

関係数は 0.765% であつた。

(2) 現場試験結果

Fig. 2 は, 0.8mm 板厚について 1 回工程 (圧下率 60%, 焼鈍温度 650°C, 焼鈍時間 10hr) による平均  $r$  値 ( $\bar{r}$  値), 伸び率, コニカルカップ値, 絞り比 ( $D/d$ ) の比較を行なつたものである。 $\bar{r}$  値については, 2 回工程のほうが 1 回工程よりも高い。伸び率, コニカルカップ値, 絞り比も同様な傾向にある。このバラツキは, 普通リムド鋼板のそれとほぼ等しい。なおエリクセン値は両者の差が認められなかつた。

$\Delta r$  は 2 回工程板が 0.6 であり, 1 回工程板が 0.2 程度であつた。これを  $\Delta r/\bar{r}$  であらわし, 円筒絞りにおける耳の高さと  $\Delta r/\bar{r}$  との関係を示したのが Fig. 3 である。 $\Delta r/\bar{r}$  が 0.4~0.5 の場合が 2 回工程のもので, 耳の高さ 4~6mm に対し, 0~0.1 附近は 1 回工程のもので, 耳の高さは 1~2mm であつた。2 回工程板は耳の発生が大きく, 1 回工程板に比べると, 約 2~3 倍である。 $\bar{r}$  の大きいものは,  $\Delta r$  も大きいことがよく経験されるが, 2 回工程板においても同様なことが認められた。

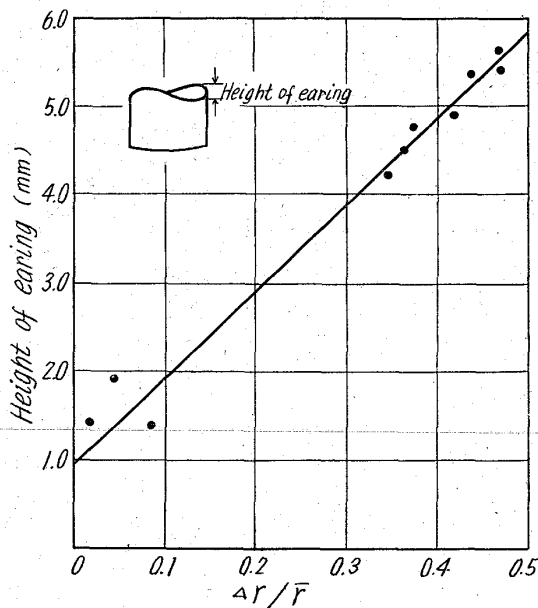


Fig. 3. Relation between  $\Delta r/\bar{r}$  and the height of earing.

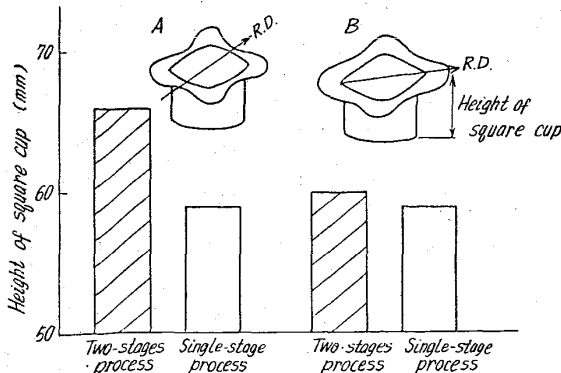


Fig. 4. Effect of blanking on the performance of square cup test.

Fig. 4 は角筒絞りにおいて, ブランクの採取方法により, 角筒絞り高さに差があることを示したものである。図中に鋼板の圧延方向とブランクの採取方法を図示した。ブランキング B の場合, 2 回工程板と 1 回工程板との間には差がないが, A の場合は 2 回工程板のほうが大きい。これは  $\Delta r$  の差, すなわち耳の発生程度によるものと思われる。

また SPC 2~3 クラスを指定材料とする部品に 2 回工程板を使用して実際プレス試験を行なつた結果, 良好な成績を修めた。この部品は, 純粋絞りと張出しとの複合成形であつた。

2 回工程板の時効性は 1 回工程板と同程度であり, 時効性に関しては効果がない。

IV. 結 言

低炭素リムド鋼を使用して, 冷間圧延-焼鈍サイクルを 2 回繰返すことにより, 従来 1 回冷間圧延-焼鈍サイクルのものより, ランクフォード値, コニカルカップ値, 伸び率, 絞り試験結果が優れた板が得られること, また角筒絞りの場合, コーナー部と圧延方向との関係が絞り性に影響するようであることを見出した。一方, 2 回冷延-焼鈍法による場合, 面異方性が大きく, 円筒絞りの場合, 一般リムド鋼板に比べて約 2 倍の耳が出ることを確認した。

文 献

1) R. L. WHITELEY, et alli: "Relationship among texture, hot mill practice and deep drawability of sheet steel.", Flat Rolled Products, II.

2) 岡本, 他: 住友金属, 14 (1962) 2

6217853.014:669.14-122.2-4/5  
:548.53:621.979.011

(198) 冷延鋼板の再結晶挙動におよぼす加熱速度の影響 No. 64360

(冷延鋼板の焼鈍加熱速度についての研究—I)

八幡製鉄所, 技術研究所 PP2094~2097

清水峯男・松倉亀雄・高橋延幸・品川保雄

The Effect of Heating Rates on the Recrystallization Behavior of the Cold Rolled Sheet Steel.

(The study of heating rates on the press-formability of the cold rolled sheet steels—I)

Mineo SHIMIZU, Kameo MATSUKURA,

Nobuyuki TAKAHASHI and Yasuo SHINAGAWA.

I. 結 言

プレス成形用の低炭素冷延鋼板は絞り性, 張り出し性の 2 つの基礎成形性が優れていることが必要である。

低炭素冷延鋼板は R 値の大きいほど, また圧延面に平行に (111) 優先方位をもつほど絞り性が優れている。張り出し性については  $n$  値との関係から結晶粒寸法がその要因の 1 つと考えられている。したがってプレス成形性は焼鈍条件に影響され, 特に絞り性は再結晶での核発生, 粒界移動過程の影響が大きいと考えられる。

Table 1. Chemical composition of specimens. (wt %)

Grade	Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Sol Al	Sol N
Commercial quality rimmed steel	A	0.047	0.013	0.37	0.019	0.020	0.056	0.003	0.0018
	B	0.047	0.009	0.31	0.010	0.018	0.065	0.027	0.0041
Drawing quality Al-killed steel	C	0.046	0.012	0.33	0.011	0.017	0.054	0.032	0.0045
	D	0.046	0.018	0.33	0.013	0.016	0.055	0.043	0.0046
	E	0.049	0.012	0.33	0.011	0.016	0.066	0.068	0.0046

本研究では再結晶現象観察の parameter として加熱速度をとり、結晶優先方位、結晶粒寸法におよぼす影響を研究した。

II. 実験材料および実験方法

供試素材は Table 1 に示す化学成分の 0.8mm 厚 (65%圧下) のリムド低炭素鋼、および Al キルド低炭素鋼である。

素材を 710°C-4hr 焼鈍する前の室温よりの加熱を 10~300°C/hr の範囲内の 8 水準の加熱速度で行ない、結晶粒度、伸展度、 $\bar{R}$  値の加熱速度による変化を求め、また inverse pole figure による各面強度と加熱速度との関係を求めた。

III. 結果および考果

1) 結晶粒形状と加熱速度との関係

リムド低炭素鋼および Al キルド低炭素鋼を加熱速度を変えて焼鈍したときの最終結晶粒度の変化は Fig. 1

のごとくであった。リムド低炭素鋼の結晶粒度は加熱速度によりほとんど変わらない。Al キルド低炭素鋼の場合結晶粒度の変化は著しく、結晶粒が最大になる加熱速度は sol Al 量により異なり Fig. 2 に示すように一般に

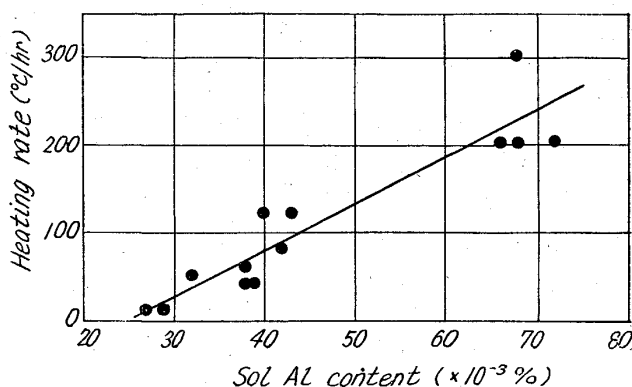


Fig. 2. Relation between optimum heating rate for recrystallization and soluble Al content

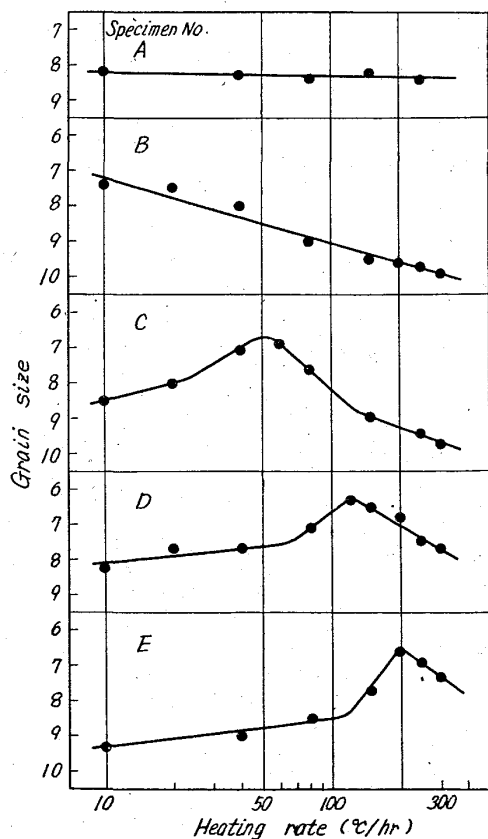


Fig. 1. Effect of heating rate on grain size of low carbon steel sheets.

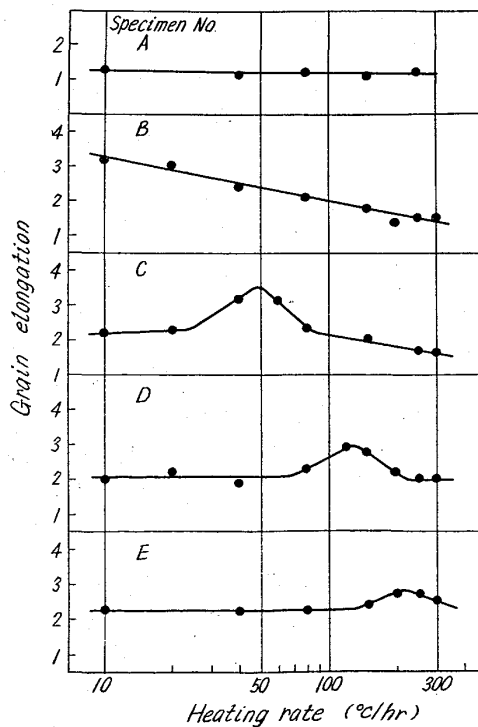


Fig. 3. Effect of heating rate on grain elongation of low carbon steel sheets.

Sol Al 量が増加するにつれ早くなる。伸展度の加熱速度による変化は Fig. 3 のごとくであつた。Al キルド低炭素鋼の伸展度は結晶粒度と同様に加熱速度により変化し、伸展度の最大になる加熱速度は、同一試料での結晶粒が最大になる加熱速度と一致した。

光学顕微鏡による再結晶挙動の観察では、結晶粒が最大になる加熱速度で再結晶焼鈍した場合の再結晶挙動は小数の再結晶粒が冷延マトリックスを蚕食し、伸展化しながら再結晶が進行し、再結晶開始より完了までの温度範囲は広く、再結晶が完了したときの結晶粒はすでに大きくかつ伸展化しているという特徴をもつ。一方結晶粒の粗大化が顕著でない加熱速度で再結晶焼鈍した場合、再結晶はほとんど瞬間的に完了し、結晶粒は微細でほとんど伸展化しない。このように加熱速度により再結晶挙動が異なるのは再結晶温度附近での AlN の析出状態がその原因であると推定される。AlN は結晶成長を阻止し、結晶粒を伸展化させるにはその寸法分布状態が適当でなければならないとされている。SPC-3 級の Al キルド低炭素鋼では AlN は大部分再結晶焼鈍中に析出成長し、析出速度は Sol Al 量により異なる<sup>2)</sup>から再結晶温度附近での AlN の析出状態は Sol Al 量、加熱速度により異なると考えられる。したがつてある加熱速度で結晶粒、伸展度が最大になり、その場合の再結晶挙動が特異なのは AlN が粒界移動の妨害物として好適な寸法分布状態をとり、撰択的な粒界移動による結晶成長を起させるためだと推定される。

Fig. 1, 3 からわかるように結晶粒度、伸展度の加熱速度による変化は最適加熱速度のほぼ 1/2~2 倍の加熱速度範囲で著しい。このことは粒界移動の妨害物として最も効果的な AlN の析出状態には臨界範囲があることを暗示する。

## 2) 結晶優先方位と加熱速度との関係

リムド低炭素鋼および Al キルド低炭素鋼の  $\bar{R}$  値の加熱速度による変化は Fig. 4 のごとくであつた。リムド低炭素鋼は加熱速度が早くなるほど  $\bar{R}$  値は一義的に小さくなる。一方 Al キルド低炭素鋼も Sol Al 量に関係なく加熱速度が早くなるにつれて  $\bar{R}$  値が小さくなる傾向があるが、Sol Al 量に応じた加熱速度で極大値を示す。

リムド低炭素鋼、Al キルド低炭素鋼の両者にみられる加熱速度が早いほど  $\bar{R}$  値が小さくなる関係は次の式で近似される。

$$\bar{R} = K_1 - K_2 \log(\text{Heating Rate})$$

$K_1, K_2$ : 定数

したがつて  $\bar{R}$  値と加熱速度の対数値との間には直線関係がある。この直線の勾配はリムド低炭素鋼より Al キルド低炭素鋼の方が大きく、また Al キルド低炭素鋼でも Sol Al 量により異なり、Fig. 5 に示したように Sol Al 量の増加するにつれ勾配は小さくなる傾向がある。

Inverse pole figure 法による面強度の測定では加熱速度のおそいほど圧延面の (111) intensity が増加した。これは加熱速度がおそいほど (111) 面をもつた結晶粒が優先成長すること、換言すれば低炭素鋼の再結晶傾向は結晶方位により異なり、(111) 方位の再結晶粒は他の方位のものより容易に再結晶することを暗示するもの

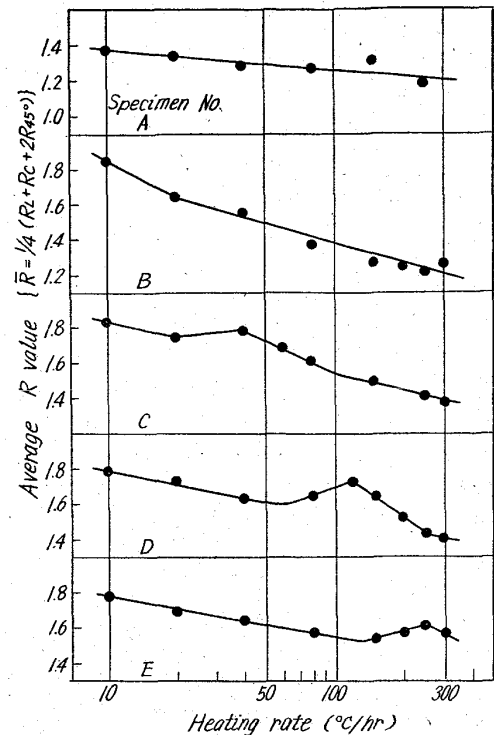


Fig. 4. Effect of heating rate on average R value of low carbon steel sheets.

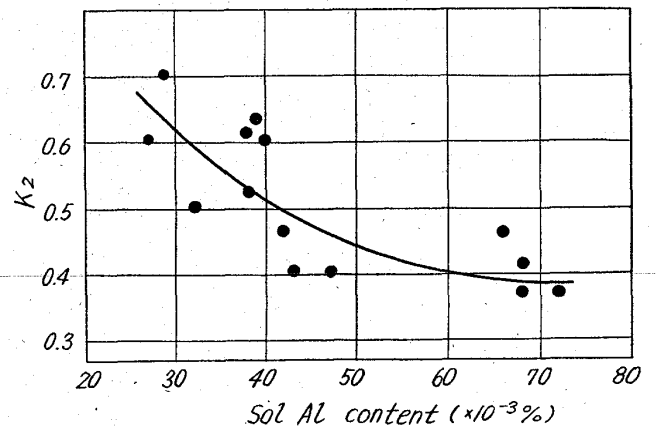


Fig. 5. Relation between  $K_2$  and soluble Al content.

である。

上記直線式の勾配  $K_2$  がリムド低炭素鋼より Al キルド低炭素鋼の方が大きく、また Sol Al 量により異なることは溶質原子としての Al の効果と推定される。

Al キルド低炭素鋼では  $\bar{R}$  値と加熱速度の対数値との関係を示す直線上に Sol Al 量に応じた特定の加熱速度のときに  $\bar{R}$  値にピーク(極大値)を生じる。ピーク頂点の加熱速度は結晶粒、伸展度が最大になる加熱速度と一致し、ピークの発生範囲もピーク頂点の加熱速度の 1/2~2 倍の範囲で結晶粒度、伸展度への影響が著しい加熱速度範囲と一致する。したがつてこのピークは、AlN の粒界移動の妨害効果により特定方位再結晶粒の選択成長が起り、優先方位が発達したものと推定される。

また Fig. 2, 4 から結晶粒形状(伸展度)は絞り性に

は直接関係がないことが暗示される。

IV. 結 言

リムド低炭素鋼および Al キルド低炭素鋼結晶粒形状結晶優先方位におよぼす焼鈍加熱速度の影響を検討した結果をまとめると、

1) リムド低炭素鋼の結晶粒は加熱速度にほとんど影響されない。

2) リムド低炭素鋼の  $\bar{R}$  値は加熱速度のおそいほど大きくなり、 $\bar{R}$  値と加熱速度の対数値との間には負の勾配をもつた直線関係がある。

3) Al キルド低炭素鋼の結晶粒、伸展度はある加熱速度で最大になる。この加熱速度は Sol Al 量が多いほど早い。

4) Al キルド低炭素鋼の  $\bar{R}$  値も加熱速度の対数値との間に負の勾配をもつた直線関係があり、加熱速度がおそいほど  $\bar{R}$  値は大きく、また (111) intensity は加熱速度のおそいほど強い。さらに結晶粒が最大になる加熱速度で  $\bar{R}$  値は極大値を示す。

文 献

- 1) 青木, 関野, 藤島: 日本金属学会会報, 26, (1962), p. 678
- 2) W. C. LESLIE, et al: Trans. Amer. Soc. Metals, 46 (1954), p. 1470

(199) 冷延鋼板の機械的性質におよぼす加熱速度の影響

(冷延鋼板の焼鈍加熱速度についての研究— II)

八幡製鉄所, 技術研究所

清水峯男・松倉亀雄・高橋延幸・品川保雄

The Effect of Heating Rates on the Mechanical Properties of the Cold-Rolled Sheet Steel.

(The study of heating rates on the press-formability of the cold-rolled sheet steels— I)

Mineo SHIMIZU, Kameo MATSUKURA,

Nobuyuki TAKAHASHI and Yasuo SHINAGAWA.

I. 緒 言

Al キルド低炭素鋼板の結晶粒形状、結晶優先方位は焼鈍加熱速度により著しく影響される。

本報は各種機械的性質と加熱速度との関係を調べ、結

晶粒度、 $\bar{R}$  値と加熱速度の関係とこれら機械的性質と加熱速度の関係との関連を求め、総合的にプレス成形性におよぼす加熱速度の影響を考察するのを目的とした。

II. 実験材料および実験方法

供試素材は前報で用いた材料で Table 1 に示す化学成分の 0.8mm 厚(65%圧下)のリムド低炭素鋼、および Al キルド低炭素鋼である。

素材を 710°C-4hr 焼鈍する前の室温よりの加熱を 10~300°C/hr の範囲内の 8 水準の加熱速度で行ない、各種機械的性質の加熱速度による変化を求めた。

III. 実験結果および考察

1) 機械的性質と加熱速度との関係

(イ) 下降伏点, 引張強さ, 降伏比, エリクセン値  
リムド低炭素鋼および Sol Al 量の異なる Al キルド

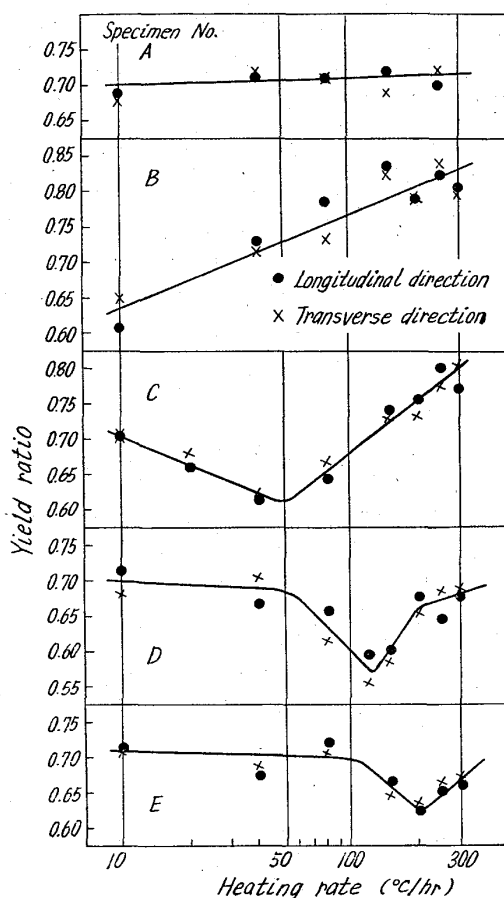


Fig. 1. Effect of heating rate on lower yield stress of low carbon steel sheets.

Table 1. Chemical composition of specimen. (wt%)

Grade	Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Sol Al	Sol N
Commercial quality rimmed steel	A	0.047	0.013	0.37	0.019	0.020	0.056	0.003	0.0018
Drawing quality Al-killed steel	B	0.047	0.009	0.31	0.010	0.018	0.065	0.027	0.0041
	C	0.046	0.012	0.33	0.011	0.017	0.054	0.032	0.0045
	D	0.046	0.018	0.33	0.013	0.016	0.055	0.043	0.0046
	E	0.049	0.012	0.33	0.011	0.016	0.066	0.068	0.0046