

Fig. 1. S-N diagram of the twisted deformed bar and the pressure-welded bar under bending reversal stress.

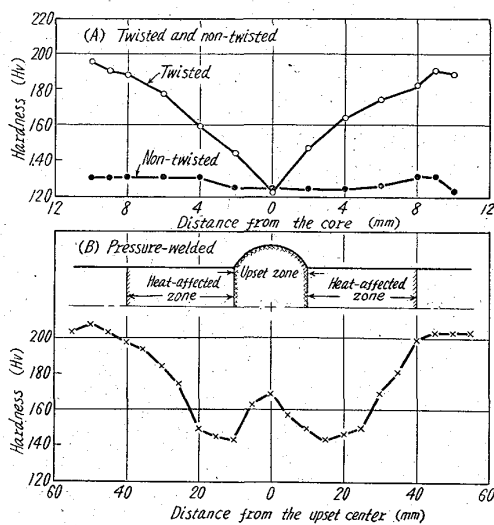


Fig. 2. Hardness in twisted and pressure-welded specimens. (Specimen: No. 22, 22-W).

SSD 49 のフシとリブが直交している型に比し母材・圧接材ともやや低い値を示し、フシとリブが斜交している型とはほぼ同等の値を示している。Fig. 1 に各試料の S-N 曲線を示す。

疲労破断の位置は母材では試片中央部のリブの端部に発生し、圧接材では圧接による熱影響部およびそれに近い母材部のリブの端部から発生する。Photo. 1(b・c) にその状況を示す。

3) かたさ試験

試料の冷間振り加工の影響を調べるために供試材の振り加工をうけない部分と振り加工をうけた部分の半径方向の断面かたさと圧接部の表面直下の長手方向のかたさ分布を測定した。Fig. 2(a・b)にこれらの結果を示す。

これによると振り加工は中心部までおよんでいないことがわかり、圧接の熱影響部分はアプセット部中心から約 40mm の範囲で冷間振り加工による硬化層が消失していることが知られる。また圧接試片の引張試験の際の破断位置はアプセット部両側のかたさの最低の位置で発生し、疲労試験の破断の位置は同じ熱影響部であつてもかたさにあまり関係していないことがわかる。

IV. 結 言

冷間振り加工による高張力異形丸鋼の試作品の引張試験および両振曲げ試験の結果つぎのことがわかつた。

1) 前回決めた現場圧接の場合を考えた異形丸鋼の両振引張圧縮疲れ限度(σ_{WZ}'')を求める一般式は振り丸鋼にも適用され、 $\sigma_{WZ}'' = 0.15\sigma_B$ と考えてよい。

2) 振り丸鋼はのかたさ分布でも知られるように、伸びが少なく、また圧接による加工硬化消失の影響が特に顕著であるので現場における圧接および曲げ加工は JIS 型異形丸鋼に比し特に注意しなければならない。

今回の供試品は試作品であるが、今後冷間振り加工による高張力鉄筋材の発展のためにはリブの形状、振り加工率、コンクリートとの附着力と疲労強さとの関係などについて大いに研究の余地が残されている。

文 献

- 1) 富田・渡辺: 鉄と鋼, 47 (1961) 10, 1542.

669.14-156.5-157:620.193.461.1
(123) 焼き入れ炭素鋼の水素脆化について 62303

大阪大学工学部 工博○山根寿巳

On the Hydrogen Embrittlement of Quenched Plain Carbon Steel.

Dr. Toshimi YAMANE.

I. 緒 言 1433~1436

鋼に対する水素脆化の研究は数多くあり、焼鈍状態における水素脆化の機構はすでに提唱されて、その妥当性も立証されている。この水素脆化をおこす鋼に各種処理を与えた影響については、冶金的な因子としての合金組成の影響、あるいは冷間加工の影響、などについて数多くの研究があるが、焼き入れの効果について調べたものは数が比較的に少なく、特に焼き入れ焼き戻しに見られる各種現象との間の関係を調べた研究は見当らない。本研究は、かかる観点から、比較的炭素含有量の高い炭素鋼 (S30C) について、焼き入れ状態で電解により水素の強制吸入を行ない水素脆化と、焼き入れした炭素鋼を焼き戻した場合の水素強制吸入量について調べた結果について報告する。

II. 実験方法

実験に供した試料は Table 1 に示す組成を有する炭素鋼であり、50mm ϕ の棒鋼より、平行部が 8mm ϕ で、平行部の全長が約 60mm の JIS 4 号引張り試験片をモデファイした引張り試験片を陰極にして、陽極は黒鉛中空円筒とし、陰極試料を中央におき 2% H_2SO_4 水溶液中にて 0.01, 0.05, 0.1, 0.2A/cm² の電流密度で 1 h 電気分解を行ない、水素を吸入させ、直ちに 20 t a

Table 1. Chemical composition of sample (wt. %).

C	Si	Mn	P	S
0.30	0.27	0.49	0.011	0.016

ムスラー引張り試験機にて引張り試験を行なった。

水素の吸収量を調べるには流動パラフィン中に電解水素吸収試料をおき放出する水素を捕集した。

焼き入れ炭素鋼を焼き戻した場合の内耗の測定には、すでに発表されていると同じ電磁的励起方法で電磁石により横振動を試料に与え励起電力を切り試料の振動が $1/n$ (本実験では $1/4$) に減衰する時間を測定して

$$Q^{-1} = \frac{\ln n}{\pi f_0 t_n} \quad \text{ただし } f_0: \text{共振周波数, } t_n: \text{振巾が } 1/n \text{ (本実験では } 1/4 \text{) になるまでの時間}$$

にて計算し求めた。

内耗測定試料は $5 \times 10 \text{ mm}$ の断面に長さ 200 mm の長さに加工したものである。

III. 実験結果

1) 水焼き入れ試料の場合

顕微鏡組織が完全にマルテンサイト化している試料についての水素吸収量と引張り性質との関係は、水素吸収量が $0.03 \text{ cc}/100 \text{ g}$ あたりから伸び、絞り共に減少しはじめ、 $0.125 \sim 0.3 \text{ cc}/100 \text{ g}$ ではほとんど変らない。引張り強さは水素の吸収によつてはほとんど変化がなく約 $100 \text{ kg}/\text{mm}^2$ 一定の値を示している。 $0.22 \text{ cc}/100 \text{ g}$ の水素を吸収させた試料を室温に放置して、伸び、絞りの回復の状態を調べると、放置時間約 1 h で焼き入れ直後のもとの値に回復している。一方 $0.05, 0.1, 0.2 \text{ A}/\text{cm}^2$ で 1 h 通電し水素を吸収させて、室温に放置し捕集した水素量と放置時間の関係は、 2 h 放置ではほぼ完全に放出してしまい、それ以上放置しても水素の放出はほとんどない。

2) 油焼き入れ試料の場合

900°C より油に焼き入れした試料はベーナイト状組織を示している。この試料について水焼き入れ試料と同じ様に、水素を吸収させて、引張り試験を行ない、水素吸収量と引張り性質の関係を調べると、 $0.03 \text{ cc}/100 \text{ g}$ の水素量を吸収するあたりから伸び、絞り共に減少しはじめ $0.075 \text{ cc}/100 \text{ g}$ の水素量以上ではほぼ一定の値を示す。一方引張り強さは水素吸収量に関係なくほぼ一定の $62.5 \text{ kg}/\text{mm}^2$ である。

次に $0.075 \text{ cc}/100 \text{ g}$ の水素を吸収させた試料を室温に放置し、引張り性質との間の関係を求めると伸び、絞りは 1 h 放置により油焼き入れのままのもとの値に回復している。 $0.05, 0.1, 0.2 \text{ A}/\text{cm}^2$ の電流を 1 h 通じ室温に放置した場合の放出水素量と放置時間の関係は、水焼き入れと同様に 2 h 放置によりほぼ完全に吸収水素を放出してしまい、それ以上の時間は放置しておいても水素の放出はほとんどない。

3) 焼鈍試料の場合

焼鈍試料の場合は同じ通電量でも吸収水素量は少ない。水素吸収による伸び、絞りの減少は $0.05 \text{ cc}/100 \text{ g}$ あたりからおこり $0.06 \text{ cc}/100 \text{ g}$ 以上では伸び、絞りは一定値を示している。引張り強さは水素吸収量に関係なくほぼ $50 \text{ kg}/\text{mm}^2$ の一定値を示している。水素吸収後の放置時間による伸び、絞りの回復は 1 h でほとんどもとの焼鈍状態の値にもどつている。

4) 焼き入れ後の焼き戻しによる機械的性質および内耗の変化について

水および油焼き入れを行なった試料を 30 mn 間各温度で焼き戻しを行なった場合の引張り性質のうち、引張り強さは焼き戻し温度が高くなると共に下り、伸び、絞りは 500°C までは徐々に、 800°C からは急激に増大している。この傾向は油焼き入れ試料よりも水焼き入れ試料の方がいちじるしく大きい。内耗については水焼き入れのままの状態では振巾依存性がないが 350°C 以上に焼き戻すと振巾依存性が見られ、振巾非依存性の内部摩擦は水焼き入れ状態より 350°C まで低下の一路を辿り、 $350 \sim 800^\circ\text{C}$ の間はほぼ一定値を示し 900°C 焼き戻して高い値を示すようになる。一方油焼き入れ試料は油焼き入れのままでも振巾依存性があり、焼き戻し温度が高まると共に振巾依存性はますます大きくなつていく。次に振巾非依存性内耗と焼き戻し温度との関係は、 350°C までは水焼き入れ試料の場合と同様に低下しているが $350^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ までの間までは一定値を示し $720^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$ で直線的な上昇を示している。このような特長のある水焼き入れ状態では振巾依存性がなく、焼き戻しと共に振巾依存性が生じることは Granat-Lücke のモデルを使用すれば、主として炭化物の分布状態に依存するものとして説明される。また振巾非依存性の内耗が 800°C 以上の焼き戻し温度で高い値を示すことはマルテンサイトの分解に依り生ずる炭化物をも含む不純物の分布と、オーステナイトからパーライトとフェライトに分解した状態とが異なることに起因するものと考えられる。このような現象は焼き入れ後の焼き戻し温度と、水素吸収量の関係を見るとよく似た傾向が認められる。

以上述べたごとく水素脆化の傾向は焼き入れ鋼、焼き戻しあるいは完全焼鈍鋼共に存在し、それは、引張り性質や内耗の組織の敏感な性質に見られるように、組織内の状態にいちじるしく依存することがわかる。

IV. 結 言

以上の諸実験より次の事柄がわかつた。

- 1) 水および油焼き入れ処理、焼き戻し処理、および焼鈍状態においても、水素吸収により脆化を示す。
- 2) 同一電気分解電流密度で吸収する水素量は水焼き入れ状態で最も多く、焼き戻し温度が高くなるにしたがつて少なくなる。
- 3) 焼き入れ、焼き戻し処理による機械的性質、および内耗と、水素吸収量の間には密接な関係がある。
- 4) 水素吸収状態の内耗と、水素放出状態の内耗の測定値はほぼ等しい。