

Aging Phenomena in Strength and Ductility of Hot-rolled Steel Bars

(Kimio Mine)

(Toshio Fujita)

(Toru Sasaki)

(Tokushi Funakoshi)

(Tsutomu Nakajima)

(Eiji

Kobayashi)

---

:

aging

(1) Y.S.

Y.S.

aging

T.S.

(2) Y.S.

# 熱間圧延棒鋼の強度および延性の経時変化

Aging Phenomena in Strength and Ductility of Hot-rolled Steel Bars

峰 公 雄\*

藤 田 利 夫\*\*

Tsutomu Nakashima

Eiji Kobayashi

**Synopsis:**

To make clear the aging mechanism of strength and ductility in hot-rolled steel bars, investigation has been

## 2. 強度および延性の経時変化へおよぼす試験片断面寸法およびaging温度の影響

### 2.1 実験

#### 2.1.1 実験材

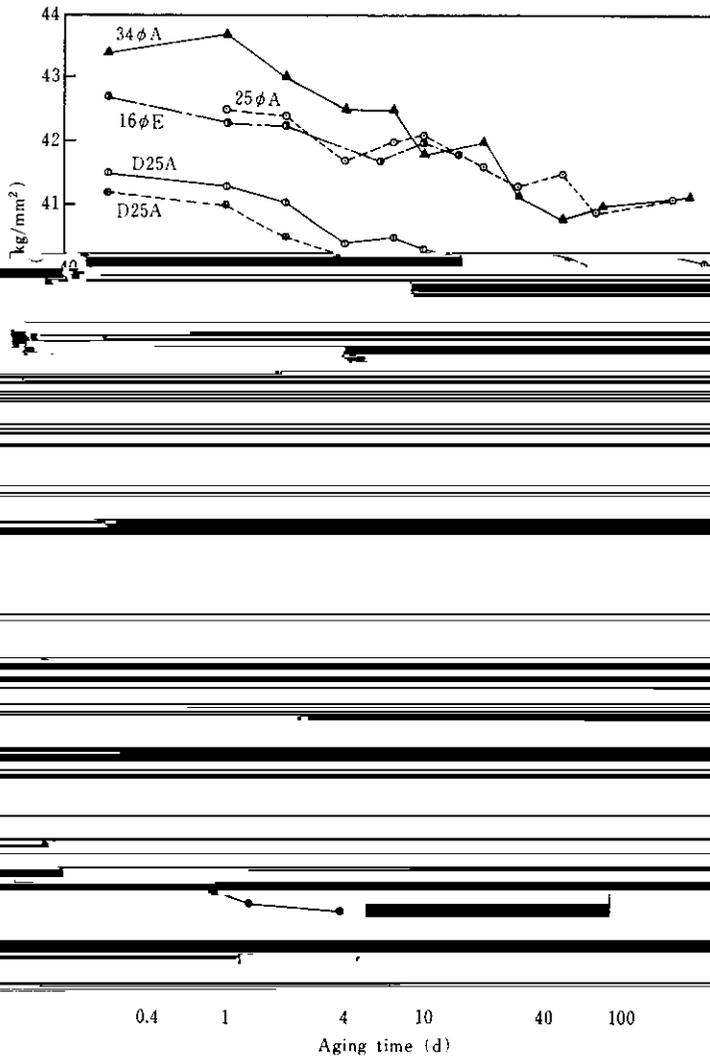
Table 1に示す化学組成の異形棒鋼用素材SD 30, SD 35を異形棒鋼(D 25, D 35)および丸棒鋼(16, 25, 34mm $\phi$ )に圧延して供試材とした。

試験片に機械加工して行ったものを表す。当然のことながら試験片を機械加工する際には、発熱防止およびひずみ付与防止に細心の注意を払った。この時の加工変質層はPhoto. 1に示すように、4~6 $\mu$ で試験値にはほとんど影響ないものと考え

られる。

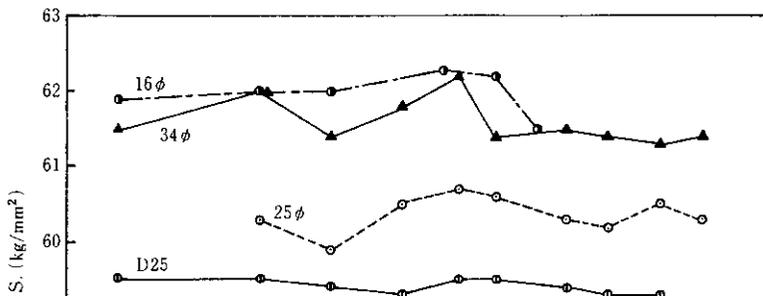
Table 2のRRでは、室温から最高400 $^{\circ}$ Cにおける経時変化を調査した。

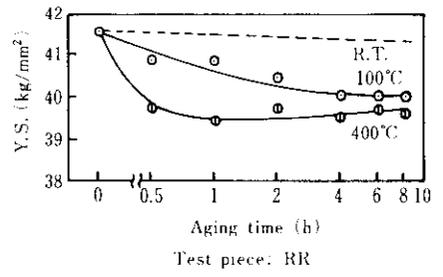
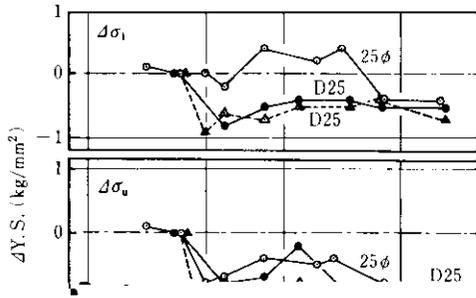




Test piece : RR Aging temp.: 10~30°C Test temp.: 10~14°C

Fig. 1 Changes in yield stress of hot-rolled bars by aging





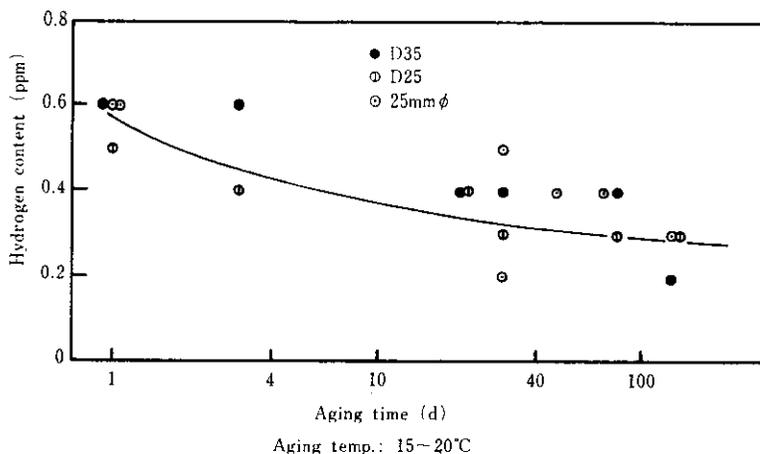
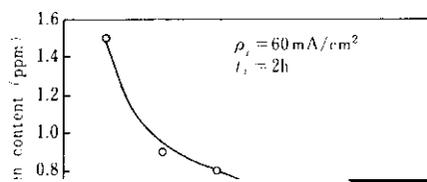
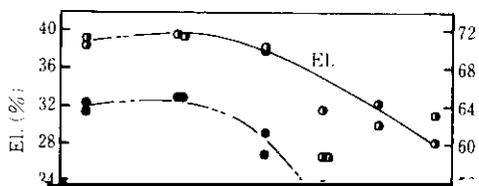


Fig. 7 Change in the hydrogen content of hot-rolled steel bars by aging

4. 強度および延性におよぼす水素の影響

4.2 水素添加過程での強度および延性の変化



	$\rho_1$ (mA/cm <sup>2</sup> )	$t_1$ (h)	$\dot{\epsilon}$ (s <sup>-1</sup> )
○	60	2	$2.38 \times 10^{-3}$
●	60	0.5	$2.38 \times 10^{-3}$

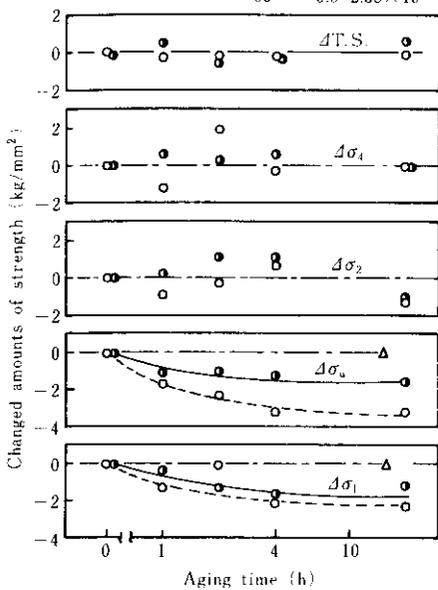


Fig. 11 Change in flow stress of hydrogen charged test piece by aging at 50°C

4.5 agingによる降伏応力の低下量におよぼす初期水素量の影響

50°Cで90分間の電着後の上降伏応力の低下量は

5. 考 察

5.1 水素の放出速度

水素の放出量についての下式は美馬ら<sup>2)</sup>によって得られたもので、試験片を辺の長さ  $a, b, c$  の直方体とし、時間  $t$  が短い場合の簡略式である。

$$U \doteq \frac{4C_0\sqrt{Dt}}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right)$$

ここで、 $U$  : 水素の放出量

$C_0$  : 初期濃度

$D$  : 拡散係数

$t$  : 時間

この式を用いて 20°C で 0.6ppm から 0.3ppm に減少する時間を、含有水素がすべて拡散性水素であるとして計算した。試料の大きさは 25×25×300mm とし、2水準の  $D$  を用いた。この結果

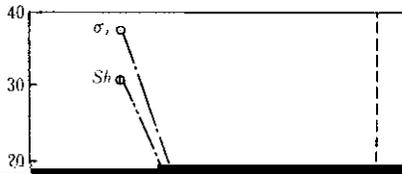
$$t = 16.8 \text{ min for } D = 7 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s} \dots (1)$$

(焼鈍された純鉄)

$$t = 49 \text{ h for } D = 4 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s} \dots (2)$$

(S 55C, F + P 組織)<sup>3)</sup>

となり、大西ら<sup>3)</sup>が市販のフェライト・パーライト組織を有する S 55C 材の 20°C で得た小さいほ



る水素量が、残留応力がない場合より減少すると考えられる。

さらに、水素の拡散への応力場自体の影響が考えられる。固溶原子の拡散へのミクロな応力場の影響として、時効過程で固溶原子が転位へ集積す

せず<sup>10</sup>、また水素を添加しても下降伏応力あるいは耐力は変化しない<sup>11, 12</sup>。

(3) 常温において、水素添加により上降伏点が低下あるいは消滅し<sup>13</sup>、下降伏応力あるいは耐力も低下する<sup>14</sup>。

(4) 水素添加後 aging により水素が逸出すると、降伏点が再び出現する<sup>15</sup>。

性変形量などによる水素感受性のほかに、材料内に含有する水素量に左右されることが考えられる。現在までの研究では電解鉄や軟鋼より純度の悪い材料では、水素添加により硬化が起こるとする説が有力である。ただし、その時の水素添加量など定量的関係は明らかでない。

今回の異形棒鋼用素材から圧延した棒鋼を用い

る<sup>16</sup>。

(6) 水素による降伏応力や変形応力の変化は予歪量に依存する<sup>17</sup>。

(7) 冷間加工後水素を添加すると、常温では降伏点は発生しないが、 $-150^{\circ}\text{C}$ で試験すると降伏点が発生する<sup>18</sup>。水素添加により常温で降伏点が消滅し、低温で再び生じる現象は、冷間加工を受け

上昇し脱水素により低下すること、降伏後の flow stress および T.S. はこの間変化しないこと、1.5ppm を越えると脆化が進行し、Y.S. および T.S. も低下することが確認できた。したがって、今回用いたような不純物の多い材料では、水素量が 1.5ppm まで増加した場合、Y.S. を上昇させると考えられる。



- 度が高いと低下速度が早く、aging 後期で上昇する。
- (2) flow stress および T. S. は aging により変化しない。
- (3) El. および R.A. は aging により増大する。こ

複雑な変化挙動を示す機構は次のように考えられる。

- (a) 表面が圧縮の残留応力に遅延された水素の逸出により、降伏応力は長期にわたって低下し

## モノレール用溝付平鋼

モノレールのタイヤ走行面に使用される

