

669, 14 = 621, 787 = 621, 785, 78 = 669, 14

前回りに報告したように、降伏点伸び ( $\epsilon_y\%$ ) は、歪硬化係数 ( $n$ )、下降伏点 ( $\sigma_y$  kg/mm<sup>2</sup>)、抗張力 ( $\sigma_B$  kg/mm<sup>2</sup>) と次の(1)式で結ばれる。

$$\epsilon_y = n/2(\sigma_y/\sigma_B)^{1/n} + n/8(\sigma_y/\sigma_B)^{2/n} \dots (1)$$

従つて前記の降伏点伸び変化の特徴は、 $N$ 含有量、グレーン・サイズおよび固溶C量の上記3引張試験値におよぼす影響が、時効温度によつて異なるためと思われる。これらの関係の例を Table 1 に示した。降伏点伸びの実測値と計算値はほぼよい一致を示している。25°C 時効の場合は、グレーン・サイズのほぼ等しい試料 A, D および B, C 同士の間で比較するに、固溶C量の多い方が時効による下降伏点増加が大きいが、同時に抗張力の増加も大きくなつてゐる。これが固溶C量によつて降伏点伸びが余り影響されないことの原因と考えられる。一方 100°C で 180 日時効後は固溶C量が多くなると、抗張力は過時効のため低下するが、下降伏点にはこの現象が殆んどみられない。このことがこの場合降伏点伸びが固溶C量によつて影響されることの原因と考えられる。また試料 E の 25°C 時効後の降伏点伸びが特に大きいのは、高  $N$  含有量のため下降伏点の増加が著しいためであろう。

### III. 結 言

イ. 低炭素薄鋼板の室温付近 (25°C) で歪時効の場合のフルーチング性および降伏点伸びの変化は、固溶C量従つて焼鈍方式によつては本質的な影響を受けない。この場合は主として全  $N$  含有量およびグレーン・サイズによつて影響される。

ロ. 歪時効温度が 50°C 以上になると、他の性質がほぼ同じであれば固溶C量が多い方がフルーチング性および降伏点伸びは大きくなる。

ハ. 以上の現象は、歪時効による微細析出炭化物の分散状態が、時効温度によつて異なることが抗張力に影響し、これが(1)式を介して降伏点伸びに影響するためと考えられる。

### 文 献

- 1) 周藤: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 511~513

## (118) 低炭素鋼の加工硬化, 歪時効におよぼす鉛の影響 63308

八幡鋼管研究部 ○小 柳 明  
金属材料技術研究所 工博 荒 木 透  
八幡鋼管研究部 松 隈 茂

### The Effect of Lead on Work Hardening and Strain Ageing of Low Carbon Steel.

Akira KOYANAGI, Dr. Toru ARAKI and Shigeru MATSUKUMA.

#### I. 緒 言 1481~1483

鋼の加工硬化におよぼす鉛の影響については冷間引抜きの際、表皮の硬度上昇が少ないといわれているが定量的な研究報告は殆んどない。また、加工硬化と密接な関連のある歪時効に対する鉛の影響についての報告もない。本報では炭化物の影響の少ない低炭素鋼の含鉛および無鉛のものについて引張試験機での引張、圧縮加工による加工度と硬化度の関係を調べ、更にこれらを各種温度に歪時効してその硬度変化および引張特性の変化より加工硬化、および歪時効におよぼす鉛の影響を求め、今後の冷間引抜、冷間押し出し、その他の冷間成型への含鉛鋼の適応性に対する指針とした。

#### II. 供試材および実験方法

供試材は Table 1 のごとき化学成分のもので 10C, 10C F は塩基性電気炉の 4t, 1.5t 鋼塊を  $\phi$ 130mm に圧延したものを  $\phi$ 22mm に鍛造、 $H_1 \sim H_4$  は 20kVA 真空管式高周波炉で同一母材を用い中性雰囲気中で溶製した 7kg 鋼塊を  $\phi$ 20mm に鍛造して何れも 900°C × 1h で焼準を行なつたものである。

10C, 10C F は原料、製造条件などが異なるので、殆んど同一溶解と見なし得る  $H_1 \sim H_4$  について含鉛の影響をチェックした。4号引張試験片を 30t 引張試験機で引張破断後縦断し中心軸上の硬度 (Hv 10kg) を測定しその部分の引張加工度と対応させた。またこれらを 200°C ~ 700°C の各温度で単独または累積的に歪時効、低温焼鈍して硬度変化を調べた。圧縮試験は  $\phi$ 10mm × 10mm の円柱試料を軸方向に同上試験機で 1mm づつ高さ 3mm まで圧縮し縦断して中心部の硬度を測定した。圧縮後各温度、歪時効させたものについても同様に硬度変化を調べた。10C, 10C F については伸び 5% で引張試験を中絶し常温 ~ 500°C に歪時効後更に試験を再開し破断させ、また  $H_1 \sim H_4$  については平行部径 5mm の微小試験片を 2t オートグラフ引張試験機で引張り、最高荷重の所 (ネッキング直前) で中絶して 280°C × 30mn 歪時効後試験を再開して破断させ、引張特性の変

Table 1. Chemical analysis of specimens.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Pb	Sol Al	ΣN
10C	0.14	0.29	0.54	0.010	0.007	0.16	0.07	0.07	—	0.012	0.009
10C F	0.14	0.26	0.53	0.011	0.025	0.17	0.08	0.06	0.23	0.018	0.008
$H_1$	0.09	0.20	0.52	0.010	0.019	0.08	0.03	0.04	—	0.010	0.009
$H_2$	0.10	0.22	0.57	0.010	0.020	0.08	0.03	0.04	0.07	0.012	0.007
$H_3$	0.10	0.25	0.59	0.010	0.019	0.08	0.03	0.04	0.12	0.015	0.007
$H_4$	0.09	0.26	0.58	0.010	0.017	0.08	0.03	0.04	0.14	0.015	0.007

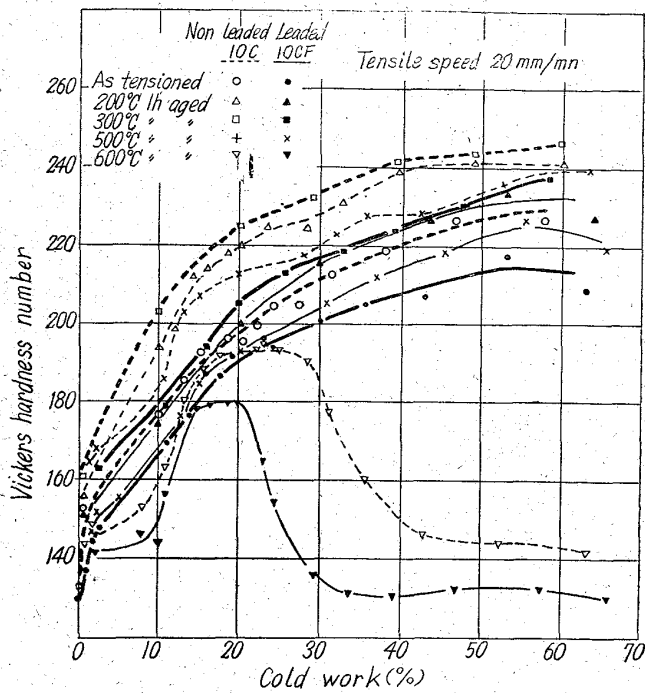


Fig. 1. Hardness variation of each tensioned and strain aged specimens.

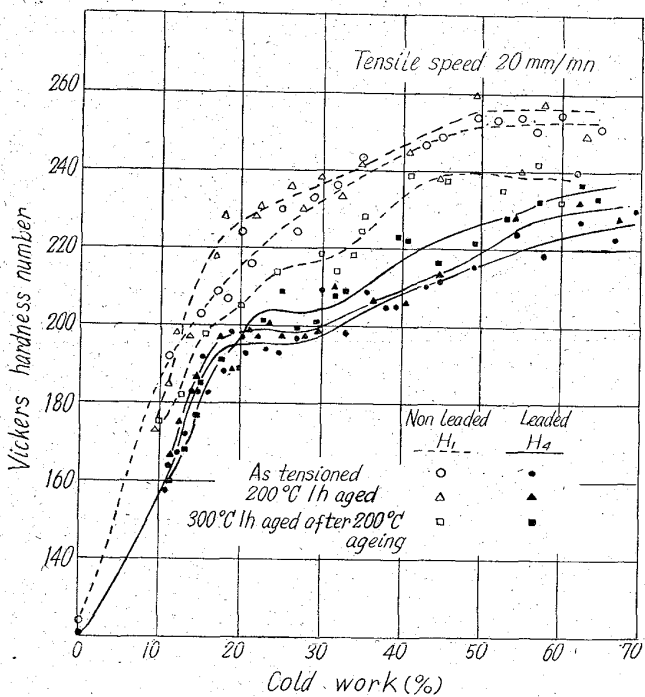


Fig. 2. Hardness variation of each tensioned and cumulative-strain aged specimens.

化を調べた。

III. 実験結果

1. 引張または圧縮加工硬化と歪時効硬化

Fig. 1 および Fig. 2 に 10C 10CF, H<sub>1</sub> と H<sub>4</sub> の引張加工ならびにその後の歪時効, 低温焼鈍による硬度変化を示す。

明らかに含鉛鋼は加工硬化が少なくその後の歪時効による硬度上昇も少ない。含鉛量による相違は無鉛の H<sub>1</sub>

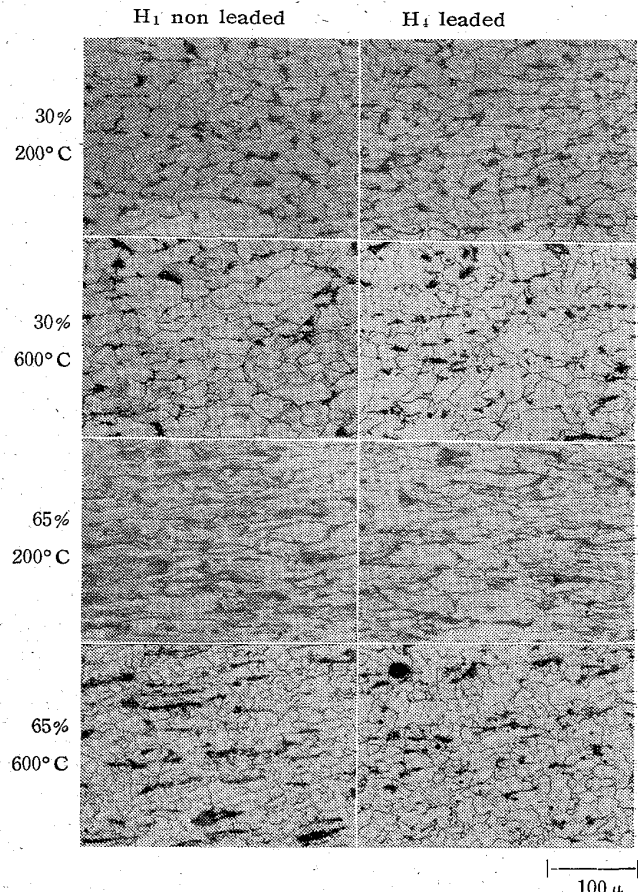


Photo. 1. Microstructure of tensioned and aged specimens.

と含鉛の H<sub>2</sub>~<sub>4</sub> の差は明白であるが H<sub>2</sub>~<sub>4</sub> の間では明らかな差は認められなかつた。圧縮加工とその後の歪時効, 低温焼鈍による硬度変化も引張りの際と同様の傾向が得られた。(図省略) Photo. 1 に H<sub>1</sub>, H<sub>4</sub> の引張加工とその後の熱処理によるミクロ組織の変化の1例を示す。

600°C で高加工度部の再結晶が認められ 30% 加工度部に粗粒化が認められる。

2. 歪時効後の引張特性

Fig. 3 に 10C, 10CF の 5% 伸びまで引張加工後荷重を除き常温より 500°C までの各温度で歪時効し再び荷重をかけて破断させた時の引張諸特性の変化を示す。

歪時効後の引張試験では降伏点, 引張強さ, 硬度は上昇し 200°C ~ 300°C の処理でピークを示すがその増加は含鉛鋼の方が少ない。歪時効後の伸びは含鉛により向上している。Fig. 4 は H<sub>1</sub>~H<sub>4</sub> の微小試験片を最高荷重の点まで引張加工後, 炉気攪拌型炉で 280°C × 30mn 歪時効し再び引張り破断した際の荷重-伸び曲線である。

歪時効による降伏点, 引張強さの上昇は含鉛グループの方が少ない。一方, 全伸びは無鉛鋼が小さく, 歪時効しない場合の焼準時の全伸びは無鉛鋼の方が若干多い事実と対照的である。

一般に加工硬化は転位が他の転位や障害物, 転位の交切などによつて前進を阻止され結晶の平均内部応力を高めるためと考えられ障害物には結晶粒界, 析出物, 介

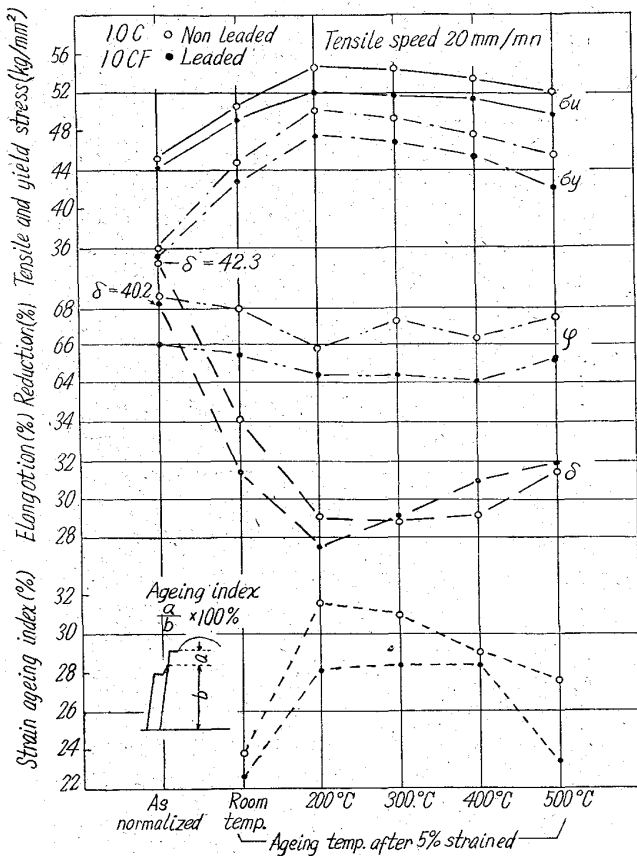


Fig. 3. Effect of strain ageing on the tensile properties of leaded and non leaded specimens.

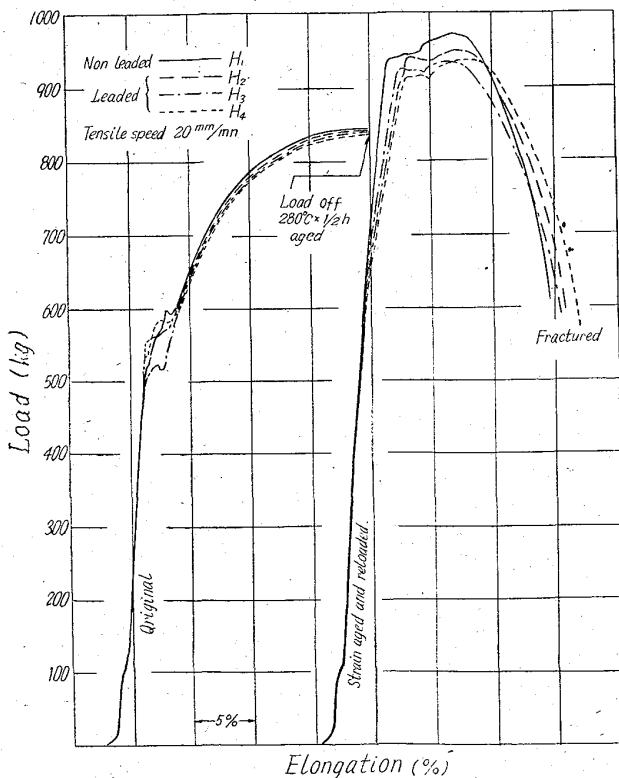


Fig. 4. Load-Elongation curves of original and strain aged specimens.

在物などがある。鋼中に数 $\mu$ またはそれ以下の微粒金属介在物として存在する鉛は冷間加工を受けてもすぐ常温で再結晶する。従つて転位は鉛粒を容易に通過し他の析出物介在物のように周囲に転位環を残さず、パイルアップもないであろう。粒内粒界に分散した鉛はこのように他の原因による格子歪現象を少なくし加工硬化を緩和すると考えられる。

歪時効については HUNDY ら<sup>23)</sup>によれば冷間加工によつて自由になつた転位や創造された多数の転位に C や N が集まり微小析出物となりこの析出硬化により強度を増加する。硬化の程度はこれら析出物の間隔、大きさに左右される。鉛粒の存在は冷間加工による転位密度、分布を変化させ時効の際の析出物の間隔、大きさを歪時効緩和の方向に変えるのではないかと考えられるが、電子顕微鏡による確認を要する。

文 献

- 1) D. G. BRANDON, et al: J. Iron & Steel Inst, (U.K.) Oct (1960), p. 160~166
- 2) B. B. HUNDY, et al: Metallurgia, May (1958), p. 203~211
- 3) W. C. LESLIE, et al: J. Iron & Steel Inst, (U.K.) Sept (1962), p. 722~728

669.14-415 = 621.1771.01  
= 620.192.3/4  
(119) 薄板成形性と材料欠陥の関連に

ついて

東洋鋼板下松工場

63309

1483 ~ 1485

○鈴木桂一・世良真一・柴井武彦

Relation between Sheet-Metal Formability and Steel Defects.

Keiichi SUZUKI, Shinichi SERA and Takehiko SHIBAI.

I. 緒 言

プレス加工用極軟鋼薄板の加工時の諸欠陥は製鋼、熱延条件から始まる製造条件と材料成分に基因し、それぞれ多くの報告がある。筆者らは熱延後のコイルにあるパイプ、ブロー・ホール、偏析(非金属介在物)をコイル全長に亘つて、パイプ検出器(枝波を利用した超音波探傷器)のエコーと顕微鏡組織により、その分布と発生率を明らかにし、さらにこれら欠陥がプレス成形品に与える影響について調査を試みた。欠陥を生じたプレス成形品について、材料欠陥か加工欠陥かの区別は普通の機械的性質の測定ができないため、新しい調査法を確立した。材料欠陥とプレス成形欠陥との関連はさらに研究を要するが、今回これらの一部を報告する。

II. 調査方法

先ずパイプ、ブロー・ホール偏析などの欠陥は熱延後のコイル全長につき、Fig. 1 に示す超音波探傷法で調査し、後そのコイルを薄板に製造し、プレス加工した。諸欠陥を含む薄板をプレス後各欠陥に分類し、偏析などの非金属介在物については超音波ジャックハンマーにより抽出し、電子線またはX線解析法で調査し、加工欠陥と