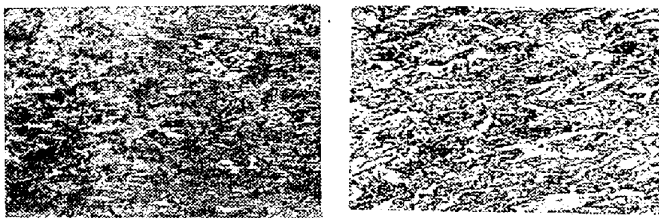


のとしたならば、冷間加工を受けたものは受けないものに比して、焼鈍温度は低くてもよいと言われているので平常組織に復するのはどのような焼鈍条件になるものか調べた。この組織の変化は加工後のものは $600^{\circ}\text{C}\times 30\text{mn}$ の焼鈍で逐次フェライト量を増し、平常組織に復し始めているようであるが、加工前のものは $600^{\circ}\text{C}\times 30\text{mn}$ の焼鈍では明瞭な変化は見られず、 $700^{\circ}\text{C}\times 30\text{mn}$ の焼鈍で組織変化が進行されつつあるのが見られた。この実験で焼入後に加工率 45% の線引を行い更に $500^{\circ}\text{C}\times 30\text{mn}$ の焼鈍を行つたところ硬化部分の特異組織に一層よく似た組織のものが得られた。

Photo 2. Microstructures of the cold drawing wire rod after heat treatments
etch: 2% HNO_3 alcohol solution



43% cold draw $\times 400(1/2)$ Annealing after 43% cold draw $\times 400(1/2)$

(V) X線廻折

更に硬化部分のある coil の平常部分を X線廻折で調べたところその平常部分も diffuse しておりすでに冷間加工を受けていることが判つたので各試片について X線廻折を行つた。硬化部分は同一 coil の平常部分に比して、より diffuse していることが認められ、実験に使用した 3 Z 線材圧延の儘のものは焼鈍されていることが判つた。

III. 結 論

実験結果を要約すると次のようになる。

(I) 硬化部分のあつた coil は平常作業のものより恐らく低温で圧延されたものと思われる。このことは X線廻折で同一 coil の平常部分が diffuse していることから推定される。

(II) 3 Z 程度の線材は瞬間水冷でも焼入組織となるがこれは $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ で明瞭であるが 900°C では起らない。

(III) この硬化部分は焼入組織となつてから略々 40% 程度の冷間加工を受けその後自己の保有する温度により変質していることが推定される。

(IV) 瞬間水冷で焼入組織となつて冷間加工を受けた組織は $600^{\circ}\text{C}\times 30\text{mn}$ の焼鈍では完全に消失しない。

以上の結果から硬化部分の発生原因を次の如く推定し

た。即ちこの硬化部は現場作業において並行 Roof #12 より #13 の間において (加工率 40% 程度ということより推定される。) 圧延材料が水冷されて焼入組織となり、その儘圧延されて成品となつたが、捲取機乃至はその後の自己焼鈍も充分でなかつたことによつて生じたものと考えられる。

このように極く短時間の水冷で焼入組織となるには圧延材料が $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ の低温であることが必要であり、このことから考えると恐らく圧延中の鋼片温度は平常作業より比較的低温に経過したように思われる。このことは X線廻折によつて明らかにされたと思う。

その後、現場作業の圧延中においては、圧延材料が水冷されることのないようにし、又加熱温度も高目に従つて仕上温度も低温にならないように留意して作業を行いその後の反響を待っているがまだこのような現象の再発は聞いていない。終りに線引実験について御援助いただいた北海鉄板室蘭工場谷口氏に深謝する。

(105) 炭素鋼の水素脆性について (1)

On the Hydrogen Embrittlement of Carbon Steel (1)

H. Takebayashi, et alius.

富士製鉄, 釜石製鉄所

工〇武林英夫・工 阿部泰久

I. 緒 言

鋼の水素脆性についてはすでに多くの研究があるが、圧延直後一般圧延鋼材に含有される水素がどのような経過で逸出し、それにとまつて鋼材の靱性がどのように回復して行くかということについて定量的な関係を求めたものは少い様である。また水素脆性は歪速度が大きいとき、例えばシャルピー試験ではその脆性を示さないことが明らかにされているが、一般圧延鋼材中の水素量と引張り試験における歪速度の靱性におよぼす影響についての実験もあまりない。これらの点を明らかにするため実験を行つた結果を報告する。

II. 試料および実験方法

実装量 140 t 傾注式塩基性平炉で搭製した試験用鋼塊を (A) 約 $65\times 45\text{mm}$ 断面および (B) $22\text{mm}\phi$ とし圧延したものを試験材とした。試験材の化学成分は (A) C 0.62~0.70%, Mn 0.68~0.85%, Si 0.07~0.09%, (B) C 0.20~0.30%, Mn 0.30~0.40%, Si 0.07~0.09% である。試験材は圧延後常温放置し、ある時間毎に逐次引張試験片および水素分析試料を切り出

した。水素分析は学振法真空加熱法によつた。尚 (A) では直送材と再熱材の両者について実験を行った。

III. 実験結果

(1) 水素量と靱性との関係

Fig. 1 に示すように (A) では水素量が $120 \times 10^{-6}\%$ 程度になるまでは著しい伸の回復はみられないが、その値以下に下ると急速に伸が向上するのが認められる。ここで特に注意すべきことは、後にも述べるように歪速度が伸、絞りの値に影響をおよぼすので最も脆化を示す歪速度のときの伸の値をとつたことである。(或る引張り時間以上では伸、絞りの値はほぼ一定となる) また Fig. 2 に 1 例を示すように、圧延後常温放置した場合の水素逸出過程は必ずしも一様ではなく、チャージ間のばらつきが大きい。直送材と再熱材の圧延後 6 時間の水素量はそれぞれ $200 \sim 250 \times 10^{-6}\%$ および $130 \sim 180 \times 10^{-6}\%$ の範囲であつた。靱性が急速に回復し始める時期は最初の水素量とその後の水素の逸出速度に関係するものであり、本実験では圧延後 100~500 h の範囲であつた。水素の逸出は大体 500h 位でほぼ終了し $20 \sim 30 \times 10^{-6}\%$ 程度に落ちつく。(B) の場合は圧延直後の水素量は $90 \sim 60 \times 10^{-6}\%$ で、圧延寸法が小さいためほぼ 150h で水素の逸出が終了する。伸の回復も同様に終了する。

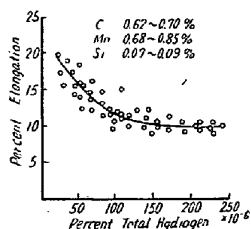


Fig. 1. Correlation of elongation to hydrogen content

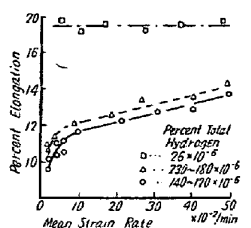


Fig. 3. Correlation of percent elongation to mean strain rate

(2) 歪速度の影響

水素量と歪速度の伸におよぼす影響を Fig. 3 に示した。歪速度を大にすると、伸におよぼす水素の影響が減ることについては、J. P. Hobson, D. Carney 等によつて明らかにされている。本実験においても水素量

$200 \times 10^{-6}\%$ を含むものでは、歪速度を増加するに従い伸は増加し理論的には時効完了時の伸の値に近づく。しかし引張試験においては歪速度を 0.60mn 以上にするには、なかなか困難であつた。水素量が $26 \times 10^{-6}\%$ の場合は歪速度による伸の変化はなく一定であつた。抗張力に関しては水素量に関係なく引張り時間がある一定値を越すと増加しはじめ最大 $3 \sim 4 \text{kg/mm}^2$ に達した。

(3) 水素逸出速度と非金属介在物の関係

酸化物系介在物が常温での水素逸出をさまたげることが H. Benneck, G. Klotzback 等によつても報告されている。Fig. 2 に示す様に水素逸出の異常に遅いものと、正常と思われるものについて温硝酸法により SiO_2 , Al_2O_3 等の介在物を分析したが、両者の間の差は $2 \times 10^{-4}\%$ SiO_2 であり明瞭な関係は得られなかつた。さらに顕微鏡によりそれぞれの介在物の面積率を求めた所、異常に遅いものは平均 1.11% 、正常と思われるものは $0.40 \sim 0.60\%$ であつた。顕微鏡にて検出される介在物は主として Mn-S 系のものであるが、介在物のまわりの基質との境界が水素の逸出速度と関係をもっているのではないかと考えられる。

IV. 総括

(1) $0.62 \sim 0.70\%$ C の圧延鋼材について実験した結果は、当然のことながら水素量は直送材より再熱材の方が低い。しかしいずれの場合も水素量が $120 \times 10^{-6}\%$ 程度以下に下がつてから著しく靱性を回復する。

(2) 水素の逸出過程は一様でなくチャージ間のばらつきが大きい。

(3) 従つて伸が著しく回復しはじめる時期は初めの水素量とその後の水素逸出速度に関係する。本実験の場合圧延後 100~500h であつた。

(4) 靱性の回復がほぼ完了するのは大体 6ヶ月後であつた。

(5) 水素の逸出速度は非金属介在物の面積率に関係するように思われる。

(6) 小形丸棒は約 1 週間で靱性の回復が終了した。

(7) 鋼材に含まれる水素量と歪速度の靱性におよぼす影響を明らかにした。

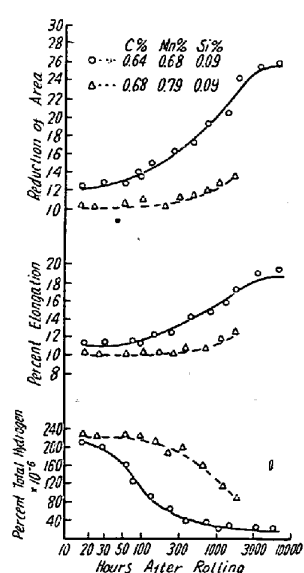


Fig. 2. Change of hydrogen and ductility on aging