

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

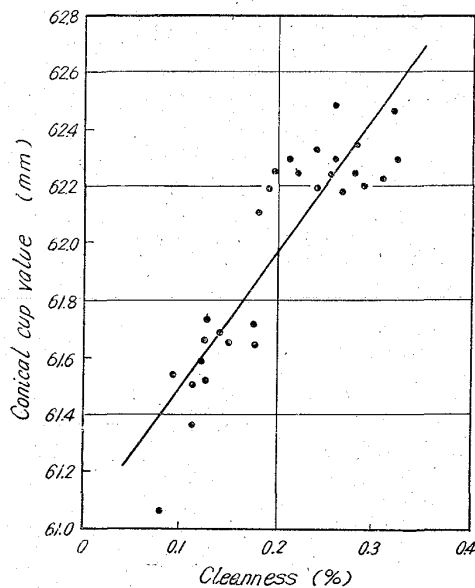


Fig. 3. Comparison between cleanness of steels and conical cup value.

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

Table 1. Grain shape, R-value and drawing properties of various cold rolled steel sheets.

Grade		Grain shape	Strain ratio R				C.C.V.	L.D.R (by C.C.T)
			R _L	R _C	R _{45°}	\bar{R} *		
Commercial quality rimmed steel	A	Equi-axed	1.13	1.35	0.88	1.06	38.03	2.19
	B	Equi-axed	1.22	1.40	0.91	1.11	37.81	2.21
Drawing quality Al-killed steel	A	Elongated	1.68	2.03	1.43	1.64	36.34	2.40
	B	Elongated	1.64	1.87	1.30	1.53	37.03	2.34
Al-killed steel		Non-Elongated	1.09	1.25	1.07	1.12	38.03	2.16
Rimmed steel, de-C and de-N by open coil annealing process	A	Equi-axed	1.32	1.69	1.11	1.31	37.11	2.30
	B	Equi-axed	1.39	1.87	1.21	1.42	36.94	2.32
Cu-added rimmed steel, de-C and de-N by O.C.A. process		Elongated	1.26	1.60	1.21	1.32	37.14	2.30
Drawing quality special treated rimmed steel, de-C de-N by O.C.A. process	A	Equi-axed	1.68	2.15	1.57	1.74	35.51 drawn through	2.46
	B	Equi-axed	1.66	2.20	1.62	1.78		2.51

$$\left(* \bar{R} = \frac{R_L + R_C + 2R_{45^\circ}}{4} \right)$$

若干の検討を行なったものである。

II. 結晶粒形状と塑性異方性

R 値のごとき normal anisotropy あるいは earing の発生のごとき plane anisotropy の原因としてまず結晶の形状効果を考え、その影響を簡単に検討してみた。sample として等軸晶および展延晶の Al キルド鋼板、Cu を添加し展延晶としたリムド鋼板、鋼種、製造方法の異なる数種の等軸晶リムド鋼板を選び、これらについて結晶粒形状の観察、R 値、コンカルカップ値、限界絞り比の測定を行なった。Table 1 にその結果を示す。

この data によれば展延晶の Al キルド鋼板は等軸晶の一般用リムド鋼板に比し R 値、深絞り性が優れていること、同じ Al キルド鋼でも展延晶でないものはリムド鋼と同等程度の特性しかえられないことなどの肯定事実もあるが、一般用リムド鋼板を脱炭せしめると、結晶粒形状は等軸晶で変化しないにもかかわらず R 値、深絞り性が向上すること、これに Cu を添加すると展延晶となるが、この結晶粒の形状変化に対応した R 値の向上といったような現象は見られないこと、等軸晶のリムド鋼でも展延晶の Al キルド鋼より優れた R 値、深絞り性を有しているものの製造が可能であることなどの否定事実も示されている。結局これらを総括していえることは、結晶粒の形状は R 値には根本的な影響はおよぼしておらず、塑性異方性の真の原因は結晶粒形状効果以外の因子に求められねばならないことが明らかである。

III. 集合組織と塑性異方性

最近になつて BURNS, HEYER⁴⁾などは、冷延鋼板の R 値と結晶の集合組織との関係を理論的にまた実験的に明確ならしめた。そして冷延鋼板において、鉄の体心立方格子の (111) 面が圧延面に平行となつた焼鈍集合組織がえられた場合、もつとも深絞り加工に有利な塑性異方性が

うみだされることを結論している。

われわれは集合組織と R 値の関係を検討するために、R 値と集合組織ができるだけ異なつた Sample を選び (110), (200), (211), (222), (321), (332), (310), (420) の各面の inverse pole figure value および (111) ± 20° の積分 inverse pole figure value を X 線解析により求め、さらに 0°, 45°, 90° 方向について R 直を測定し、これから \bar{R} を計算した。

Fig. 1 は (111) inverse pole figure value と \bar{R} の

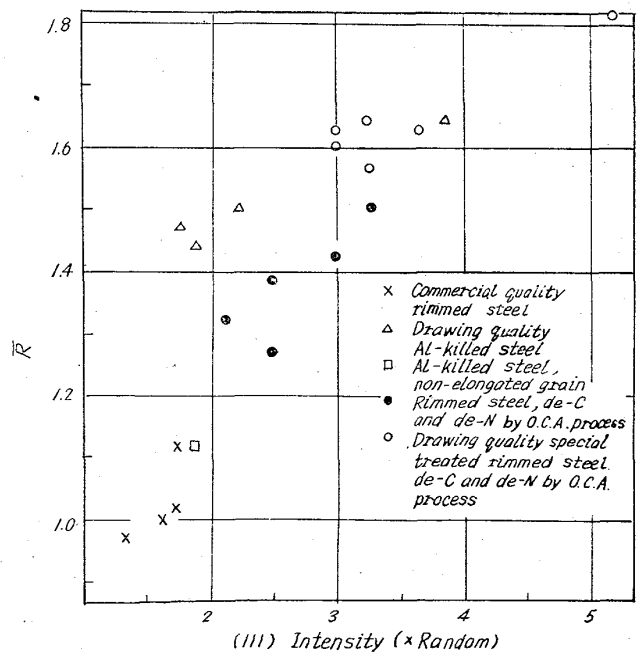


Fig. 1. (111) inverse pole figure value versus \bar{R} -value.

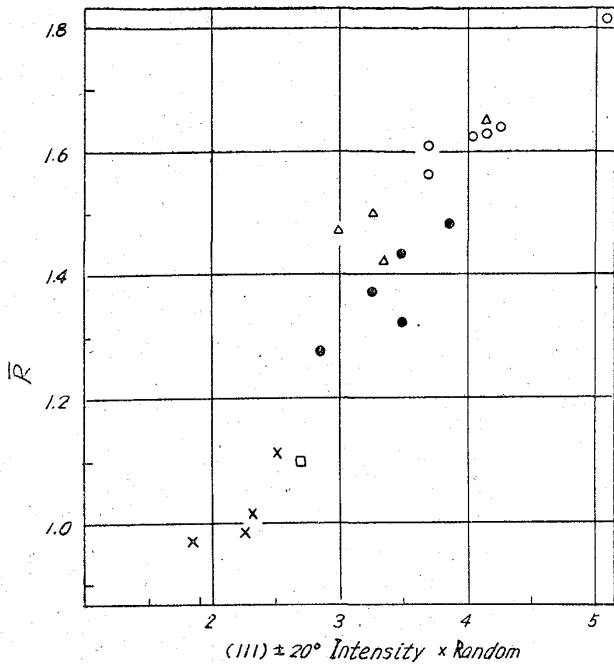


Fig. 2. (111)±20° integrated pole figure value versus \bar{R} -value.

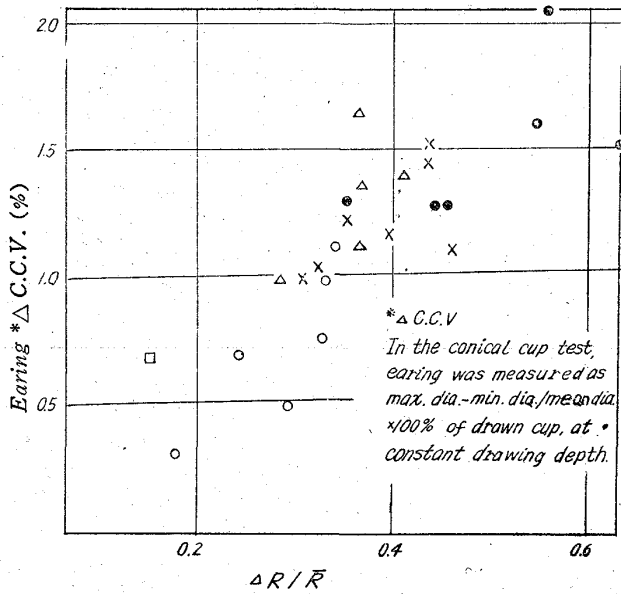


Fig. 3. Plane anisotropy of \bar{R} -value versus earring.

関係であるが明確な正相関が認められ、回帰直線の寄与率は 70.0% であつた。inverse pole figure value は (111) 近傍の集積全体を必ずしも精度よく代表しない場合があるので、極点図法による解析の結果から、大体集積全体が包含される (111)±20° の積分値について \bar{R} との相関をとつてみたのが Fig. 2 であるが、この場合は相関はさらに強度のものとなり寄与率も 89.5% と向上している。さらに求めた全 inverse pole figure value と R 値の重回帰分析を行なつたところ (211), (332), (222), (321), (110) の各面については正の係数が (200), (310) の両面については負の係数がえられ、回帰式の寄

与率は 93.0% と最大となつた。また回帰式の残渣などについて結晶粒形状の効果を check したが有意な影響は見られなかつた。

この結果から、 R 値、すなわち塑性異方性は冷延鋼板のごとき多結晶体においても結晶方位の強い影響をうける。この場合 (111)±30° 近傍の結晶方位は深絞り加工に際して有利に働く塑性異方性をうみだし、(100)±30° 近傍の結晶方位は不利に作用すること、および結晶粒形状の効果は事実上無視できることが結論されよう。

IV. R 値の plane anisotropy と深絞り加工における earring の発生

\bar{R} 値のみを考えた場合は、集合組織における結晶の面ののみが問題となりその方向は全然考慮の必要がないが、一般の冷延鋼板における集合組織は、面のみならず方位もやはり一定であるため R 値の plane anisotropy の原因、ひいては深絞り加工時の earring の発生原因となると考えられる。Fig. 3 はコニカルカップテストにおける earring の発生程度を一定の絞り深さで測定し、これと R 値の plane anisotropy、すなわち $\Delta R = R_{max} - R_{min} / \bar{R}$ との相関関係を、check したものである。これから明らかなように R 値の plane anisotropy が大であるほど深絞り時の earring の発生も大であることが結論される。Fig. 4 は C.C.V と earring の大きさとの関係図であるが、これによれば耳の大小は直接深絞り性の優劣とはむすびつかないことが示されている。すなわち R 値のごとき normal anisotropy と耳の発生のごとき plane anisotropy は、いずれも結晶の集合組織に原因している点と同じでありしたがつて一応は不可分のものではあるが、前者は面、後者は方位の問題であり混同することはできない。

V. 総 括

以上冷延鋼板の深絞り性および earring の発生に影響

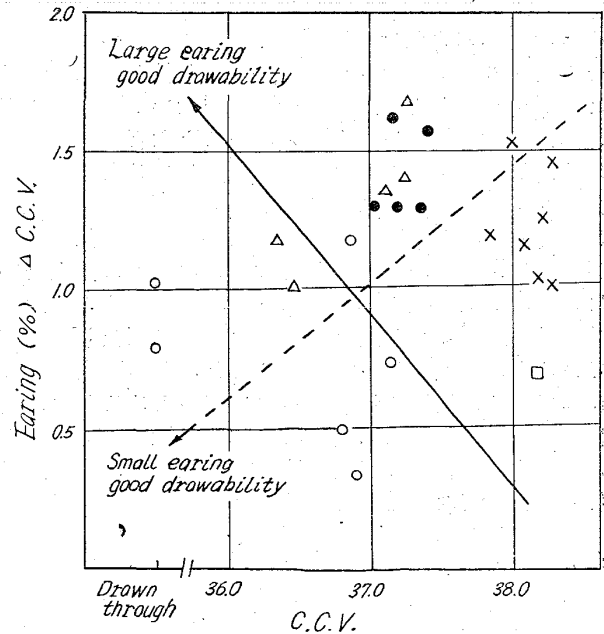


Fig. 4. Drawability and earring in various cold rolled sheets.

をおよぼす R 値について検討を行なった結果をまとめる
と、

1) 冷延鋼板の R 値については結晶の集合組織の影響度が非常に大きく、結晶粒の形状効果はほとんど認められないことを再確認した。

2) (111) 面と圧延面の傾角が大体 30° 程度以内の範囲にあるような結晶粒の集積が大であれば \bar{R} 値は向上し (100) 面近傍の集積は \bar{R} 値を低下せしめる。

3) R 値の plane anisotropy が大であれば深絞り加工に際しての earing の発生も大である。この場合発生する earing の大小と深絞り性の優劣は直接的には無関係である。

文 献

- 1) W. T. LANKFORD: Transactions of the A.S.M 42
- 2) 山田嘉昭: 絞り加工技術講習会資料 (1961)
- 3) 岡本豊彦: 薄板のプレス成形性研究会報告 (1963)
- 4) R. S. BURNS & R. H. HEYER: Sheet Metal Industries, 1958 35

(101) 冷延鋼板の集合組織におよぼす
圧延、焼鈍条件の影響

(冷延鋼板の深絞り性についての研究—II)

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

Effects of the Rolling and Annealing Conditions on the Crystallographic Orientation of the Cold-Rolled Steel Sheets.

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

Fumiaki KANZAKI, Yoshio NAKAZATO and Yō Ito.

I. 結 言

冷延鋼板の優れた深絞り性は、鋼の集合組織、すなわち結晶の (111) およびその付近の結晶面を圧延面に平行にだすことによつて得られることが裏付けられてきた¹⁾²⁾。

このような深絞り加工性を優れたものとする集合組織は、熱延、冷延およびその後の熱処理によつて大きく影響され、熱延、冷延条件を適切に選択することで焼鈍処理によつて (111) 集合組織を大きく成長させることができるが、脱炭焼鈍を行なった場合には、とくに結晶の特定方位の成長を効果的にすることが可能である。しかしながらこのような結晶粒の成長の結果として、その粗大化が實際上問題となる。

結晶粒の成長を抑制し、しかも優れた深絞り性を与えるためには、製造諸条件の効果について、核発生への効果か、また核成長への効果であるかを分離検討する必要がある。

II. 実 験

SPC-1 級素材 (Table 1) を Table 2 に示す熱延条

Table 1. Chemical analysis of ingot. (in wt. %)

C	Mn	P	S	Si
0.080	0.32	0.009	0.015	trace
Cu	Ni	Cr	Sn	
0.1	0.04	0.03	0.01	

Table 2. Hot rolling conditions.

Rolling temperature at finishing stand. (°C)	Coiling temperature (°C)
825	700
825	575
825	450
750	575

件で圧延し、得られた 2.8mm のホットコイルを用い、小型冷間圧延機により 60%, 70%, 80% の圧延率で冷間圧延し、脱炭および普通焼鈍し、1) 冷延後、2) 550°C、3) 650°C、4) 720°C、5) 脱炭中期、6) 脱炭終了時、の各時点での集合組織と結晶粒度の変化を求めた。また 0.8mm (70%) に圧延したものについては、C.C.V., \bar{R} 値を求め実験の深絞り性を調べた。なお集合組織は、理学電機製 EF3 型 X 線回析装置を用い、inverse pole figure 法により各面強度を random sample との強度比として求めた。

III. 結果および考察

1) 熱延および焼鈍条件と深絞り性との関係
熱延最終スタンド温度 (F.D.T.), 巻取り温度の異なる

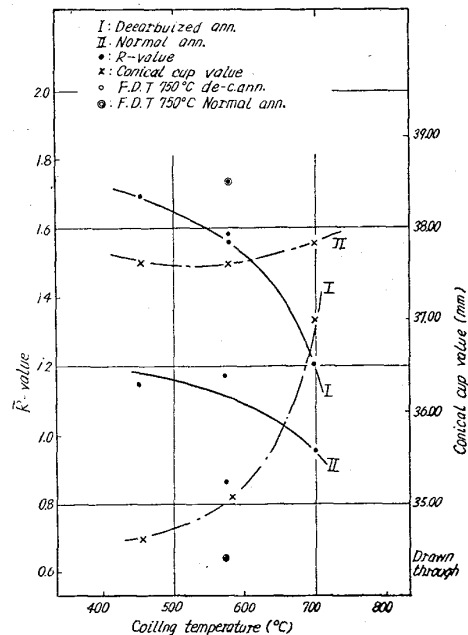


Fig. 1. The relationship between the drawability of the cold-rolled steel sheet and the hot-rolling condition.