

Fig. 1. Hardness change by cold drawing and annealing.

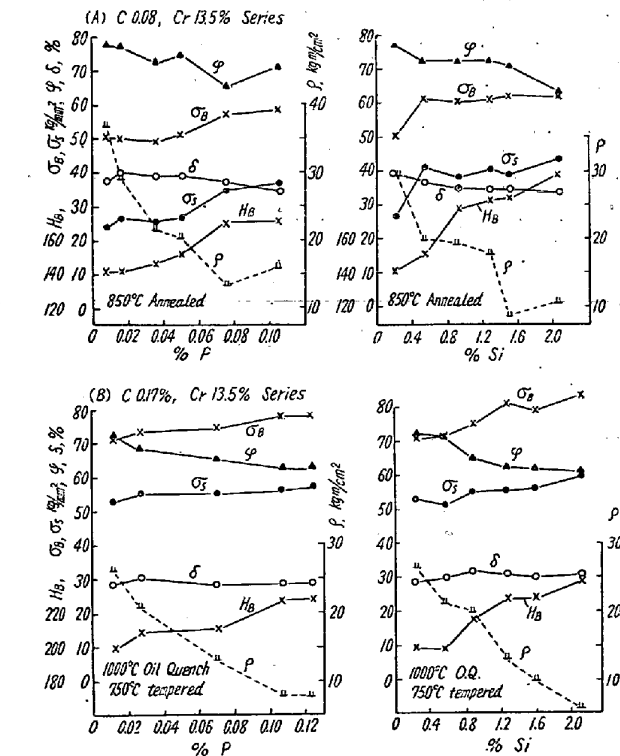


Fig. 2. Effect of P and Si on the mechanical properties.

冷の場合 Si の増加につれて腐蝕は少なくなる。つぎに SUS-1 につき引抜加工後 40% 硝酸沸騰試験を行った。P は 0.03% で腐蝕は最低となり P の増加につれやや増す。Si の増加につれて急激に腐蝕が増す。Si 高目の場合以外はいずれも冷間加工により腐蝕減量が少なくなる。

III. 結 言

13 Cr 不銹鋼では P および Si の増加につれて焼鈍硬度と抗張力は上昇し、衝撃値は焼鈍、焼入焼戻状態共に低下する。Si により変態点は上昇し、C 0.16% の場合は γ 相界域を縮小するので焼入硬化が不充分となる。

40%沸騰硝酸では焼鈍状態では Si の増加につれて腐蝕は減る。焼入状態では Si の低目のものは耐蝕性が向上するが Si の増加につれて悪くなり焼鈍状態のときと同程度の腐蝕減量を示す。また P は硝酸に対してはいちじるしい影響を与えぬが、醋酸に対しては耐蝕性が向上する。

(78) 鋼材の靱性と水素の挙動について (III)

(熱間圧延中および常温応力下の水素逸出) Toughness of Steel and Behavior of Hydrogen in Steel (III)

(Hydrogen Diffusion from Steel in Hot Rolling and in Stress Loading at Room Temperature) S. Murayama, et alius

八幡製鉄技術研究所

工〇村 山 周 治・工 松 倉 亀 雄

I. 緒 言

第 I 報において圧延後の徐冷、鋼片再熱、冷却後の製品再加熱あるいは常温での製品放置等により鋼中水素が逸出し、それと共に鋼材の靱性、特に伸び、絞りが回復することを実験から明らかにし、第 II 報では鋼材表面よりの水素逸出量を定量して界面拡散係数を求めこれを用いて拡散理論から上記処理にもとづく逸出量を算出したところ実測値とよく一致することをたしかめた。

本報では熱間圧延中の水素逸出量を前報の計算式を用いて算出し、さらに常温における応力負荷にもとづく逸出量を実験から求めて両者の関係を考察したものである。

II. 熱間圧延中の水素逸出量

熱間圧延中に逸出する水素量は温度と断面縮少率とに關係し、前者のみについては計算から求められるが後者については計算しえないし実験も困難である。それゆえこゝでは第 II 報の計算式を用いて造塊後より冷却終了製品までの各工程中、圧延中の逸出量を除いた工程の全逸出量を算出し、これを造塊後の鋼塊中の全水素量から差引いて先の圧延中の逸出量を求めた。

試験鋼種としては高炭素鋼軌条材 (C 0.60~0.75%)
 鋼塊形状は 600×600×2000 mm; 単重は約 4 t, 鋼片
 形状は 200×200 mm 断面, 製品は 50 kg P. S 軌条で
 あり, 作業工程は造塊—均熱炉加熱—分塊圧延—軌条圧
 延のいわゆる直送圧延方式である。

i) 造塊後均熱炉加熱終了までの逸出量
 計算式は第 I 報より

$$R = 4\pi V_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^2}{\lambda_n^2} \cdot \frac{T_1^2(\lambda_n)}{J_0^2(\lambda_n) + T_1^2(\lambda_n)} \cdot e^{-\lambda_n^2 \frac{Ddt}{a^2}} \quad (1)$$

ただし λ_n は $haT_0(x) - xT_1(x) = 0$ の n 番目の根で
 $T_0(x)$ は第 1 種零階のベッセル函数

V_0 = 初期水素濃度

a = 断面方形の一辺の長さ

$$D = \text{拡散係数} = D_0 e^{-\frac{T_2}{T}}$$

T = 絶対温度 °K

t = 時間

造塊後均熱炉加熱終了までの全時間 $t = 5$ h

その間の温度平均 $T^\circ\text{C} = 1250^\circ\text{C}$; $D = 0.75\text{cm}^2/\text{h}$;

$a = 30\text{cm}$

を (1) 式に入れて計算し, 初期水素量 R_1 と逸出後
 の残留量 R_2 との比 (η_1) を求めると

$$\eta_1 = \frac{R_2}{R_1} = 95.9\% \quad (2)$$

ii) 均熱炉抽出より分塊および軌条圧延終了までの
 逸出量

初期量 R_2 逸出後の残留量 R_3 とするとこの場合は不
 明なので $\eta_2 = \frac{R_3}{R_2}$ (3) とする。

iii) 圧延終了後常温まで冷却中の逸出量

圧延仕上温度を 1000°C とし, 空冷の際の温度降下曲
 線より拡散係数と温度, 時間との関係式 (第 I 報で説明)
 を求めて (1) 式に入れると

$$\eta_3 = \frac{R_4}{R_3} = 83\% \quad (4)$$

(2) (3) (4) より

$$\eta_1 \eta_2 \eta_3 = \frac{R_4}{R_1} \quad (5)$$

R_1 は凝固後の鋼塊に残留する水素量で, 鋼中への水
 素溶解能の研究から, $0.0008 \sim 0.0009$ [wt% H_2] と見
 做され, R_4 は冷却後の製品に残留する水素量で実測に
 よるとは 0.0003 [wt% H_2] である。以上の数値を
 (5)式に入れると

$$\eta_2 = 42\% \sim 48\% \quad (5)$$

となり, 圧延中に逸出した水素量は圧延前の約 50% 以
 上になる。

以上の計算で鋼塊凝固後の残留水素量についての実測
 が困難なため多少の誤差が含まれるとしても熱間圧延中
 に逸出する水素量が以外に多いことがうかがわれる。こ
 れは応力に基づく拡散の促進とも考えられるので, 常温
 における応力負荷についてその影響を実験した。

III. 常温における応力負荷と水素の逸出

常温における応力附加により, 高炭素鋼中の水素逸出
 がどの程度促進されるかをたしかめるため軌条材につい
 て常温での圧縮, 引張応力の大きさ, 負荷時間を変えて,
 その前後の残留水素量を測定した。

試験片は圧延後冷却した軌条頭部より 20mm ϕ の円
 柱状試片ないしは引張試験片を数個連続して採取し, 軸
 方向に一定時間応力附加後の残留水素量を学振法で分析
 した。その結果は逸出量が極めて少く, 応力負荷により
 促進されたと思われ難かった。これには分析上の誤差も
 含まれていることも考えられるので定性的に測定するた
 め第 I 報で報告したセロファン貼付法により観察した。

すなわち圧延直後の軌条頭部より $40 \times 40 \times 20\text{mm}$ の
 長方形試片を連続して 3 個採取し, 両面を平滑に仕上げ
 て, 採取時中央部であつた試片のみ $30\text{kg}/\text{mm}^2$ の圧縮
 応力を加えたまま保定し, 他の 2 個は無負荷とし, あら
 かじめ試片の片面に流動パラフィン塗布し, セロファン
 を密着させ周囲をグリースで封じておいた。

時間と共にセロファン下に生成する気泡の島の大きさ
 を三者について比較観察したが, 明瞭な差が認められず
 前記実験結果を裏付けているように思えた。

以上の実験から熱間の塑性変形では断面縮少率が大き
 く, 鋼塊中の気孔が圧縮され, かつ組織も緻密になるため
 そのような空孔ないし格子間に残留した水素は当然強制的
 に逸出されるものと思われるが (勿論この時の拡散速度
 が高温のため大きいことも介入している) 常温での応
 力負荷程度は変形量が小さいため逸出量も極めて少いも
 のと思われる。ただし, 本試験に使用された試験材軌条
 ではもともと残留する水素量が特殊鋼ほど多くはなかつ
 つ試料製作の時間的経過にもとづき試料内部に水素分布
 が勾配を持つていることも逸出量の絶対値に影響してい
 るのであろう。