

疲労強度と拡張力または降伏点の関係は一般に比例するが本試験においてはかなりのバラツキを示しその関係は明らかでない。疲労限比は拡張力の増加にしたがつて下つており、本試験の場合疲労限比を低下させる因子として特に、介在物の影響があつたかどうかが問題であるが表層部とゴースト部の差は見られず、また、疲労強度と介在物清浄度との関係を調べたが、両者の間に関係は認められず、拡張力に対する疲労限比の低下が介在物によるものとは考えられない。

各鋼塊部位で疲労強度はいずれも底部側が低値となる傾向がある。この原因としては、主に、チェック分析からも明らかなように底部の含有成分の低いことが考えられるが、また、鋼塊底部に発生する傾向のある地疵の影響も検討されなければならない。

表層部とゴースト部との比較では疲労強度が両者とも殆んど同じでやや表層部のものがゴースト部より高目のようである。疲労強度に明瞭に差のある試片の組を比較しても介在物の影響があるとは他の試片および諸試験と比して断定することは困難である。

IV. 結 言

製品としての S35C, S50C 材より採取した試料および S35~30C 材のブルームにおけるゴースト部と表層部より採取した試片について非金属介在物と疲労強度との関係を求めた。その結果を要約するとつぎの通りである。

i) 製品の試験において、疲労強度はマクロ介在物または B 系介在物の不良のものが良材に比して低値なる傾向がうかがわれる程度で明確な介在物の影響は認められなかつた。

ii) 鋼塊各部位のゴースト部と表層部との比較では成分、介在物および結晶粒度に大差がなく、疲労強度はゴースト部が表層部よりやや低値を示す傾向があつたが介在物の影響としては明らかではない。

iii) 衝撃値に対する介在物の影響は見られなかつた。

iv) 当所製 SC 材に存在する程度の介在物がもたらす疲労強度および衝撃値への影響は少ないものと考えられる。

v) 疲労強度におよぼす介在物の影響を明確にすることはできなかつた。その原因として種々あるが試験方法および介在物の種類、大きさなどを充分考慮する必要がある。

669, 14, 018, 295: 669, 15, 24
26'28'29.2/781-194.2: 621.785.6/

(131) 低 Ni-Cr-Mo-V-B 系高張力鋼の熱処理について

大阪大学工学部

工博 美馬源次郎・工博○山根寿巳・坂巻清司
Heat Treatment of Low Ni-Cr-Mo-V-B
High-Tensile Steel. 533~534

Dr. Genjiro MIMA, Dr. Toshimi YAMANE
and Kiyoshi SAKAMAKI.

I. 緒 言

現在我国で工業化されている高張力鋼として引張り強

さの高い低 Ni-Cr-Mo-V 系の 80 kg/mm² 高張力鋼は、強靱鋼としての優れた特性、すなわち高い引張り強さ、降伏点が引張り強さに比して高い値を示し欠けき靱性に対して強性質を有するなどの特性があるため、その用途は強度に対して重量を節減する必要があるところ、あるいは低温用強靱鋼として広く用いられている。この 80 kg/mm² 高張力鋼は強靱性ととも溶接性が良いことに重点がおかれているため、溶接熱影響部の硬化による割れ発生を防ぐための合金元素の硬化におよぼす等価炭素量 (C_{eq}) をなるべく低くするようにし Dearben, O'Neill によつて得られた C_{eq} と最高硬度との関係、H_{max} = 1200 × C_{eq} - 200 でえられる H_{max} の値を抑えている。このような溶接性の上から決めた組成の 80 kg/mm² 高張力鋼の熱処理性については、数多くの研究があるが、その多くは機械的性質を取り扱つており、焼き戻しの際に見られる諸現象と組織敏感な内部摩擦との関係を調べた研究はない。筆者はかかる観点から、熱処理による機械的組織上の変化を調べるとともに、内部摩擦を測定し、80 kg/mm² 高張力鋼の熱処理による組織構造上の興味ある実験事実を得たのでここにその結果を報告する。

II. 実験方法

本実験に使用した鋼種は 80 kg/mm² 高張力鋼であり、アーク式塩基性電気炉で製鋼された鋼塊を 25 mm 厚の鋼板に圧延したものである。その化学組成は Table 1 に示すように、低炭素鋼に特殊元素として、Ni, Cr, Mo, V, および B が少量添加されたものである。

引張り試験には JIS 4 号マイクロ引張り試験片を使用し、シャルピー衝撃試験には JIS 4 号 V ノッチシャルピー衝撃試験片を使用した。内部摩擦の測定は電磁的に励起させ、試料に共鳴横振動を与え、励起電力を切つた後の試料の振巾が 1/n (本実験では 1/4) に減衰する時間を測定し、 $Q^{-1} = \ln n / \pi f_0 t_n$ (f_0 : 共鳴振動数、 t_n : 振巾が 1/n になるまでの時間) により内部摩擦 Q^{-1} を測定した。内部摩擦測定試験片は 5 × 10 mm の断面で長さ 200 mm の寸法のものを使用した。高温顕微鏡組織は、八洲光学 (株) 製の高温顕微鏡にて観察撮影した。

III. 実験結果

1. 焼き入れ焼き戻しによる機械的性質の変化について

硬度の測定結果は、900°C より水焼き入れのままの状態で約 370 で 200°C に 30mn 間加熱後空冷処理で約 400 になり 700°C 焼き戻し温度までは焼き戻し温度が高くなるにしたがつて軟化を示し、900°C に 30mn 間加熱空冷処理により 240 になつている。引張り試験結果は焼き入れ後焼き戻し処理により 750°C までは引張り強さは低下して 750°C の焼き戻しで 80 kg/mm² の強さを示し、750°C に 30mn 間加熱空冷の焼き戻し処理により、引張り強さは 100 kg/mm² に高くなつている。伸びは 200~300°C 焼き戻しにより焼き入れのまま

Table 1. Chemical composition (wt.%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	B
0.14	0.27	0.73	0.015	0.01	1.4	0.65	0.49	0.14	0.25	0.004

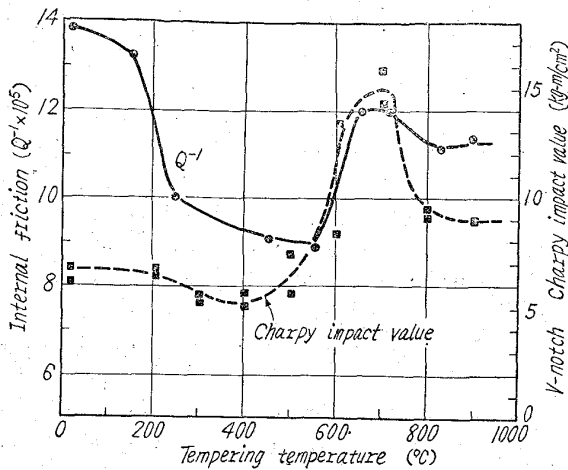


Fig. 1. Relation between tempering temperature versus strain-amplitude-independent internal friction and Charpy impact value.

よりも高い値を示し、焼き戻し温度 400~500°C で最低値を示し、600~700°C の焼き戻しで再び高くなっている。シャルピー衝撃値は Fig. 1 に示すように 300~400°C で焼き戻し処理を与えると水焼き入れ状態より低くなり、700°C の焼き戻しで 15 kg-m/cm² という最大値を示す。また低温における衝撃値を測定した結果では、700°C で 30mn 間加熱し空冷の焼き戻し処理をした試料が遷移温度が低く、切欠き靱性が良い事がわかる。

2. 内部摩擦測定結果

先づ振巾依存性を調べた結果、普通炭素鋼、Cr-Mo 鋼などで焼き入れ状態では振巾依存性がないのであるが、本研究に使用した 80 kg/mm² 高張力鋼は焼き入れ状態で振巾依存性があることがわかり、焼き戻し温度を高めるにしたがつて振巾依存性は大きくなっている。低振巾歪における振巾非依存性の内部摩擦は Fig. 1 に示すように焼き入れ状態から 250°C 焼き戻しで急激な減少が認められ、焼き戻し温度 600°C までは徐々に減少で、600°C で最小値を示し、600~700°C の焼き戻しにより極大値を、また 800°C の焼き戻しにより最小値を示している。これは非常に面白い事実でありつぎのような解釈がなされる。水焼き入れ後 250°C までの急激な内部摩擦の減少は、残留オーステナイトやマルテンサイトの分解に基き、550°C の焼き戻しで炭化物の析出によりマトリックスが内部摩擦的に軟い状態にあり、650~710°C の焼き戻しにより筆者が今まで行なつた他の低合金鋼に見られない現象が起きるものと想像され、内部摩擦的な硬化を示し、900°C のような高温における焼き戻し温度では A₃ 変態があるため、オーステナイトが炭化物とフェライトに分解するために、内部摩擦の測定値もこれに対応して変化している。

3. 顕微鏡組織について

焼き入れ状態のマルテンサイトは 400~500°C の焼き戻しでフェライトと炭化物とが、また 800°C 焼き戻しでフェライトと粒状炭化物の存在しているのが認められる。高温顕微鏡では 300~400°C の加熱でマルテンサイトの分解を認めることができる。

4. 恒温変態後の硬度と内部摩擦の変化

900°C に加熱後、400~650°C 加熱保持した鉛バスの

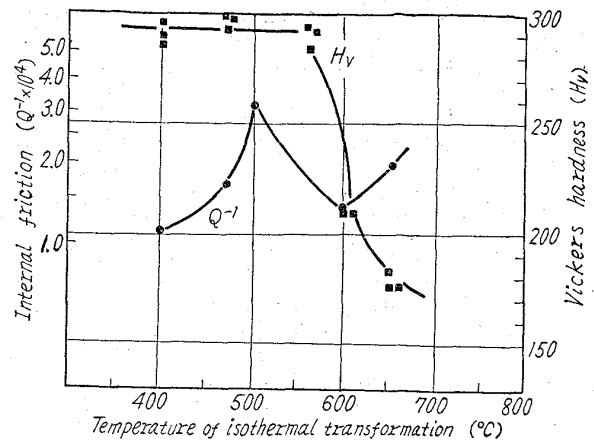


Fig. 2. Relation between temperature isothermally transformed and strain-amplitude-independent internal friction and Vickers hardness.

中に試料を焼き入れ変態が完了するまで恒温保持して、空冷をし硬度と内部摩擦を測定した。内部摩擦はいずれの温度における恒温変態後も、振巾歪依存性を有している。硬度および、低振巾歪における振巾歪に非依存性の内部摩擦の変化を Fig. 2 に示す。硬度は約 575°C 以上の温度における恒温変態により変態温度が高くなるにつれて低くなっている。これに対して内部摩擦は 500°C で極大値を、600°C で極小値を示している。このような変化は低 Cr-Mo 鋼や低 Ni-Cr-V 鋼で測定した場合には見られなかつた特異なものである。組成の上から考えてボロンの影響か、あるいは Ni-Cr-Mo-V が共存するためにおきたものであろうと考えられる。恒温変態後の組織はいずれもペーナイト状組織を示している。

IV. 結 言

以上述べた諸実験結果を総括するとつぎのようになる。

- (1) 水焼き入れ後の焼き戻しによる引張り強さは焼き戻し温度が高くなるにつれて次第に低くなり、700°C の焼き戻しで極小値を示す。一方シャルピー衝撃値は 700°C で焼き戻すことより最大値を示し、それ以上の焼き戻し温度では靱性は低下する。
- (2) 内部摩擦は水焼き入れの状態のマルテンサイトと他の低合金の鋼種と異り振巾依存を示す。
- (3) 振巾非依存性内部摩擦は 450~550°C の焼き戻しで最小値を示し、650~710°C の焼き戻しで極大値を示す。
- (4) 恒温変態後の試料の内部摩擦は振巾依存性を有している。
- (5) 恒温変態後の低巾歪における非振巾依存性の内部摩擦の変化は他の鋼種には見られない特異な変化を示す。すなわち 500°C における恒温変態により極大値を、600°C における変態により極小値を示す。この原因は供試材の化学組成から考えてボロンの影響あるいはその他の合金元素の共存により生じた作用によるものではないかと考えられる。