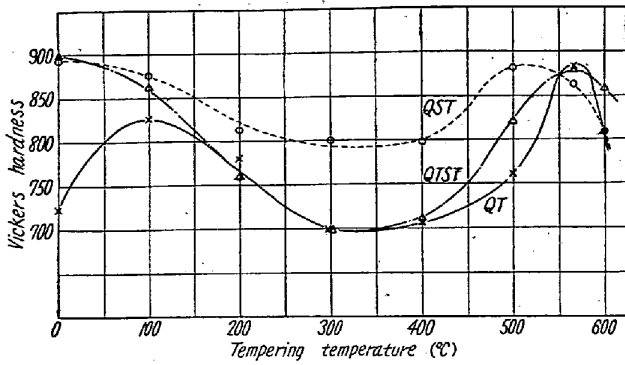


Fig. 1. Relation between methods of heat treatment and temper hardness. (Sample SKH 2)

各試料に対し大越式迅速摩耗試験機により摩耗試験を行なった。試験要領および結果の表示は前報と同様である。試験結果の一例として試料 SKH 2 の $V=2.38\text{m/s}$ の場合における比摩耗量を Fig. 2 に比較図示した。他の各試料を通じ比摩耗量の順位はいずれも

QT系 > QST系 > QTST系

となり、サブゼロ処理を行なったものともに耐摩耗性が向上し、QTST系が最も効果のある成績をしめた。各系内における繰返サブゼロ処理の影響としては一般的に2回ないし3回繰返した方が良好な結果をしめた。

(3) 抗折力

各試料につき抗折試験を行い、破断荷重、撓みおよび破断に要した吸収エネルギーを測定し比較検討した。こ

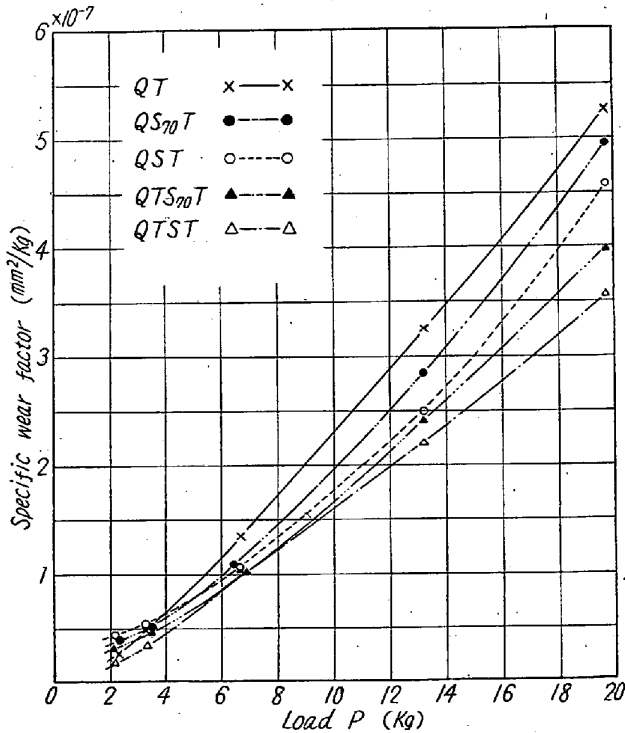


Fig. 2. Comparison of specific wear factor of sample SKH 2 under various heat treatments. ($V=2.38\text{m/s}$)

の結果各試料のQT, QST, QTST各系相互間には焼戻の繰返回数により優劣の順序が異なるが、各系を通じ2回または3回の繰返サブゼロ処理が1回の場合に比しすぐれた成績をしめた。全般的に3者の中ではQST系が比較的良好な抗折力をしめた。

(4) 疲労強度

各試料につきシェンク式繰返曲げ試験機により疲労試験を行なった。その結果試験値のばらつきもあり必ずしも明確ではないが、SKH 2, 3ではサブゼロ処理を行なったものの方が若干疲労強度の向上する傾向がしめされた。

以上の結果より硬度、抗折力、耐摩耗性の3者を主体に比較するとQST系の硬度はやや低目、抗折力は若干高目、耐摩耗性はQT系とQTST系との中間の成績をしめし、QTST系は硬度、抗折力ともにQT系と大差ないにもかかわらず耐摩耗性は最もすぐれた成績をしめた。このことから耐摩耗性を主眼とする場合はQTST系、耐摩耗性にある程度の靱性を必要とする場合はQST系がそれぞれ普通のQT系よりもすぐれているといえよう。

つぎに繰返サブゼロ処理の影響であるが、各試料を通じサブゼロ処理および焼戻の繰返回数が増すとともに硬度は同等もしくはやや低下の傾向をしめし、耐摩耗性および抗折力は2回または3回の繰返処理により向上することが認められた。このことは繰返焼戻のみの場合に対してもいえることであるが、繰返焼戻にサブゼロ処理を適用すれば一層効果的であることがしめされたわけである。

なお熱浴焼入の影響については付随的に行つたため、データは十分でないが、ATはQTTに比し硬度、抗折力は同程度、耐摩耗性は同等またはそれ以上の成績をしめし繰返曲げ疲労強度も比較的良好であつた。これにサブゼロ処理を加えたASTはATに比しさほどいちじるしい効果はしめされなかつた。

IV. 総 括

高速度鋼の機械的性質におよぼすサブゼロ処理の影響に関し実験検討しつぎの結果を得た。

(1) 焼入・焼戻後サブゼロ処理を施したものは普通の焼入・焼戻を行つたものに比し、硬度、抗折力は同程度であるが、耐摩耗性はいちじるしく改善される。

(2) 焼入・サブゼロ処理・焼戻処理を施したものはこれに比し耐摩耗性は若干劣るが、抗折力は幾分向上する。

(3) サブゼロ処理は適当な組合せ条件で行えば耐摩

耗性または抗折力の向上に効果的である。

(4) 繰返サブゼロ処理は耐摩耗性および抗折力の改善に有効である。

(82) 高W-高Co 高速度鋼における 熱処理と炭化物の挙動について (電解分離による高速度鋼の炭化物 に関する研究—Ⅲ)

Behavior of the Carbides due to Heat-Treatment in the High-W High-Co High Speed Steel.

(Study on the carbides in high speed steels by electrolytic isolation—Ⅲ)

Hideki Harada, et alii.

日立金属工業, 安来工場

工博 小柴定雄・木村 伸・理○原田英樹

I. 緒 言

高速度鋼の炭化物については、電解分離法が採用されるにいたって、その挙動を究明する研究が急速に進歩し、従来鋼中に存在しているままの状態でも顕微鏡あるいはX線などによつて鋼の組成、形状、分布状態その他から推定するの域を脱し得なかつた炭化物が電解によつて単独に分離され、かつ組織別の化学組成の定量が可能となり、分離炭化物のX線回折からより正確な結晶構造などを明らかにすることができた。

最近外国のみならず、わが国においても東北大佐藤教授をはじめ各所において電解分離法が研究されており、高速度鋼の炭化物には、 M_6C 、MC および $M_{23}C_6$ の3種の炭化物が存在することが明らかにされ、各種類の高速度鋼について各組織における炭化物の量ならびに組成割合も定量されて、鋼の諸性質との関係が次第に明らかにされつつある。

著者らも、第1報¹⁾および第2報²⁾において、各種類の高速度鋼の各熱処理組織における炭化物について究明してきたが、今回は高W高Co高速度鋼について同様に各熱処理状態における炭化物を電解分離し、炭化物の量と組成、結晶構造などについて検討した結果を報告する。

II. 試料および実験方法

実験に供した高速度鋼試料の化学組成を Table 1 にしめす。

また試料の熱処理条件は

焼鈍: 890~900°C × 3 h

焼入: 900°C × 5mn(塩浴中)予備加熱
1300°C × 2mn(塩浴中)油 冷

焼戻: 300°, 500°, 575°, 650°C および 750°C にて各 1 h 保持

なお電解分離における装置は前報¹⁾と同様で、塩酸法によつた。その電解条件はつぎのごとくである。

電流密度: 10mA/cm²

電解液: 0.2N-HCl+5% クエン酸溶液

電解時間: 20~50 h

電解試料寸法: 10mm φ × 80mm

電解分離してえた炭化物は、アルカリ処理、真空乾燥して以後の実験に供した。

III. 実験結果

高W高Co高速度鋼の各熱処理試料から、上記の実験方法にしたがつて、電解分離した炭化物の化学分析結果、ならびにこの炭化物の量および化学組成から算出した基質の組成をしめすと Table 2のごとくである。

また Table 2の結果から各種熱処理状態における各合金元素の炭化物への濃縮率(試料中の含有量に対する炭化物中の含有量を百分比で表わした値)をしめすと、Fig. 1のごとくである。

なお炭化物のX線分析結果については、焼入状態ではWを主体とする未溶解炭化物 M_6C が大部分で、これにVを主体とする特殊炭化物 MC が少量存在することを認めた。また焼戻によつて、650°C 焼戻までは炭化物の種類および組成もほとんど変化ないが、750°C 焼戻において、Crを主体とする $M_{23}C_6$ の析出をみると、焼鈍状態では、 M_6C 、MC および $M_{23}C_6$ の3種の炭化物が共存しており M_6C が主体で約 83% をしめしている。

さらにこれらの電解分離した炭化物を電子顕微鏡で観察した結果、焼入状態では角ばつた比較的大きな炭化物が多く存在しているが、焼戻によつて低温においても微細な炭化物が析出し、焼戻温度の上昇とともに析出が増加する。この析出炭化物は一部凝集して、575°C 付近では粗大な炭化物を形成している。さらに焼戻温度の上昇

Table 1. Chemical composition of the specimen.

Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Co
C	0.79	0.20	0.48	0.012	0.003	0.01	3.79	16.10	0.19	1.71	9.70