

第 6 会 場 (加 工)

(99) 冷延鋼板の非金属介在物が絞り成形性におよぼす影響について

大同鋼板

○山東 民雄・宮脇 勇夫

大阪大学工学部

岩本 信也・工博 足立 彰

The Effect of Nonmetallic Inclusions on the Drawability of Various Cold Rolled Steels Sheel.

Tamio SANTŌ, Isao MIYAWAKI,

Nobuya IWAMOTO and Dr. Akira ADACHI.

I. 緒 言

本報告は冷延鋼板の絞り成形性と、非金属介在物の性状との間の関連性を追求したものである。

絞り成形性については、1) ランクホード試験、2) コニカルカップ試験、引張試験、穴広げ試験を行ない、非金属介在物については、その種類、形状、量などを調査した。この両者の相関性を考察したので、ここにその一部を報告する。

II. 供試材料および実験方法

実験に使用した材料は、国内数社のものより採取し、鋼種はいずれも SPC-1 である。供試材料の記号、ゲージ、サイズ、結晶粒度、化学成分は Table 1 の通りである。

試験材中で No.5, No.6, No.7, No.8 は同一メーカー品からの試片で、他は市販品である。鋼塊の上部から製造された鋼板と、底部から製造された鋼板を比較するため、トップ材、ボトム材を採取したが、トップ材には T, ボトム材には B の記号を付してある。ただし No.1, No.2, No.3, No.4 材については T, B の区別は不明である。

Table 1 の材料を試験した結果、鋼板の清浄度と機械的性質の間には相関が認められたので、T材、B材の区別なしに、ホットコイル1本(鋼塊の半分)ごとに1試料の割合で、総計試料を採取して、清浄度と絞り成形性と

の間の相関性についてのみさらに詳しく調査した。主たる試験項目は下記の通りで、これら測定結果について考察を行なった。

- (1) 鋼板の清浄度の測定
- (2) 電解抽出残渣の組成分析, X線回折, 顕微鏡による観察
- (3) 金属顕微鏡による観察
- (4) 鋼板の絞り成形性試験 (ランクホード試験, コニカルカップ試験, 引張試験, 穴広げ試験)

これは次のようにして行なった。

(イ) ランクホード試験

No.1~No.8 材については、鋼板の圧延方向、およびそれと直角方向に、巾の両サイドおよび中央部で各5枚ずつ計30枚ずつ試片を採取し、JIS 5号引張試験片に加工して、最大荷重点まで引張った場合の R 値を計算した。

$$\text{ただし } R = (\log W_0 / W_1) / (\log t_0 / t_1)$$

t_0 = 引張前の板厚 (mm)

t_1 = 引張後の板厚 (mm)

W_0 = 引張前の試片巾 (mm)

W_1 = 引張後の試片巾 (mm)

(ロ) コニカルカップ試験

No.1~No.8 材については、鋼板の巾方向3カ所、各カ所につき5点計15枚試片を採取して下記の直径に打抜いたブランクについて、破断したときの最大直径と最小直径の平均値で表示した。

板厚 ブランク直径

1.6mm = 80mm ϕ

1.2mm = 60mm ϕ

1.0mm = 50mm ϕ

0.8mm = 35mm ϕ

(ハ) 引張試験

鋼板の圧延方向、およびそれと直角方向に巾の両サイド、中央部で各3枚ずつ計9枚試片を採取して、JIS 5号引張試験片に加工して、JIS法にしたがい、降伏応力降伏伸び、引張り強さ、伸率について測定をした。

Table 1. Chemical analysis and grain size of various specimens.

Specimen No.	Size (mm)	Grain size	Chemical composition (%)				
			C	Si	Mn	P	S
1	1.6×914	8.4	0.043	<0.005	0.327	0.025	0.024
2	〃	8.7	0.039	〃	0.245	0.013	0.028
3	〃	8.2	0.049	〃	0.325	0.013	0.033
4	〃	9.0	0.061	〃	0.294	0.013	0.027
5 T	〃	8.6	0.021	〃	0.285	0.016	0.016
5 B	〃	8.3	0.028	〃	0.240	0.009	0.017
6 T	1.2×914	8.9	0.070	〃	0.373	0.015	0.026
6 B	〃	7.5	0.060	〃	0.347	0.012	0.019
7 T	1.0×914	8.6	0.044	〃	0.370	0.021	0.030
7 B	〃	8.1	0.041	〃	0.351	0.015	0.019
8 T	0.8×914	9.4	0.065	〃	0.367	0.022	0.023
8 B	〃	9.1	0.035	〃	0.312	0.014	0.014

ランクホード試験, および引張試験を通じて, バラツキは巾方向は大きく, 圧延方向は小さかった. 以後圧延方向についてのみ述べる.

III. 実験結果および考察

(1) 鋼板の清浄度の測定

冷延鋼板の圧延方向 2~3 m 以内では, 非金属介在物の分布状態や, その性状に大きな変動はないと考えられたので, 後述する絞り成形性試験の試験片採取位置に対応するように, 板巾方向に 3 点 (エッジから 130mm と中央部) につき, 各 1 カ所ずつ測定を行った. 測定方法は学振法第 3 法の清浄度測定法にもとづき, 鋼板断面を圧延方向に検鏡した.

測定の結果, 試験材の厚みおよび種類による差異は認められなかったが, 同一ゲージの T 材と B 材では, T 材の方が B 材よりも介在物量が多いということが認められた. 同一鋼板の巾方向の差異については, 特定の傾向はなかった.

(2) 非金属介在物の電解抽出およびその分析

電解抽出用試片は, 板巾中央部より採取した 25mm x 150mm の試片 5~6 枚を一定間隔をあけて重ね合わせ Klinger-Koch 型電解槽で 5% クエン酸ソーダ, 1.2% ブロムカリ水溶液で, 450mA の電流で 48hr 行なった. 鋼板の清浄度と (電解抽出残渣量)/(試片溶解量) x 100 (%) とを比較すると, 両者は比例関係にあつた.

電解抽出残渣の組成について化学分析を行なった. その結果は Table 2 に示されている. また抽出残渣について, デバイー・シエラー法により X 線回折を行なった. その結果セメントライトが認められた. 他の成分については解析中であるが電解抽出残渣は, 全試片を通じて特異なものではなく, 傾向も類似しており, T 材, B 材についての差異も, はつきりとはわからなかった. Table 1 に地鉄の結晶粒度が記してあるが, T 材のほうが B 材よりも結晶粒は小さく, この点も絞り性に与えた影響が大きかったと考えられる.

(3) 絞り成形性

No. 1~No. 5 材のランクホード (R) 値—清浄度, およびコニカルカップ値—清浄度の関係が Fig. 1 の同一グラフにプロットされている. Fig. 1 をみると化学成

Table 2. Estimated compositions of non-metallic inclusions from the chemical analysis.

Sample No.	Composition (%)			
	(Mn.Fe) S	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Carbide (Mn.Fe) C
1	4.62	17.08	10.01	68.29
2	4.91	8.33	15.02	71.74
3	6.06	12.34	10.35	71.25
4	6.64	14.96	2.27	76.83
5 T	6.93	14.77	17.92	60.38
5 B	8.23	13.85		
6 T	3.61	15.30	23.66	57.43
6 B	2.74	12.50	0	84.76
7 T	3.61	13.22	3.34	79.83
7 B	5.34	19.04	13.05	62.57
8 T	3.32	14.17	4.28	78.23
8 B	5.78	16.23	17.97	60.02

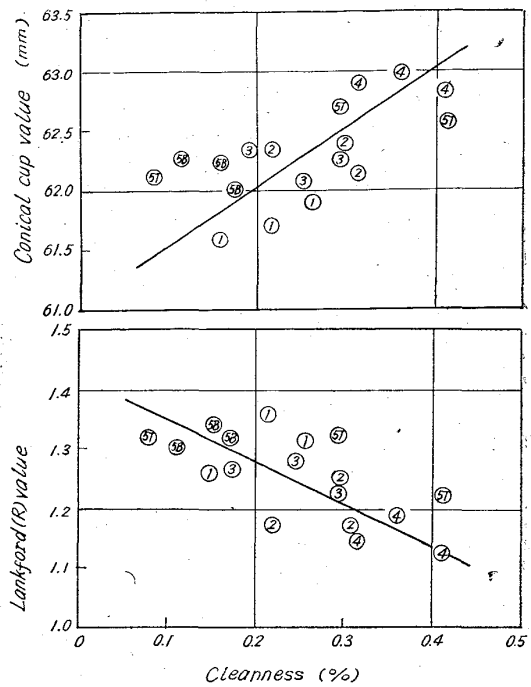


Fig. 1. The effect of the cleanness of steels from market on the mechanical properties, like conical cup value and Lankford (R) value.

分, 介在物の性状, また製造条件などが, かなり異なる. 市販されたままの状態の鋼板全体を通じて, 絞り成形性と清浄度との間に, かなりの相関性があることがわかったので, さらにこの点を詳しく確認するために, 前述のごとく No. 5 と同一種類の材料であるところの 1.6mm x 914mm 材で試験片を 30 枚採取して, ランクホード試験と, コニカルカップ試験を行なった.

この場合板巾中央部から清浄度測定用試片 2 枚, ランクホード試片を圧延方向, 直角方向に各 2 枚, コニカルカップ試片を 2 枚ずつ採取し, おのおのその平均値をだした. この結果を清浄度と対応してプロットしたのが, Fig. 2, および Fig. 3 である. ランクホード (R) 値は, 圧延方向ではバラツキが小さいが, 直角方向ではバラツキが大きい.

Fig. 3 でコニカルカップ値が, 上下の二群に分かれているのは, ホットコイル製造条件の差が現われているのである. これらの試験材は, 同一メーカーのものであるので, 材質および製造工程も, 大体同一とみなせるが, 必ずしも全体を通じて一定していない鋼板から得られた結果において, このようにランクホード (R) 値およびコニカルカップ値と, 清浄度との間に直線的な相関関係が存在することは, 非金属介在物の量が鋼板の絞り成形性に非常に影響をおよぼすということが考えられる. Fig. 2 および Fig. 3 の場合の相関係数, および回帰直線方程式は下記のとおりである.

ランクホード R 値—清浄度 (%)
 相関係数 $r = 0.75$
 回帰直線式 $y = -0.667x + 1.358$
 ただし $y = R$ 値, $x =$ 清浄度 (%)
 コニカルカップ値—清浄度 (%)

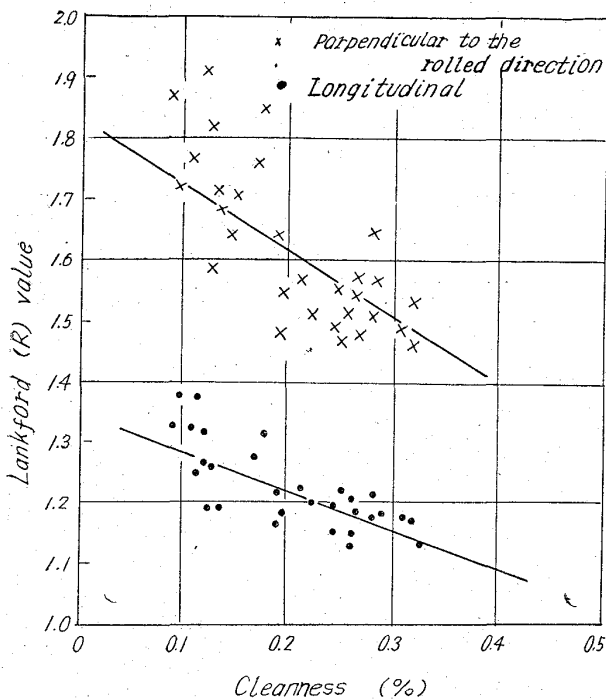


Fig. 2. Relation between the cleanliness and Lankford (R) value of steels produced under the same manufacturing condition.

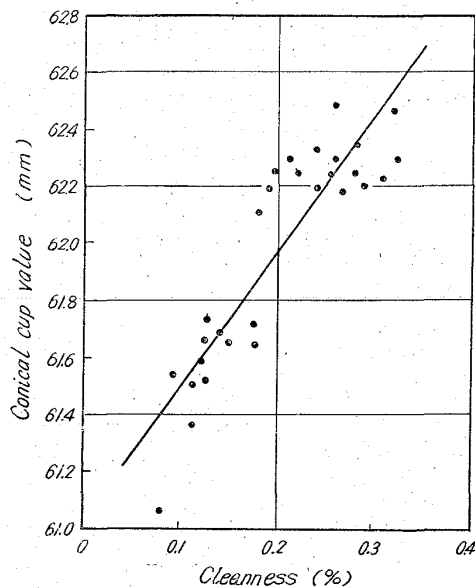


Fig. 3. Comparison between cleanliness of steels and conical cup value.

相関係数 $r=0.89$

回帰直線式 $y=4.703x+61.032$

ただし y = コニカルカップ値,

x = 清浄度 (%)

この結果、冷延鋼板の清浄度はコニカルカップ値と、強い相関性を有しており、次いでランクホード (R) 値がかなり強い相関性を有しているが、引張試験値とは相関性がほとんどなかった。コニカルカップ値が、ランクホード (R) 値よりも、清浄度に強い相関性を有している原因は、コニカルカップ試験が、破断時の値を測定して

おり、ランクホード (R) 値は最大荷重点であるので、非金属介在物の加工変形時におよぼす影響が、コニカルカップ試験時に大きく現われたのではないかと考えられる。

本調査の結果では、非金属介在物の量が、絞り成形性に大きく影響をおよぼすことがわかったが、他に非金属介在物の種類、形状も大きく影響をおよぼすと思われるので、さらに詳細な研究が必要であろう。

IV. 結 言

以上の結果を総合して、下記のように結言する。

(1) 冷延鋼板中の非金属介在物は、鋼板の絞り成形性に大きな影響をおよぼし、鋼板の清浄度とコニカルカップ値は、強い相関性を有している。

これに次いで、ランクホード (R) 値が、かなり強い相関性を有している。

(2) トップ材とボトム材を比較すると、清浄度および絞り成形性ともボトム材のほうが良かった。

(3) 引張り試験の諸試験値と、清浄度との相関性はほとんどなかった。

(4) X線回析結果にしたがえば、国内市販の冷延鋼板の非金属介在物の組成は、類似していると考えられるが、介在物の同定に関しては、なお検討の余地がある。

文 献

- 1) LANKFORD, et alii: Trans. Amer. Soc. Metals, 42 (1951), p. 1197
- 2) コニカルカップ研究会: コニカルカップ研究会総合報告書 (1961)

(100) 冷延鋼板の深絞り性におよぼす結晶粒の形状効果および集合組織の影響

(冷延鋼板の深絞り性についての研究—I)

川崎製鉄, 千葉製鉄所千葉研究部

神崎文暁・中里嘉夫・伊藤 庸

Influence of the Crystallographic Orientation and Grain Shape upon the Deep-Drawability of the Cold-Rolled Steel Sheets.

(Studies on the deep-drawability of the cold-rolled steel sheets—I)

Fumiaki KANZAKI, Yoshio NAKAZATO and Yō Ito.

I. 結 言

冷延薄鋼板の深絞り性については LANKFORD¹⁾の研究をはじめとして理論解析の分野からも n 値²⁾, R 値³⁾ の二つの要因が関与することがすでに明らかになっている。しかしわれわれの調査結果によればプレス用として製造されている現今の薄鋼板については、 n 値は本質的にそれほど大差がないため、深絞り性は R 値の大小によって左右されるところが大きいようである。本報はこの R 値について集合組織、結晶粒の形状効果の二面から解析を行ない、さらにこれの plane anisotropy についても