

Fig. 3. Hardness change of series-III steels as normalized and as quenched-and-tempered.

イト+パーライト組織であるが、Mn量が1%以上になるとすでにパーライトはソルバイトないしマルテンサイトに変態し、いわゆる軟鋼の異常組織を呈示し、かつMn量の増加にともないその組織は微細化する傾向を示した。

また本系の焼入性はMn添加量の増加にしたがい向上し、とくにこの傾向はMn量が1.3%以上になると顕著に認められるが、1.3~1.7% Mnにおける焼入性の差異は僅少となった。

(3) 低炭素 Mn-Mo 系B処理鋼におよぼす Si の影響

本系は低炭素 Mn-Mo 系B処理鋼に Si を添加しないもの、Si を 0.5% 添加したものおよび Cr を 0.3% 添加したものを対象とした。

この場合の焼ならしおよび焼入れ焼戻し状態における硬さの変化を Fig. 3 に示した。

本系の S-1, S-2 および I 系の M-4 にて低炭素 Mn-Mo 系B処理鋼に、また S-3 と II 系の N-3 にて低炭素 Mn-Cr-Mo 系B処理鋼における Si の影響を比較すれば、いずれの場合も Si 量の増加にしたがい強度が増加し、延性、靱性の低下をみたが、Mn-Mo 系に 0~0.5% までの範囲で Si を添加した場合、強度の増加の割合は Si 添加量とともに若干減少する傾向を示し、また Mn-Cr-Mo 系に 0~0.3% の Si を添加した時、焼入れ焼戻し状態における強度の変化は焼ならし状態におけるよりも若干少なくなることが認められた。

一方、本系の焼入性におよぼす Si の影響は、Si 添加量の増加につれて増大するが、その増加量はきわめて僅少で焼入性に対しては Si の効果をあまり期待できないようである。

IV. 総括

鋼の溶接性ならびに切欠靱性の向上を目的とした調質用低炭素 Mn-Si 系および Mn-Si-Cr 系B処理鋼に対する Mo, Si および Mn の影響につき若干の調査を試みたが、その結果を要約すればつぎの通りである。

(1) 低炭素 Mn-Si 系B処理鋼における Mo の効果は、硬さ、引張強さに対しては添加量が 0.4~0.6% の範囲での差異は僅少であるが、焼入性に対しては 0.6% Mo 添加の場合きわめて向上する。

(2) 低炭素 Si-Cr-Mo 系B処理鋼における Mn の効果は、添加量が 1.3% 以上になると焼ならしおよび焼

入れ焼戻し状態とも強度の優れた鋼が得られ、かつ焼入性もきわめて向上する。

(3) 低炭素 Mn-Mo 系B処理鋼における Si の効果は、強度はわずかに増加させるが、焼入性に対してはあまり期待できない。

669.15'24'26'292-194.2:66%  
74.018.295:621.785.796:520.178.)  
746.22

(137) 低Ni-Cr-V系高張力鋼の焼き入れ焼戻しについて

大阪大学工学部

62317  
工博 山根 寿巳

On the Quenching and Tempering of Low Ni-Cr-V High-Tensile Steel.

Dr. Toshimi YAMANE.

I. 緒言

1458~1460

鉄鋼材料として、より高い強度と靱性を有ししかも加工性と溶接性の良好な鋼は、高張力鋼とよばれ強さ/比重の値が大きい鋼種が使われている。このような高張力鋼はその添加元素の影響で強度、靱性が向上する一方溶接をすると母材あるいは溶着金属にいろいろの欠陥が生ずる。その欠陥生成の因子としての溶接熱影響部の硬化は割れ発生の大きな因子である。合金元素の硬化におよぼす影響は等価炭素量  $C_{eq}$  で表わされ、Tremlett の  $C_{eq} = C + Mn/6 + Ni/15 + Cr/15 + Mo/4 + V/5$ , あるいは Dearden, O'Neil の  $C_{eq} = C + Mn/6 + Ni/15 + Cr/5 + Mo/4 + Cu/13$  の値を鋼種により一定以上の値にしないようにしている。このようにして定めた合金組成の高張力鋼の溶接後の急冷による硬化能は溶接部の継手硬度分布を測定して定めている。高張力鋼は上述のごとくして定められた組成の鋼であるからその焼き入れ硬化能は低いことが容易に想像されるが、過去の熱処理の研究は、ほとんど機械的性質のみ調べられ、組織敏感な熱処理に伴う内部摩擦の測定は、2, 3の例を除いてはほとんど行なはれていない現状である。本研究はかかる観点から、高張力鋼の焼き入れ、焼き戻しによる組織、機械的性質の変化を調べるとともに、内耗を測定し、あはせて高温顕微鏡を用いて組織の変化を調べた。

II. 実験方法

実験に用いた試料の化学組成は Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of sample in wt.%.  
C Si Mn P S Ni Cr V

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V
0.17	0.17	0.83	0.026	0.014	0.20	0.15	0.17

水焼き入れ、焼き戻し処理をした試料の引張り試験には Fig. 1 に示す引張り試験片を使用した。シャルピー衝撃試験には JIS 3号 Uノッチシャルピー衝撃試験片を使用した。内耗の測定試験片は 5×10mm 断面×200mm 長さ加工をし

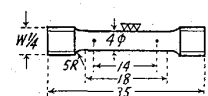


Fig. 1. Tensile specimen.

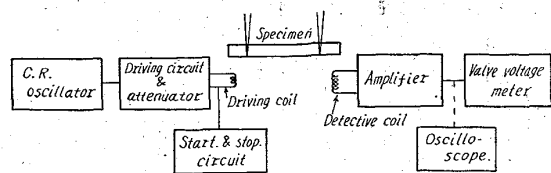


Fig. 2. Block-diagram of the apparatus for measuring internal friction.

水焼き入れをし、焼き戻しは低温で焼き戻しをして空冷後内耗を測定し、次に漸次高温に各温度で 30mn 間づつ保持して空冷後内耗を測定した。内耗の測定装置は Fig. 2 にダイアグラムを示した電磁的方法で共鳴横振動を試料に与え、励起振動電流を切つてから振巾が  $1/n$  になるまでの時間  $t_n$  を測定し (本実験では  $n$  は 4 を使用した)

$$Q^{-1} = \frac{\ln n}{\pi f_0 t_n}$$

により内耗を計算した。

ただし  $f_0$ : 共鳴振動周波数

### III. 実験結果

1. 焼き入れ、焼き戻し熱処理による機械的性質の変化について

引張り強さは焼き入れ状態で  $145 \text{ kg/mm}^2$  であるが焼き戻し温度が高くなるにつれて低くなり  $700^\circ\text{C}$  以上の焼き戻し温度では  $72 \text{ kg/mm}^2$  とほぼ一定の値を示す。これに対して伸びは  $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$  の焼き戻しにより焼き入れ状態よりやや低くなり、それ以上の温度では高い値を示し、 $600^\circ\text{C}$  以上の焼き戻し温度ではほぼ一定値を示している。シャルピー衝撃値は特長のある変化を示し、 $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$  の焼き戻しにより水焼き入れのままより低い値になり  $800^\circ\text{C}$  までは焼き戻し温度が高くなるとシャルピー衝撃値は  $800^\circ\text{C}$  に 30mn 間焼き戻し後空冷した場合よりもいちじるしく低くなっている。これは後述する内耗の測定結果と較らべて非常に面白い事実である。さらに焼き入れ、焼き戻し処理による低温脆

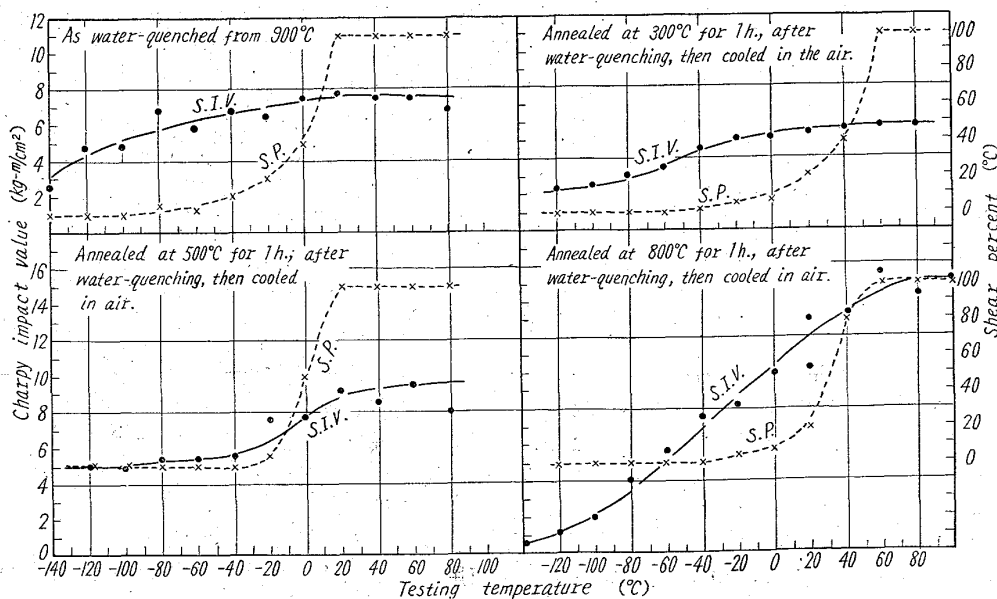


Fig. 3. Results of U-notch Charpy impact tests.

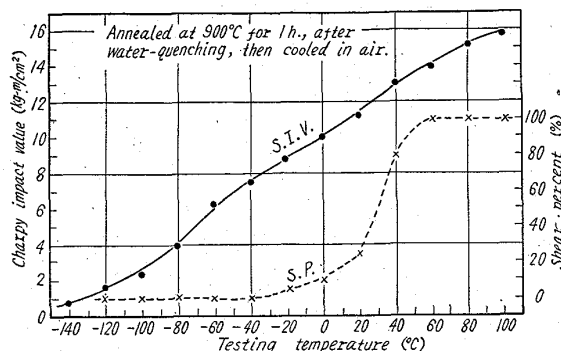


Fig. 4. Result of U-notch Charpy impact test.

性的変化を調べるために、低温における ( $-140^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ ) シャルピー衝撃試験の結果室温でシャルピー衝撃値の良い水焼き入れ後  $700^\circ\text{C}$  で焼き戻しをした試料が遷移温度も低いことが Fig. 3, 4 に示す結果からわかる。

2. 焼き入れ焼き戻し処理による内耗の変化について  
焼き入れのままの試料の内耗の振巾依存性はないが、 $150^\circ\text{C}$  で焼き戻しをすると振巾依存性があらはれ、焼き戻し温度が高くなるとともに振巾依存性はますます大きくなる。低振巾の非振巾依存性の内耗と焼き戻し温度の関係は、Fig. 5 に示すように焼き入れのままより  $450^\circ\text{C}$  までは、焼き戻し温度が高くなるにつれて内耗も小さい値を示しているが  $450^\circ\text{C} \sim 810^\circ\text{C}$  の焼き戻しにより内耗が次第に大きくなり  $900^\circ\text{C}$  焼き戻し後空冷によりその値は  $810^\circ\text{C}$  焼き戻し後空冷で  $8.5 \times 10^{-5}$  であつたものが  $2.6 \times 10^{-4}$  と急激な増大を示している。このような変化はマルテンサイトが分解して生成する炭化物を含めた不純物の存在状態と、オーステナイトが分解して炭化物とフェライトに分解した状態とがいちじるしく異なるためと考えられる。

3. 焼き入れ焼き戻しによる組織の変化

焼き入れのままではマルテンサイト組織が見られ、 $400^\circ\text{C}$  で焼き戻し後空冷により細かいベーナイト状の組織が認められる。 $500^\circ\text{C}$  焼き戻し空冷で結晶粒界が明瞭に見られ、 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$  焼き戻し後空冷により結晶粒が大きくなり、 $700^\circ\text{C}$  焼き戻しにより炭化物がフェライト地中に粒状化して均一に分布しているのが認められ、シャルピー衝撃値の高い事実とよく符号している。高温顕微鏡による観察結果では室温に空冷した試料の組織の変化とよく対応しており  $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$  加熱で細粒状の組織が見られ  $500^\circ\text{C}$  あたりの加熱により、細粒状組織が針状組織になつているのが見られ、マルテンサイトの分解により生成した炭化物とフェライト

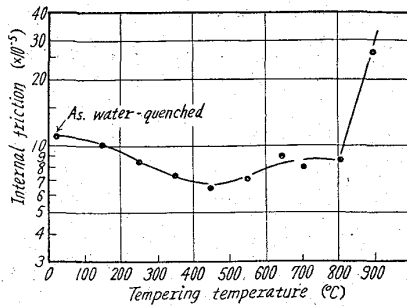


Fig. 5. Relation between strain amplitude independent of internal friction and tempering temperature.

The specimen is quenched in water from 900°C, then tempered at each temperature for 30 minutes and cooled in air.

組織の移動の様子を見ることができる。850°C ~ 900°C ではオーステナイト結晶粒が見られる。

#### IV. 結 言

以上の諸実験結果をとりまとめると次のようになる。

(1) 焼き入れ状態の組織はマルテンサイトで内耗の振巾依存性がない。

(2) 300°C ~ 400°C の焼き戻しでシャルピー衝撃値の最高値があり 700°C 焼き戻しで最高値を示す。この水焼き入れ後 700°C に焼き戻した試料は低温における遷移曲線も良好な値を示している。また顕微鏡組織は 700°C 焼き戻しにより炭化物がフェライト地内に均一に分布しているのが認められる。

(3) マルテンサイトが分解して炭化物とフェライトになった状態と、オーステナイトから炭化物とフェライトに分解した状態は内耗の値がいちじるしく異なることからも明らかなように、炭化物をも含めた不純物の存在状態、あるいはフェライト内の格子欠陥の状態は違っていることが推察される。

669.14.0182621.785.4:620.1  
172.242:620.178.7

### (138) 低炭素鋼の熱処理組織と機械的性質におよぼす各種添加元素の影響

金属材料技術研究所 1460 ~ 1462  
○吉松 史朗・工博 中川 竜一

## Effect of Alloying Elements on Heat-Treated Structure and Mechanical Properties of Low-Carbon Steels.

Shirō YOSHIMATSU and Dr. Ryuichi NAKAGAWA.

#### I. 結 言

近年船舶、車輛、橋梁、建設などの各部門において、重量の軽減、鋼材の節約をはかるために従来の普通構造用炭素鋼ではその強度不足を生じさらに強度の高い鋼材が要求せられている。また溶接技術の発達にともなつてこれら鋼材は溶接性の良好なことが不可欠の条件として

とりあげられている。

以上のような要求にこたえるための低炭素低合金鋼の研究が盛んにおこなわれているが、本研究においては溶接性の観点から C を低めた低炭素鋼に、Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V をそれぞれ単独に添加し、これらの元素が熱処理組織とその機械的性質におよぼす基礎的な影響について調べた。

#### II. 試 料

試料は 10 kg 高周波溶解炉を用い 6 kg 溶製した。鋼塊は 80mm φ × 120mm の大きさで、これを 1150°C に加熱し顕微鏡試料用、引張り試験片用に 12mm φ の丸棒、また衝撃試験片用に 10mm 角までそれぞれ鍛造した。Table 1 は供試材の化学成分を示したもので、C, Mn を一定にそれぞれ 0.07%, 1.5% 目標に添加しさらに Ni, Cu, Cr, Mo 系ではそれぞれ 0.3, 0.5, 1.0% をまた Si, Mn 系では 0.5, 1.0, 1.5% を、V 系では 0.1, 0.3, 0.5% をそれぞれ目標に添加したものである。

熱処理は 950°C で 15mn 間保持後それぞれ空冷、塩水焼入および恒温変態として、600°C, 500°C 鉛浴焼入後所定時間保持しただちに塩水焼入したもの、以上の四種行なつた。塩浴の保持時間については、顕微鏡組織と硬さの変化から変態終了に要する時間を求め、引張りおよび衝撃試験片については変態終了時のみの熱処理を行なつた。なお引張り試験片は平行部 4mm φ 標点距離 15 mm のもの、衝撃試験片は 7mm 角 2mm U ノッチのものを用いそれぞれ 0.5mm の削り代を付けて熱処理に供した。

#### III. 実験結果および考察

##### 1) 顕微鏡組織

焼準、焼入組織については省略する。恒温変態組織については、MEHL<sup>1)</sup>が 0.3% C 鋼で指摘したごとく本鋼種においても 3 つの型の変態が観察される。Si 1.5% 600°C 処理のものは、オーステナイト粒界に初析フェライトが析出してそのまま塊状に発達するもので、これは全く拡散変態によつてなされたものである。また Cu 0.3% 500°C 処理のものは、初析フェライト析出後オーステナイト粒内に向つてほぼ平行にフェライトの発達を見る。これは同一オーステナイト粒内で必ずしも同一方向ではないが、ほとんどが方向性を持つたフェライトで前のオーステナイトとの間に方位関係が存在するものと推測される。したがつて EICHEN<sup>2)</sup>らが純鉄について述べている shear mechanism をともなつた変態によるもので、拡散変態にくらべてむしろ C 過飽和のフェライトであると考えられる。また Mo 1.0% 500°C 処理のものでは粒界のフェライトの生成と粒内にフェライトの核生成一成長がほとんど同程度行なわれたもので、Cr, Mo 系の含有量の多い試料にみられる。MEHL は粒内のフェライトは明らかに核生成一成長によるものであるといっているが、一般に粒内の核生成は非常にその確率は少なく、また存在しても長時間の恒温的な加熱が必要とされている。ここでは比較的急速に起つており、その因になるものはつきりしない。以上の形態は一般に各元素ともに低温側でかつ添加元素量の少な