

(73) 強靱鋼の靱性に及ぼす
熱処理の影響

Influence of Heat Treatments on the
Toughness of Constructional Alloy Steels

Tadashi Nemoto, Lecturer, et alii.

株式会社日立製作所 日立研究所

工博 小野健二・○根本 正・工 厚母栄夫

I. 緒 言

構造用強靱鋼は使用目的に応じ種々の熱処理が施行されるが、被処理材が大型になると内外部の焼入冷却速度が著しく相違するので内外部の組織および機械的性質に差を生ずる。そこで著者等は Ni 量を異にする 2 種の強靱鋼について処理方法と組織および靱性との関係を究明したので以下これについて記述する。

II. 試 料

試料としては高周波電気炉により熔製された鋼塊の一部から採取されたものを用い、鍛造後各種の試験片が作られた。Table 1 は各試料の化学成分を示す。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimens	C	Si	Mn	Ni	Mo	V
A	0.26	0.40	0.78	2.04	0.44	0.18
B	0.28	0.51	0.47	3.49	0.53	0.18

III. 実験方法およびその結果

(1) 変態点: 本多式熱膨脹計を用い各試料の変態点が測定された。この場合の加熱および冷却速度は 0.8 °C/mn に一定された。Table 2 は各試料の変態点を示す。

Table 2. Transformation point of specimens.

Specimens	Heating (°C) 80°C /mn		Cooling (°C) 0.8°C /mn	
	start	finish	start	finish
A	715	810	680	640
B	695	760	530	450

(2) 冷却速度と変態点, 組織および硬さ: 佐藤式自記焼入試験機を用い各焼入温度から種々冷却速度を変化させて変態点を測定し, また硬さと組織との関連性を調べた。その結果 Fig. 1 に示すように焼入冷却速度が増すと漸次変態点は降下し, それとともに組織は F + P → F (AF) + B → B → B + M → M の順序で変化する。即ち

A 試料では 200°C/h, B 試料では 100°C/h の各冷却速度で既に針状地鉄とベーナイトになり, これより僅かに冷却速度が増すと針状地鉄は消失して均一なベーナイトを示すようになる。さらに冷却速度が増すとマルテンサイト組織になる。また硬さも冷却速度が増すにしたがい次第に増す。

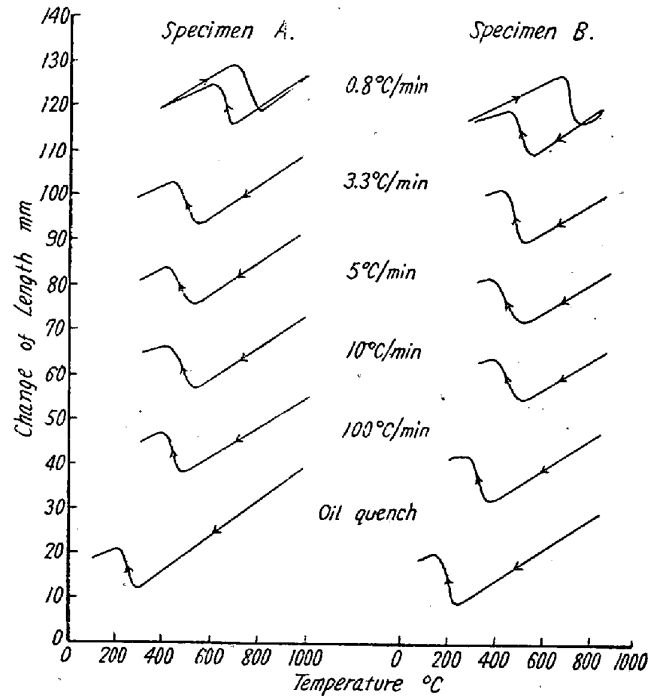


Fig. 1. Dilatometric curve of specimens.

(3) 焼入冷却速度と残留オーステナイト (rR): 冷却速度を種々に変化させて焼入された試片について示差磁気分析装置を用いて残留オーステナイト量 (rR) を測定した。Fig. 2 は焼入冷却速度と残留オーステナイト量との関係である。これからわかるように rR 量は均一なベーナイト組織を示す冷却速度で最大に達して後減少する。

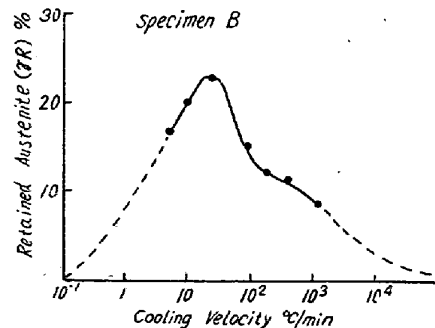


Fig. 2. Relation between cooling rate and rR.

(4) 恒温変態曲線: 佐藤式自記焼入試験機および恒温磁気分析装置を用いて各変態温度における変態速度を

測定し、一方小試片を用いて各温度における恒温保持時間と硬さおよび組織との関係を求めた。Fig. 3 は各試料の変態開始時間と変態温度との関係を示す。これから試料Aにおいてフェライト開始曲線は 600°C 附近にノーズが現われ、ノーズ以下の温度ではフェライトが針状化して析出する。両鋼種とも Ar₁ 変態と Ar' 変態との中間温度範囲で著しく変態速度が減少するが Ar' 変態温度範囲になると急速に変態速度が増大する。両ノーズの位置を比較すると Ar₁ 変態のそれが Ar' 変態より長時間側にある。これは両鋼種とも Mo を含有するためと考えられる。またペーナイト生成変態温度範囲では変態に先行してまたは、これと同時に炭化物が結晶粒界に析出する。この析出量は Ni 含有量が多いほど多量である。各変態温度における変態速度は試料AよりBの方がおそい。

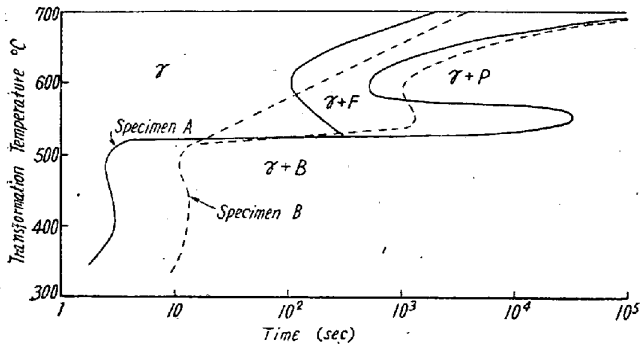


Fig. 3. Isothermal transformation curve (beginning) of specimens.

(5) 焼入方法と衝撃値との関係: 試料Bについて最高加熱温度 900°C から種々の条件下で焼入れ後 650°C で各種時間焼戻されたものについて 30 kg·m シヤルビー試験機により衝撃試験が行われた。Fig. 4 はその測定結果を示す。

これからわかるように衝撃値が焼戻保持時間 5~10 h より減少し 30~40 h から回復するものと焼戻時間とともに減少するものがある。すなわち前者に属するものは焼入焼戻および恒温焼鈍法によるもので、後者には恒温処理されたものが属する。因みに焼入時に結晶粒界に析出する炭化物量をみると恒温処理されたものが最大であり、これは爾後の、この程度の焼戻温度と保持時間では著しい変化をきたさないことが組織的にみとめられることから、上述の焼戻時間による衝撃値の回復または低下の原因は、炭化物の析出状態によるものと考えられる。

IV. 考 察

冷却速度と変態点との関係 (Fig. 1) がらわかるよう

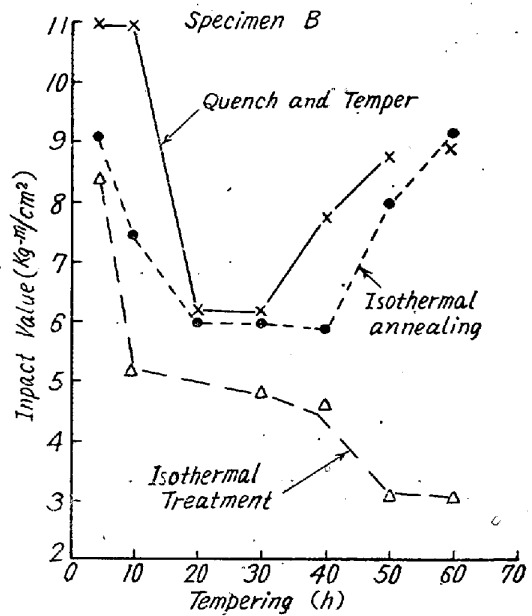


Fig. 4. Relation between impact value and tempering time.

に変態点は試料BはAより加熱に際し約 20°C 低く冷却に際しては過冷され易い。また両鋼種とも 400~500°C の範囲で変態が起りやすい。これは Ar₁ 変態が阻止されて、Ar' 変態が生じ易いことを示唆するものである。

次に残留オーステナイトと冷却速度との関係 (Fig. 2) から r_R はペーナイト組織を生ずる冷却速度範囲で最大量に達して後減少する。これは r_R がペーナイト生成機構と関連して生ずるものであろう。

また恒温変態曲線 (Fig. 3) から両鋼種のように低炭素合金鋼においては最高加熱温度が高い試料Aの場合にはフェライト開始曲線にもノーズが存在し、ノーズ以下の温度において析出するフェライトはCを固溶するフェライトで所謂 α' である。またノーズ以下の温度で或る時間保持するとフェライトまたはペーナイトの析出とともに炭化物が結晶粒界に析出することがみとめられ、その量は試料AよりBの方が多く変態温度 400°C までは温度降下とともに増加する。

処理方法と衝撃値との関係 (Fig. 4) をみると本実験範囲における靱性の回復は焼入焼戻および恒温焼鈍法による場合にみられるが、恒温処理法による場合には、その傾向がみとめられない。これは焼戻しによつて炭化物の移動が極めて困難であることからみて焼入れに際しての炭化物の析出状態が靱性を支配するものと推察される。すなわち Ar' 変態温度で恒温的に生成する炭化物は Fe₃C 系のものであり、これが焼戻しにより複炭化物に変化するよりも、これに Mo 或いは V が固溶する傾向が強いものと考えられる。したがって焼入れで、一旦

結晶粒界に多量の炭化物が存在している場合には焼戻処理により靱性の回復は困難である。

V. 結 言

以上構造用鋼強靱鋼の焼入性を究明し、また処理方法と衝撃値との関係について述べたが、これらの結果を要約すると下記のようなものである。

- (1) 低炭素合金鋼においては Ar_3 変態が Ar_1 変態より冷却速度の大なる範囲まで現われるので残留オーステナイト量はペーナイト組織を示す冷却速度で最大を示す。
- (2) またペーナイト生成温度範囲において変態開始と同時あるいは以後に炭化物が網状に析出する。
- (3) 焼入焼戻法および恒温焼鈍法による場合が恒温処理法による場合より衝撃値は大きい。

(74) 高炭素 Cr-Mo-V 鋼のジョミニー焼入性試験結果に及ぼす各種元素の影響について

The Effect of Various Alloying Elements on the Jominy Hardenability Test of High Carbon Cr-Mo-V Steel

Saburo Kawaguchi.

K. K. 日本製鋼所室蘭製作所研究課

川 口 三 郎

I. 緒 言

当所において Cr-Mo-V 鋼が種々の製品に用いられ、その Soundness, 成績等の優れていることを経験して来た。更にこの鋼種の焼入性を改善するため、これに関する研究が進められている。この報告は高炭素 Cr-Mo-V 鋼のジョミニー焼入性試験結果に及ぼす各種元素の影響を確めた実験結果を纏めたものである。

この高炭素 Cr-Mo-V 鋼の組成は、0.48% C, 0.70% Mn, 1.3% Cr, 0.4% Mo, 0.10% V である。これについて、炭素、クロム、モリブデン、ヴァナジウム、マンガ、ニッケル、及び銅の含有量を少量ずつ変化せしめ、それぞれの焼入性の変化を確めた。

II. 試験片及び試験方法

試験片の溶解は実験室用小型高周波電気炉で行った。成分は上述の如く変えたのであるが、その変化せしめた範囲は下表の通りである。

Table 1. Standard composition and range of variation of each element.

	C	Mn	Ni	Cr
Standard composition	0.48	0.70	—	1.30
Range of variation	0.32~ 0.56	0.42~ 2.03	0.08~ 1.04	0.07~ 2.05
	Mo	V	Cu	
Standard composition	0.38	0.10	—	
Range of variation	tr.~ 0.51	none~ 0.16	0.02~ 0.50	

試験片の形状及び一端焼入の要領は S. A. E. Standard によつた。但し試験片の加熱温度は故意に低くし 810°C とした。

III. 実 験 結 果

個々のジョミニー曲線の形状については省略し、ここでは各種元素の影響を総括的に記すことにする。

(1) 炭素の影響

従来よりよく知られている如く焼入性を増しているのが極めてよく認められた。

(2) クロムの影響

Cr が約 1% になるまでは焼入性は可成り向上するが、これ以上は Cr 添加量が増大しても、その割合に焼入性の向上は著しくない。

(3) モリブデンの影響

Cr-Mo-V 鋼における Mo の効果は著しく、Mo を 18% 添加したのみで急激に焼入性が向上している。

(4) ヴァナジウムの影響

V の影響については、この実験では明瞭にすることができなかつた。微量ヴァナジウムの焼入性に対する効果は微妙な点があると指摘されているが、これについては今後明らかにしたいと思う。

(5) マンガンの影響

Mn の効果は極めて顕著に認められた。特に 1% 以上になると著しく焼入性が向上している。

(6) ニッケルの影響

Ni はスクラップより混入して来るのであるが、この実験によればこの混入ニッケルの焼入性に及ぼす影響は無視出来ない程大きいことが判つた。その結果を示すと、Fig. 1 の如くなる。このようにスクラップの調整或いはニッケル微量添加によつてニッケル含有量をコントロールすることは大きな意味があると考えられる。