

## (105) 深絞り用帯鋼に関する研究 (II)

(A1 キルド鋼の歪時効並に深絞り性に就て)

## Deep-Drawing Properties of Sheet Steel (II)

(Strain-Ageing and Deep-Drawing Properties of Al-Killed Steel)

Takehiko Fujii, et alii

住友金属工業株式会社 和歌山製造所

工 小島 健二・工博 下川 義雄

理○藤井 毅彦・ 小寺 辨

## I. 緒 言

最近の高級仕上鋼板には、良好な深絞り性と共に Stretcher-Strain 等の欠陥が生じないために非時効性が必要である。鋼板に歪時効現象が生じないようにするにはフェライト中に固溶する窒素等の元素を少なくするようにすればよいのであり、先に第1報<sup>1)</sup>において通常のリムド鋼に少量のVを添加して歪時効並に深絞り性の試験を行い、良好な非時効性深絞り用鋼板を得ることができた。然しながら普通高級深絞り用鋼板には Al-キルド鋼が使用されており、それについては多くの研究結果<sup>2)~6)</sup>がある。今回当所においては試作した深絞り用 Al-キルド鋼について各種の試験を行い、歪時効並に深絞り性を検討してリムド鋼、V添加鋼と比較し、さらにオースタイト化の温度と歪時効との関係をしらべたのでこの結果につき報告する次第である。

## II. 試験用帯鋼

通常の帯鋼用リムド鋼の造塊注入時に注入管より Al 1.8 kg/T を添加し、鋳込後直ちに頭部に水を注入して水押を行った。この鋼塊を分塊圧延機で鋼片に圧延し、表面状況の調査を行ったが、別にリムド鋼と大差なく、Al キルド鋼による表面状況の悪化は認められなかった。その後この鋼片を連続圧延機で 2.85×151.5 の帯鋼に圧延した。帯鋼の表面状況もリムド鋼とキルド鋼との間の差は認められなかった。次にこの帯鋼を4段式冷間圧延機で 1.5, 1.0, 0.5 mm の3種類の肉厚に冷間

圧延し、その帯鋼を 500 mm に切断し、酸洗後 750°C × 20 h, box-annealing を行い十分に焼鈍した。この帯鋼を使用して各種の試験を行ったわけである。この帯鋼の分析結果は Table 1 に示す通りである。

## III. 試験結果

## a) 深絞り性並びに歪時効試験

Box-annealing を行った帯鋼に 0%, 1%, 2% 前後のスキンプスをかけ、1枚の板から3試験片を採取し、次の如き時効処理を行った。

- (1) スキンプスのまま
- (2) スキンプス後 100°C × 3 h 加熱
- (3) スキンプス後 200°C × 3 mn 加熱

この試験片につき抗張試験、硬度測定、エリクセン試験を行った。試験は時効現象を考慮してスキンプス終了後できるだけ早く実施するように努めたが試験開始迄に2日を要した。抗張試験は 2t レバー式引張試験機を用い、JIS 5号試験片で行った。試験により応力-歪曲線をえがき、降伏点、抗張力、全伸びを求め、更に降伏点比を計算して深絞り性の目安とした。Fig. 1 (図省略、会場で掲示)に肉厚 1.5 mm の帯鋼につき 100°C × 3 h 時効処理を行った後の応力-歪曲線を示す。リムド鋼ではスキンプスをかけたものでもいずれも降伏点の伸びが認められるがキルド鋼では全然認められない。さらに試験の結果は Table 2 に示す通りである。深絞り性は(抗張力-降伏点応力)/降伏点応力であらわされるわけであるが、キルド鋼はいずれもリムド鋼よりも高く、深絞り性が良好であることを示している。さらにV添加鋼では Al キルド鋼よりも深絞り性が良好である。

## b) 歪時効速度におよぼす Al の影響

本実験においては、簡単に歪時効の進行を知るために box-annealing を行った帯鋼を 15% 冷間圧延し、100°C に夫々の時間時効処理を行い、その後硬度 (HR<sub>B</sub>) を測定して歪時効の進行の目安とした。100°C の時効処理は油の恒温槽中で行い、硬度はばらつきが多いので5測定値の平均値を出した。Fig. 2 (図省略、会場で掲示)に時効処理として 100°C に夫々の時間加熱した場合の結果を示す。リムド鋼では加熱3分ですでに硬度の最高値

Table 1. Chemical analysis of hoop.

|               | C%   | Si%  | Mn%  | P%    | S%    | Cu%  | Cr%  | V%    | Al%   | N%     |
|---------------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| Rimmed        | 0.08 | 0.01 | 0.31 | 0.010 | 0.027 | 0.17 | 0.04 | —     | —     | 0.0034 |
| Al-Killed     | 0.10 | 0.01 | 0.37 | 0.009 | 0.027 | 0.16 | 0.05 | —     | 0.087 | 0.0041 |
| V 0.05% added | 0.08 | 0.01 | 0.35 | 0.011 | 0.032 | 0.20 | 0.07 | 0.011 | —     | 0.0045 |
| V 0.08% added | 0.10 | 0.01 | 0.34 | 0.013 | 0.032 | 0.21 | 0.07 | 0.041 | —     | 0.0049 |

Table 2. Results of tensile, hardness and Erichsen tests. (1.5 mm)

| Ageing treatment                      | Added treatment | Yield strength kg/mm <sup>2</sup> | Tensile strength kg/mm <sup>2</sup> | Elongation %  | T.S./Y.S.     | T.S.-Y.S./T.S. | Hardness HR <sub>B</sub> |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|----------------|--------------------------|
| Skin pass                             | Rimmed          | 21.2                              | 33.2                                | 38.4          | 64.0          | 0.57           | 48.0                     |
|                                       | Al-killed       | 21.3                              | 33.0                                | 41.5          | 64.5          | 0.55           | 43.8                     |
|                                       | V 0.05% added   | 22.6                              | 34.9                                | 36.3          | 63.5          | 0.58           | 48.4                     |
|                                       | V 0.08% added   | 20.4                              | 35.0                                | 37.8          | 58.4          | 0.79           | 49.1                     |
| Skin pass<br>+<br>100°C × 3 h<br>heat | Rimmed          | 24.7                              | 33.6                                | 36.2          | 73.3          | 0.37           | 52.4                     |
|                                       | Al-killed       | 21.1                              | 33.7                                | 35.6          | 63.1          | 0.59           | 48.3                     |
|                                       | V 0.05% added   | 26.3                              | 36.0                                | 34.4          | 72.9          | 0.37           | 51.1                     |
|                                       | V 0.08% added   | 22.7                              | 35.6                                | 37.1          | 63.8          | 0.59           | 49.5                     |
| Skin pass<br>+<br>200°C × 3mn<br>heat | Rimmed          | 25.7                              | 33.3                                | 38.7          | 77.2          | 0.30           | 51.5                     |
|                                       | Al-killed       | 22.6                              | 33.3                                | 37.7          | 67.9          | 0.47           | 46.9                     |
|                                       | V 0.05% added   | 26.4                              | 34.2                                | 35.8          | 77.2          | 0.30           | 50.2                     |
|                                       | V 0.08% added   | 23.1                              | 34.1                                | 37.2          | 67.9          | 0.48           | 49.1                     |
|                                       |                 | Rimmed steel                      | Al-killed                           | V 0.05% added | V 0.08% added |                |                          |
| Erichsen value                        |                 | 11.34                             | 12.26                               | 11.23         | 11.42         |                |                          |

に達し、歪時効が終つたことを示しているが、キルド鋼では 10 分で始めて硬度の最高値に達している。前報告した V 添加鋼ではさらに遅く 60 分で始めて歪時効が完了している。従つて Al キルド鋼さらに V 添加鋼になると歪時効の進行がおそくなるわけであり、100°C 加熱では数分間の差であるが、常温に放置したときの歪時効の進行の差はさらに長期間におよぶものと考えられる。

#### c) 等温処理温度の時効速度におよぼす影響

軟鋼の歪時効はフェライト中に固溶する C, N によるといわれているが Leslie & Rickett<sup>4)</sup>によれば低温における α-Fe 中の溶解度は N が C の 100 倍であり、C よりも N の方が歪時効におよぼす影響が大である。Al キルド鋼の場合はオーステナイト化の温度では窒素の溶解度が極めて大になり<sup>5)</sup>、したがつてオーステナイト化処理を行つた場合には窒素含有量が多くなり歪時効を生ずる原因になる。これ等の点を明らかにするために試験用帯鋼 (リムド鋼, Al-キルド鋼) を 900°C, 1000°C, 1100°C, 1200°C に 2 h 加熱し、空中放冷した後歪時効速度を測定した。この際歪時効量は試験片に 4% 伸びの荷重を与え、その荷重をとり除いた後に時効処理 (100°C に夫々の時間加熱) を行い、さらに破断まで荷重を加えて

$$\text{歪時効量\%} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

A: 4% 伸の際の下降伏点応力。

B: 時効処理後の下降伏点応力。

であらわした。実験の結果は Fig. 3 (図省略, 会場で掲示) に示す通りである。リムド鋼では熱処理温度によ

り歪時効量の変化は認められず、また加熱時間 (100°C) 5 分で歪時効量の最高値に達している。それに対して Al-キルド鋼では熱処理温度により曲線に著しい変化が認められる。即ち 900°C, 1000°C で等温処理したものは歪時効量は小さく、また 20~30 分の加熱時間で始めて最高値に達している。それに対して温度 1100°C, 1200°C に 2 h 加熱したものは歪時効の量は大きく、最高値に達する時間も短くなつている。これらの試料の窒素含有量は 900°C 加熱のもの 0.056%, 1000°C; 0.066%, 1100°C; 0.0154%, 1200°C; 0.0327% で等温処理の温度が高くなるにつれて空気中から溶解する窒素量が多くなり、ために歪時効量が多くなり時効速度も速くなつたものと考えられる。

#### IV. 結 言

Al キルド鋼鋼板について歪時効並びに深絞り性の試験を行つた結果次のことが判明した。

1) 100°C × 3 h の時効処理を行つた後にリムド鋼では応力-歪曲線に降伏点の伸びが認められるがキルド鋼では認められない。

2) 深絞り性は Al キルド鋼はリムド鋼よりも良好であり、V 添加鋼との差は認められない。

3) 100°C 加熱の時効処理ではリムド鋼は 3 分で硬度の最高値に達するが、Al キルド鋼では 10 分を要する。さらに V 添加鋼は 60 分で始めて最高値に達し歪時効が終了する。

4) Al キルド鋼ではオーステナイト化の温度 900°C, 1000°C × 2 h の加熱では歪時効は小さく、また最高値に

達するのに 100°C の時効処理で 20~30 分を要する。然し 1100°C, 1200°C × 2h の加熱では歪時効量は大きく、また最高値に達する時間も速い。これは温度の上昇と共に溶解窒素量が多くなるためと考えられる。

文 献

- 1) 小島, 下川, 藤井: 鉄と鋼, 41 (1955) 245  
住友金属 7 (1955) 137
- 2) R. L. Rickett, S. H. Kalin & J. T. Mackenzie: A. I. M. E. Metals. Trans. 1949, March.
- 3) R. L. Solter & C. W. Beattie: Journal of Metals. 1951, September, 721
- 4) W. C. Leslie & R. L. Rickett: Journal of Metals. 1953, August, 1021
- 5) L. S. Darken, R. P. Smith & E. W. Filer: Journal of Metals. 1951, December, 1174
- 6) Beeghly: Analytical Chemistry, 21 (1949) 1513

(106) 冷延薄板の深絞り性に関する 2, 3 の実験結果に就いて (II)

(Some Test Results of the Deep-Drawability of the Cold Reduced Mild Steel Sheets)

Taisuke Akamatsu

富士製鉄 広畑製鉄所 研究所 赤 松 泰 輔

I. 緒 言

先に熱延中板の深絞り結果と、冷延薄板の時効に伴う深絞り性の変化について報告したが、今回は冷延薄板の焼鈍に伴う機械的性質並びに結晶粒度の変化に伴う深絞り性の変化について報告する。

II. 試験片及び試験方法

試験材としては当所のタンデム 4 重冷間圧延機によつて、酸洗せる 2.8mm の熱延コイルを 1.2mm に約 60% の冷間圧延をなした未焼鈍材を数種採取した。その化学成分としては次の範囲内にある:

| C     | Si            | Mn            | P      | S      | Cu    |
|-------|---------------|---------------|--------|--------|-------|
| <0.10 | 0.01<br>~0.04 | 0.30<br>~0.50 | <0.020 | <0.020 | <0.20 |

試験の焼鈍方法としては、簡単なる真空焼鈍炉を製作して使用し、焼鈍温度は主として 700°C とし、保持時

間を最低 10 分, 最高 20 時間とした。試験は 20 時間の焼鈍後も完全に金属光沢を呈し、酸化脱炭の恐れはない。

深絞り試験方法としては前回同様に円錐形ダイスをアムスラー試験機にとりつけ、深絞り速度をなるべく均一に毎分 50mm 程度に押えて実験を行つた。円形深絞り試験片は旋盤にて切り出し、深絞り用潤滑油としてはマシン油を使用した。深絞り性の基準としては同一試験片では深絞り時の最高荷重は深絞り限度内ではblank直径に略々比例して増加し、深絞り限度外ではblank直径に略々比例して減少するので、この 2 直線の交点をこの試験の深絞り限度とした。

なお同時に行つた機械試験としては抗張力試験, エリクセン試験, 硬度試験 (ロックウエル 30T), 並びに顕微鏡試験を行つたが、抗張力試験片は圧延方向, 直角方向, 並びに 45° 方向より採取し、その試験結果を平均し顕微鏡試験としてのフェライト結晶粒度の算定は単位面積内の結晶粒数をかぞえて、オーステナイト結晶粒度番号を利用して表示した。

III. 実験 結果

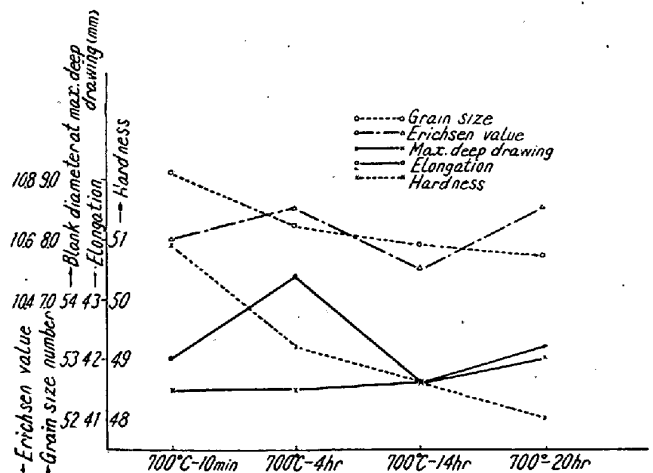


Fig. 1. Example of the relation of annealing time and mechanical properties.

Fig. 1 に示す如く同一試験片においては 700°C × 10 分の焼鈍によつて機械的性質は可成りの値に到達するものであつて、保持時間を長くすれば徐々に結晶粒の生長と共に機械的性質の変化が起るが、一応 14 時間程度で各種の性質も飽和に近ずき 20 時間の保持時間後でも大差はない。

以上の試験結果について深絞り限度と機械的性質の相関々係を見ると、硬度および降伏点は強い負の相関々係を示すが、エリクセン値との相関は殆んどない結果となつ