

Table 1. Sol. Al, total N and AlN contents, and austenite grain size number after isothermal AlN precipitation.

Samples	Conditions of heat treatment	Sol. Al (%)	N(total) (%)	N(AlN) (%)	Grain size No.
No. 1	1100°C×2h → 900°C×30mn W.Q. " 600°C "	0.003	0.0114	0.0013	3.8 2.8
No. 2	1100°C×2h → 900°C×30mn W.Q. " 600°C "	0.015	0.0117	0.0044 0.0072	7.6 7.7
No. 3	1100°C×2h → 900°C×30mn W.Q. " 600°C "	0.026	0.0100	0.0065 0.0094	6.9 6.9
No. 4	1100°C×2h → 900°C×30mn W.Q. " 800°C " " 700°C " " 600°C "	0.057	0.0119	0.0084 0.0096 0.0095 0.0095	7.4 7.4 7.4 7.5

するには、なお実験を要するであろう。

IV. 総 括

以上の結果を総括すると、

1) 素材のもつオーステナイト結晶粒の粗大化温度を利用し熱処理によりオーステナイト結晶粒を 3.5, 5.2, 6.5, 7.2 に調整し、焼入れ焼もどし後の機械的性質を比較したところ、衝撃特性に細粒の優位が認められた他は、引張特性、疲労特性とも差ありとするに足る結果はえられなかつた。

2) Sol. Al 量 0.003%, 0.015%, 0.026%, 0.057% の 4 種類をとり、AlN を一度溶解した後 900°C および 600°C で恒温析出せしめた鋼材の機械的性質を求めたところ、引張、衝撃特性とも大差ないが、鋼中 N を固定するに最適な Al 量において、また最も有効に AlN を析出せしめるごとき熱処理において衝撃特性が優れている。

疲労特性については、sol. Al 量の少なくなるにつれて 900°C 恒温処理のものすなわち粗大化温度の低いものが疲労強度に劣る結果がでた。

しかしこれらの原因を、すべて AlN に求めるには、なお実験を要するであろう。

文 献

- 1) 宮川, 小田: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 500~502.
- 2) 西川政一: 学振 19 委 6597.

669, 141, 241, 4-122, 2-415, 539

52:621, 771, 016, 3:621, 785, 3, 01

(118) 低炭素キャップド冷延鋼板の絞り性におよぼす冷延率と焼鈍条件の影響

(冷延板の成形性—II)

日本鋼管技術研究所 ○松 藤 和 雄

Effect of Cold Reduction and Annealing Conditions on Drawability of Cold-Rolled Sheets of Low-Carbon Capped Steel.

(Deformability of cold-reduced sheets—II)

Kazuo MATSUDO.

I. 結 言

冷延鋼板の絞り性は化学成分、熱延条件、冷延条件、焼鈍条件、調質圧延条件などの影響を受けると考えられる。前報¹⁾では現場の通常工程で製造した冷延鋼板について、主として冷延率の深絞り性におよぼす影響について報告したが、上述のいろいろの因子が入り組んでいたため、純粋に冷延率のみの影響をとりだすことは困難であつた。そのため今回は、同一熱延板より冷延率をいろいろ変えて、かつ最終板厚が一定となるように実験用圧延機で予備冷延を行ない、950°C・1h で焼準し、次に再び冷延して最終板厚が 0.6 および 1.0mm で 3~4 組冷延率が違う試料を準備し、焼鈍条件を 3 水準として、冷延率と焼鈍条件が絞り性におよぼす影響について調査したので報告する。

II. 試料の準備および実験方法

試料の分析結果を Table 1 に示す。

使用した熱延鋼板の板厚は 2.8mm で、これを酸洗後、最終板厚が 0.6 および 1.0mm で、冷延率の違う冷延鋼板を作製するために、実験用圧延機で 1.7, 1.5, 1.3, 1.0, 0.7mm に予備冷延し、続いてこれらを 2.8mm 厚の熱延鋼板とともに、950°C・1h で焼準した。その後再酸洗し、板厚 2.8, 1.5, 1.0, 0.7mm を 0.6mm に、2.8, 1.7, 1.3mm を 1.0mm に冷延した。冷延率は 0.6mm の場合でそれぞれ 79, 60, 40, 14%, 1.0mm の場合で 64, 41, 23% である。仕上圧延後、試験片を採取し、真空焼鈍炉を用いて 10⁻³ mmHg 真空中で 650°C・1h, 700°C・5h, 750°C・10h で焼鈍した(以下それぞれ焼鈍 I, II, III と記す)。以上のようにして準備した試験片について、下降伏点、降伏点伸び、引張り強さ、全伸び、加工硬化係数、異方性比、エリク

Table 1. Chemical composition of sample tested. (wt. %).

C	Si	Mn	P	S	Cu	N ₂
0.04	tr.	0.26	0.012	0.028	0.04	0.0011

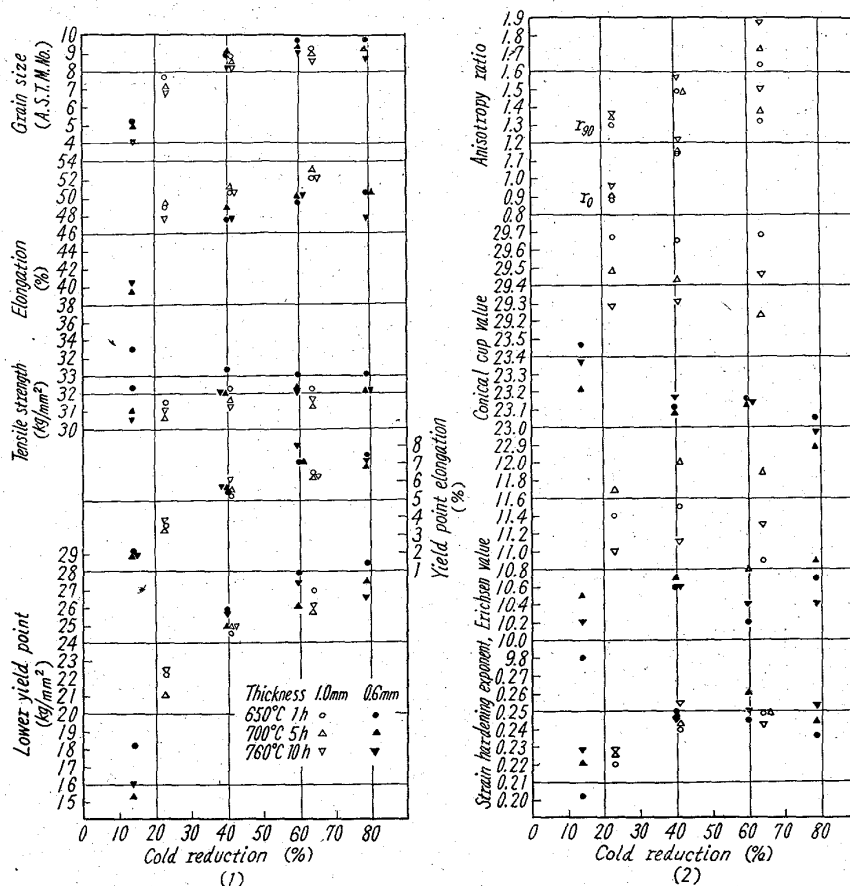


Fig. 1. Effect of cold-reduction and annealing conditions on mechanical properties of cold-rolled sheets of low-carbon capped steel.

セン値、コニカルカップ値、フェライト粒度、セメントタイトの模様を調査した。加工硬化係数は 10, 20% 伸びの 2 点の真応力を体積一定の仮定を用いて求め、次式により計算した。

$$n = \log(\sigma_{20}/\sigma_{10}) / \log(\epsilon_{20}/\epsilon_{10})$$

ただし n : 加工硬化係数 $\epsilon_{20}, \epsilon_{10}$: 20, 10% 伸びの対数歪 σ_{20}, σ_{10} : $\epsilon_{20}, \epsilon_{10}$ に対応する真応力 また異方性比は次式により計算した。

$$r = \log(w_0/w_{16}) / \log(t_0/t_{16})$$

ただし r : 異方性比 w_0, w_{16} : 引張り前および 16% 引張り後の試験片の巾 t_0, t_{16} : w_0, w_{16} に対応する板厚。

コニカルカップ試験は板厚により使用ブランク径が定められているが、焼鈍のままの試料では絞り込んで満足のいくカップができなかつたため、板厚 0.6mm の場合は 30mm 径、1.0mm の場合は 38mm 径のブランクを使用した。エリクセン試験には自動エリクセン機を使用した。フェライト粒度は J I S 切断法により求めた。

III. 実験結果および考察

実験結果を Fig. 1—(1), (2) に示す。下降伏点、降伏点伸び、引張り強さ、全伸び、加工硬化係数は圧延方向に対して 0°, 90° 方向の値の平均値をもつて示した。

1) 冷延率による影響

下降伏点: 冷延率が高いほど高くなる。結晶粒径との間には次に示す Petch の式を満足している。

$$\sigma_y = \sigma_i + k_y \cdot d^{-1/2}$$

ただし σ_y : 下降伏点. σ_i : 内部応力に逆つて自由転位を移動させるに必要な摩擦応力. k_y : 雰囲気転位を固着する程度を示す尺度. d : 結晶粒径。

下降伏点は冷延率よりむしろ結晶粒径と関係づけるのが本質的である。

降伏点伸び: 冷延率が高いほど長くなる。結晶粒径の間には直線関係が得られる。

引張り強さ: 冷延率が低い場合には低くなるが、40% 以上ではほとんど冷延率の影響が見られない。

全伸び: 冷延率が高いほど長くなる。

フェライト粒度: 冷延率が高いほど小さくなる。

加工硬化係数: 冷延率 60% 附近が最大で、その前後は低くなる。

エリクセン値: 板厚 0.6mm の場合は冷延率が高いほど高くなるが、1.0mm の場合は関係が認められず、冷延率との関係の有無はよくわからない。

コニカルカップ値: 板厚 0.6mm の場合は冷延率が高いほど低くなるが、1.0mm の場合は関係が認められず、冷延率との関係の有無はよく

わからない。

異方性比: 圧延方向に対して 0°, 90° 方向とも、冷延率が高いほど高くなる。

2) 焼鈍の影響

下降伏点: 焼鈍 I より焼鈍 II の方が低下するが、焼鈍 III になると逆に上昇する傾向が見られる。この理由は Sachs らのいうように、冷却過程における変態歪とフェライト中よりの炭素の析出によるものと考えられる。

降伏点伸び: 焼鈍による影響は少ない。

引張り強さ: 焼鈍 I より焼鈍 II の方が低下するが、焼鈍 II と III ではほとんど変化は認められない。一般に降伏比が低いと絞り性は良好であるといわれている。降伏比のみについて考えると、冷延率が低いほど低くなるが、この場合、全伸びも低下し、絞り性は不良となるので、降伏比のみでは絞り性は判定できない。同一冷延率のものについて比較する場合、降伏比の低いことは良好な絞り性を示す 1 つの条件となりえる。

全伸び: 焼鈍 I から II で長くなるが、焼鈍 III では逆に減少する。この原因は下降伏点の場合と同様と考えられる。

加工硬化係数: 冷延率 14% を除けば焼鈍による影響はほとんどない。

エリクセン値: 下降伏点の場合と同様に焼鈍 I から II で上昇し、II から III で低下する。これは巨大な粒界セメントタイトが生じているため、 A_1 変態点直下で焼鈍す

る場合が最適と考えられる。

コニカルカップ値: 板厚 1.0mm の場合は焼鈍 I, II, III と次第に低くなるが, 0.6mm の場合は焼鈍 I, II と低下し, III で逆に上昇する傾向を示している。

異方性比: 焼鈍 I, II, III と次第に上昇する。R. S. BURNS などは X 線回折により極点図を調査し, 結晶の集合組織と異方性比とを関係づけており, WHITELEY は絞りをポンチによる張り出し荷重 L_s と深さ D_s , ダイによる絞りの荷重 L_d と深さ D_d に分け, D_s は材料の延性を示し, 一樣伸びと, D_d は平均異方性比と関係のあることを解析している。平均異方性比は求めなかつたが, $0^\circ, 90^\circ$ 方向の値から順位は推測できる。絞り性の判定に関しては, われわれは, WHITELEY の考え方とはほぼ同様である。

IV. 結 言

化学成分, 熱延条件が同一の低炭素キャップド冷延鋼板を用いて, 冷延率, 焼鈍条件が絞り性 (張り出し性と深絞り性の複合と考える) におよぼす影響を調査した結果

- 1) 少なくとも冷延率 60% 附近までは冷延率が高くなるほど
- 2) 焼鈍は A_1 変態点直下で長時間焼鈍するほど絞り性は向上することがわかつた。

文 献

- 1) 天明玄之輔, 松藤和雄: 日本鉄鋼協会第 61 回講演大会講演

669, 141, 241, 4-122, 2-539, 52
= 621, 771, 016, 2

(119) 低炭素キャップド冷延鋼板の絞り性におよぼす熱延条件の影響
(冷延板の成形性—III) 62299

日本鋼管技術研究所 ○松 藤 和 雄

Effect of Hot-Rolling Conditions on Drawability of Cold-Rolled Sheets of Low-Carbon Capped Steel. 1426-1427
(Deformability of cold-reduced sheets—III)

KAZUO MATSUDO.

I. 緒 言

従来熱延条件の張りだし性に及ぼす影響についてはかなりの報告があるが, 深絞り性におよぼす影響についてはほとんど報告が見られない。それゆえ, 熱延条件が両性質におよぼす影響 (特に深絞り性に重点を置いて) に

ついて調査する目的で, 同一チャージのスラブより 6 水準の熱延を行ない, 冷延, 焼鈍条件を一定として, 張りだし性, 深絞り性を示す諸性質を調査したので報告する。

II. 試料の準備および実験方法

同一チャージのボトム・スラブ 6 本を用い, 板厚 3.2 mm に熱延した。熱延条件として, 仕上温度は A_r 点の上, 下とし, 捲取温度は A_{r1} 点以上は困難なので, それに近い温度より 50°C 間隔で低くした。熱延条件および分析結果を Table 1 に示す。

熱延板は酸洗後実験用圧延機で全て板厚 1.2 mm (冷延率 62.5%) に冷延し, 窒素雰囲気中で 700°C , 5 h の焼鈍を行なつた。加熱速度は $150^\circ\text{C}/\text{h}$, 冷却速度は炉中冷却 (200°C までに 16 h を要した) し, 200°C より空気中に取り出した。焼鈍後異方性比測定用試料のみ, 調質圧延によつては変化しないことを確めて, 約 1.5% の調質圧延を行ない, その他は焼鈍のままを試料とし, 下降伏点, 降伏点伸び, 引張り強さ, 全伸び, 加工硬化係数, 硬度, エリクセン値, コニカルカップ値, 異方性比, フェライト粒度, セメントタイトの模様を調査した。深絞り性は平均異方性比により判定することとし, 次式により計算した。

$$r_m = \frac{r_0 + 2r_{45} + r_{90}}{4}$$

ただし r_m : 平均異方性比 r_0, r_{45}, r_{90} : それぞれ圧延方向, それと $45^\circ, 90^\circ$ 方向の異方性比
加工硬化係数, 異方性比の求め方は II 報と同様である。コニカルカップ試験には 60 mm 径のブランクを, エリクセン試験には手動式エリクセン機を使用した。硬度は板厚中心でマイクロビッカース硬度計 (荷重 1 kg) により測定, フェライト粒度は比較法により求めた。

III. 実験結果および考察

実験結果を Fig. 1—(1), (2) に示す。

下降伏点: 仕上温度が高い程, また捲取温度が低い程高い。異方性が認められ, 一般的にいつて $0^\circ < 90^\circ < 45^\circ$ である。

降伏点伸び: 熱延条件による影響はあまり認められなないが, 各方向の平均値とフェライト粒度とは II 報と同様に相関が認められる。

引張り強さ: 強さ, 異方性ともに, 下降伏点の傾向とはほぼ同様である。

全伸び: 下降伏点, 引張り強さと逆相関を示しており, 仕上温度が高い程, また捲取温度が低い程低い。異方性が認められ, 一般的にいつて $45^\circ < 0^\circ < 90^\circ$ である。

Table 1. Hot-rolling conditions and chemical composition of sample tested.

Sample No.	Finishing temperature ($^\circ\text{C}$)	Coiling temperature ($^\circ\text{C}$)	Chemical composition of samples tested (%)					
			C	Mn	P	S	Cu	N ₂
1	875	655	0.05	0.25	0.011	0.024	0.06	0.0014
2	875	600	0.05	0.24	0.012	0.022	0.07	0.0014
3	870	550	0.03	0.26	0.010	0.017	0.06	0.0010
4	810	660	0.03	0.24	0.010	0.018	0.06	0.0010
5	805	600	0.05	0.25	0.011	0.019	0.06	0.0012
6	805	545	0.03	0.25	0.010	0.018	0.07	0.0013