

- 10) J. B. AURTIN & R. L. RICKETT: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 135 (1939), p. 396  
 11) 山本: 鉄と鋼, 38 (1952), p. 459  
 12) S. BHATTACHARYYA, G. L. KEHL: Trans. Amer. Soc. Metals, 47 (1955), p. 351

(162) 9% ニッケル鋼の焼入れ焼もどし

大阪大学工学部

工博 美馬源次郎・○高橋純造

日立造船, 技術研究所

工博 山根寿巳

Tempering a 9% Nickel Steel.

Dr. Genjiro MIMA, Junzo TAKAHASHI and Dr. Toshimi YAMANE.

1. 緒言

低温用鋼 9%ニッケル鋼を焼入れしたのち、焼もどすさいに現われる諸現象に対する統一的理解を明らかにするため焼もどしによる機械的性質と内部摩擦の変化および遷移温度をシャルピー衝撃試験から求め、また焼入れした試料を加熱しながら比熱を測定した。

2. 試料および実験方法

実験に使った 9%ニッケル鋼は八幡製鉄(株)製の 25 mm 厚さの鋼板でその化学組成は Table 1 のとおりである。

受け入れ状態における鋼板の引張性質は、引張強さ  $107.3 \text{ kg/mm}^2$ , 降伏強さ  $99.4 \text{ kg/mm}^2$ , 伸び 42% であつた。この鋼板から圧延方向に対して垂直に試験片の長さ方向をそろえて試験片を切り出した。シャルピー試験片の切欠きは板厚面に入れた。熱処理はまず  $875^\circ\text{C}$  に試験片を 30min 保持後水焼入れをした後で、各焼もどし温度に 30min 間保持して空冷した。内部摩擦は同一試験片で測定したほうが誤差が少ないので  $870^\circ\text{C}$  から焼入れ後、低温の焼もどし温度から 30min 間、順次高温の焼もどし温度に焼もどしを繰り返し測定は室温で行なつた。

実験に使った引張試験片は JIS 4 号試験片で平行部は  $14 \text{ mm } \phi$ , 標点距離は  $50 \text{ mm}$  であつた。シャルピー衝撃試験片は JIS 5 号  $2 \text{ mm V}$  切欠き試験片を使った。比熱は長崎・高木の方法<sup>1)</sup>で理學電機(株)製の測定装置で測定した。

内部摩擦測定用試験片は  $5 \text{ mm}$  厚  $\times 10 \text{ mm}$  巾  $\times 200 \text{ mm}$  長さで測定方法<sup>2)</sup>は電磁的方法で試験片に横共鳴振動を与え駆動電流を切り試験片の自由減衰を行なわしめ、試験片のひずみ振巾がはじめの  $1/n$  になるまでの時間(本実験では  $1/4$  になるまでの時間)  $t_n$  (sec) を

Table 1. Chemical composition of the specimen. (wt.%)

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.07	0.20	0.60	0.013	0.007	8.95

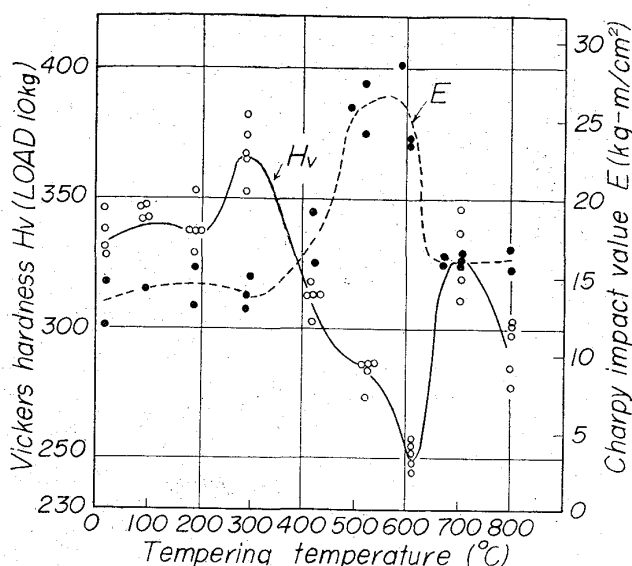


Fig. 1. Mechanical properties of the specimen tempered after quenching from  $875^\circ\text{C}$ .

測定して共鳴振動の周波数  $f_0$  (c/s) から次式により内部摩擦を求めた。

$$Q^{-1} = \ln n / (\pi f_0 t_n)$$

ここで  $Q^{-1}$  は内部摩擦である。

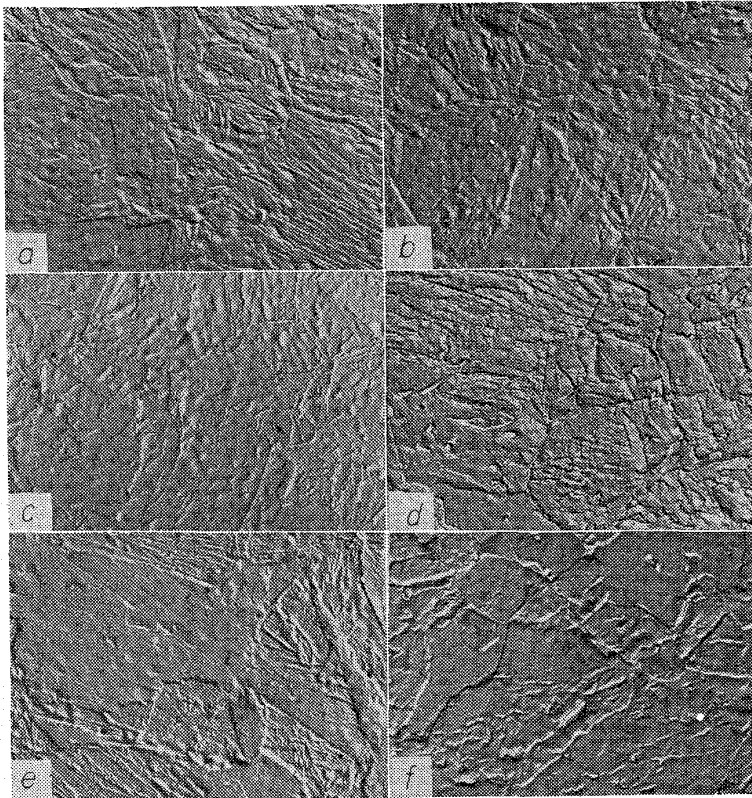
3. 実験結果および考察

$875^\circ\text{C}$  より水焼入れ後焼もどした試料の引張り性質と焼もどし温度の関係のうち伸びは  $300^\circ\text{C}$  あたりの焼もどしにより最小値を示す。これは焼入れにより生じていた残留オーステナイトがマルテンサイトに分解するためであると考えられる。 $600^\circ\text{C}$  焼もどしで最大の伸びが見られ、それ以上の焼もどし温度で焼もどすと焼入れの状態に近い値にまで低下する。

硬さとシャルピー衝撃値の焼もどしによる変化は、Fig.1 に示すとおりである。図で  $300^\circ\text{C}$  あたりの焼もどしにより硬さは最大値を、シャルピー衝撃値は極小値を示している。これは残留オーステナイトの一部がマルテンサイトに変態するためであると考えられる。Photo. 1 は  $875^\circ\text{C}$  から焼入れした試料を焼もどした電子顕微鏡で観察したレプリカの組織である。シャルピー衝撃値が最も低い値を示した  $300^\circ\text{C}$  で焼もどした組織をみると、針状のマルテンサイトのような模様と粒界に白色をしたオーステナイトと思われる組織が少量認められる。Fig.1 においてシャルピー衝撃値が最大を示し、硬さが最小値を示した  $600^\circ\text{C}$  での焼もどしの組織は Photo. 1 に見られるように白色粒界に存在するオーステナイトと思われる組織が多くなって、マルテンサイトらしい組織は消失している。

つぎに内部摩擦のひずみ振巾依存性を調べてみると焼入れのままではひずみ振巾依存性はほとんどないが焼もどし温度が高くなると次第に大きなひずみ振巾依存性を有するようになっていく。

低ひずみ振巾における内部摩擦と焼もどし温度の関係を求めてみると、Fig. 2 に示すような結果がえられた。焼入れの状態から焼もどし温度を高くして焼もどすと、 $400^\circ\text{C}$  あたりまではひずみ振巾に非依存性の内部摩擦は



a) As quenched b) tempered at 300°C c) tempered at 400°C  
d) at 600°C e) at 700°C f) at 800°C

Photo. 1. Electron microscope structures of carbon replicas of specimens tempered for 30 min at various temperatures after quenching from 875°C.

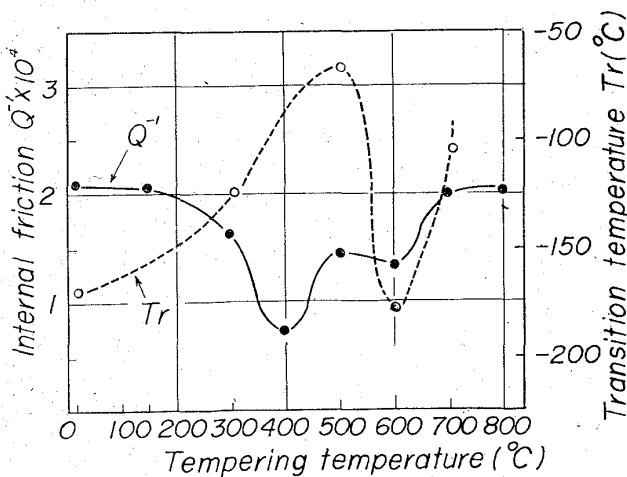


Fig. 2. Changes in transition temperature and strain amplitude independent internal friction (at strain amplitude of  $5.0 \times 10^{-7}$ ) by tempering after quenching from 875°C.

減少を示している。これはマルテンサイトの分解、オーステナイトのマルテンサイトへの変態、あるいは格子欠陥の消滅などがからみあつて内部摩擦的な軟化を起こしたためであろうと思われる。400°Cの焼もどしで最小値を示しているのは磁気変態点の影響であると思われ

る。500°C~600°Cあたりの焼もどしではほぼ一定値を示しているのは、焼入れ組織の分解は完了して炭化物の分布が変つてゐることを暗示しているように考えられる。

シャルピー衝撃値から求めた低温における延性-脆化の遷移温度を室温における衝撃値の1/2の値を示す温度と試験後の試験片の剪断破面率が50%を示す温度をとり焼もどし温度との関係を求めた。その結果シャルピー衝撃値から求めた遷移温度  $Tr$  は、Fig. 2に示すように500°Cの焼もどしで最高温度を示し、焼入れのまま600°Cで焼もどした場合はほぼ近い温度で最低遷移温度を示している。焼入れの状態で遷移温度が低いのは、焼入れ組織の寄与ということになるのであろうが、この効果は、面心立方格子の残留オーステナイトの存在、およびマルテンサイト自体の遷移温度が低いことなどに関係していると考えられる。600°Cで焼もどすことによる遷移温度の低下は、平衡状態に到達してオーステナイトが多くなることに主として起因し、焼もどしにより組織が微細化されているためであろう。

#### 4. 結 言

以上の実験結果を要約すれば次のとおりである。

- (1) 機械的性質は伸びと衝撃値は300°Cの焼もどしで低下を、600°Cの焼もどしで最大値を示す。硬さはこれと反対の傾向を示した。
- (2) ひずみ振巾に非依存性の内部摩擦は400°Cあたりまでの焼もどしにより減少の一路をたどり、400°Cで最小値を示す。これは磁気変態点の影響と考えられる。700°C以上に焼もどすと増大しているのは、700°Cより空冷することによる焼入れ効果が現われたものと考えられる。
- (3) シャルピー衝撃試験から求めた低温における遷移温度は、500°Cで焼もどした場合が最も高く600°Cに焼もどすと最も低い温度を示した。

#### 文 献

- 1) 長崎, 高木: 応用物理, 17 (1948), p. 104
- 2) T. YAMANE, J. UEDA: Trans. JIM., 3 (1962), p. 139