

冷延薄鋼板の穴広げ変形特性におよぼす塑性異方性の影響

Effect of Plastic Anisotropy on the Bore Expanding Behaviour of Cold Rolled Steel Sheets

伊藤 庸* 橋口 耕一**

Yo Ito

Kouichi Hashiguchi

Synopsis:

To study the effect of plastic anisotropy on the bore expanding behaviour of cold rolled steel sheets, correlations of the normal or the planar anisotropies determined by a uniaxial tension test with the strain distribution or the expanding limit in a bore expanding test were examined on the decarburized rimmed steel sheets having different crystallographic orientations. Results indicate that the bore expanding limit of a cold rolled steel sheet is affected substantially by its crystallographic orientation through the effects of the minimum value of the plastic strain ratio, r_{\min} , and its planar distribution. These two effects are of the same order of importance for the bore expanding limit. The circumferential stable strain along the periphery of the bore can be approximated to the theoretical value $(1+r_{\min})n$. Unstable strain up to fracture is small in the specimen having large planar anisotropy of r .

本論文は、冷延薄鋼板の穴広げ変形特性におよぼす塑性異方性の影響を明らかにするために、uniaxial tension test による正常異方性および平面異方性を測定し、これを穴広げ試験における変形分布や穴広げ限界と関連させて検討した。その結果、冷延薄鋼板の穴広げ限界は、その結晶方位によって大きく影響を受けることがわかった。また、穴広げ試験における安定変形は、理論値 $(1+r_{\min})n$ に近づくことがわかった。一方、破断までの不安定変形は、平面異方性が大きい試料では小さくなる傾向が認められた。

1. 諸 言

薄鋼板の伸びフランジ性については、成形技術

^{1,2)} や材料特性^{3,4)} に関連して多くの研究が行なわ

周方向くびれの発生位置が塑性歪比 (r 値) の面内異方性によって決定されるであろうことを推論している。

本研究は冷延薄鋼板の穴広げ限界と塑性異方性

C	Mn	P	S	O	N
0.006	0.37	0.009	0.024	0.0254	0.0006

* C and N were analyzed for the cold rolled sheet

の特徴については以前に著者らが類似の内容を報告⁵⁾しているが、今回の供試片についての要点を以下に述べる。

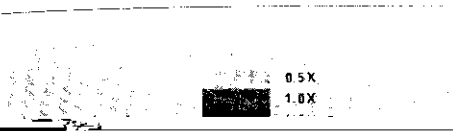
試片群 A: 冷延前の焼入れ焼戻し処理で析

after final annealing and others for the hot-rolled mother sheet.

出した微細なカーバイドの作用により, cube-on-corner 方位の (111) $[01\bar{1}]$ 集合組織となっている。

とび熱処理1 後述する4種の集合組織を有する

試片群 B: 冷間圧延の各段階での限定された

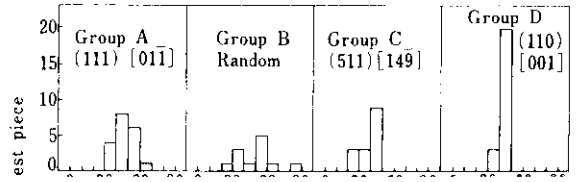
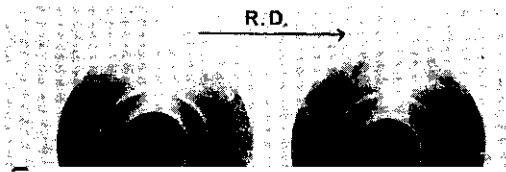


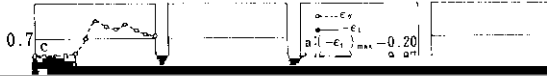
求めた。この引張試験は上述のおのおのの供試片（たとえば A_0 、 B_0 ）についてその最終冷

Group A | Group B | Group C | Group D

集合組織と r 値の関係については Burns およ

び r 値の理論 (Burns 1971)





ことを報告している。本実験においても、 r 値の面内分布から求めたその標準偏差 r_s あるいは

もまだ変形が進行していることなどに本質的な問題点が残されている。しかしこれらの仮定の下に面内異方性材料の穴広げ変形挙動を解析することにより、実験結果の一部についての定性的な説明が可能であることを以下に示す。
計算の様子はこのとおりである。

$$\bar{\epsilon}_{\theta \text{crit}} = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\pi/2} \epsilon_{\theta 1} d\theta \quad \dots\dots\dots(10)$$

(9) 式で得られた $\bar{\epsilon}_{\theta \text{crit}}$ を種々の異方性材料について整理すると次のようになる。

(a) 等方性材料 ($F=G=H=N/3$) の場合
.....(11)

穴周縁における単軸応力 $\sigma_{\theta 1}$ と同場所における歪 $\epsilon_{\theta 1}$ および $\epsilon_{t 1}$ の関係は Hencky の応力歪関係により

$$\epsilon_{\theta 1} = BA^{(1+n)/2n} \sigma_{\theta 1}^{1/n} \quad \dots\dots\dots(2)$$

となり加工硬化係数 n のみに依存する。

(b) 垂直異方性材料 ($F=G, F+2H=N$) の場合

$$\bar{\epsilon}_{\theta \text{crit}} = \frac{F+H}{F} \cdot n = (1 + \bar{r})n \quad \dots\dots\dots(12)$$

.....(3)

また、等二軸応力が加えられている内側の部分の歪 $\epsilon_{\theta 2}$ と応力 $\sigma_{\theta 2}$ ($=\sigma_{r 2}$) の関係は

$$\epsilon_{\theta 2} = B(F+C)^{(1+n)/2n}$$

となり、 $\bar{\epsilon}_{\theta \text{crit}}$ は単軸引張りでの破断伸びに相当する¹⁰⁾ $(1 + \bar{r})n$ に等しくなる。

(c) 面内異方性材料の場合
 $\tau_{r\theta} = 0$ という仮定は一般的に成立しないが、

解析を行なった。計算に用いたモデルの条件を

Number of element : 108

Element type : 8 node element (E8) 4要素

△面裏部鉄筋の応力分布は、まぎらぬ第七種材 田中氏博士著、材料力学、有限工学社、1973年

料についての計算結果を Fig. 7 に示すように、
小傾らの鋸折鉄筋と同様な傾向を示している。

(1)式から求めた不安定条件に最初に達する r_{min}
位置での応力集中が示したとおり、この部分に

Group B Group D

は、破断開始時の $\bar{\epsilon}_0$ には 0.16 の差があるが、そのうち stable strain の差は unstable strain

わち、一般の面内塑性異方性材料では (1)

5. 総 括

(1) r_{min} の大小で stable strain が定まると

冷延薄鋼板の集合組織に起因する塑性異方性の
穴広げ変形特性におよぼす影響を明らかにした。

め、 r_{min} 値の低下にしたがって穴広がり限は
低下し、また r_{min} 値が同じならば面内異方
性が大きいほど穴広げ stable strain が減少

6. 同一熱延鋼板から集合組織の異なる 4 種類

とするために穴広がり限は低下して (1) r_{min} の