18 クロム・ステンレス鋼の 2 次加工性に関する研究*

浜崎美智子** 五弓 勇雄*** 岡村 俊一**

Michiko Hamasaki, Isao Gokyu and Shunichi Okamura : Study on the Secondary-Workability of 18% Chromium Stainless Steel. This investigation was carried out on the r -value of the 18% chromium stainless steel, to obtain a fundamental knowledge of the secondary-workability.

The results obtained are as follows :

(1) The r -values of the fracture points of AISI type 430 stainless steel annealed specimens are constant and are not affected by strain rate.

(2) The r -values of the $\{001\} \langle 110 \rangle$ regions in the specimens compressed to the III stage region ($\dot{\epsilon}=0.0325/\text{sec}$, $\epsilon=0.4$, $n=0.34$) become the increasing function of strain, while the r -values of the specimens compressed in the II stage region ($\dot{\epsilon}=0.0325/\text{sec}$, $\epsilon < 0.062$, $n=1.006$) become the decreasing function of strain after the maximum point at the $\epsilon=0.1$.

(3) The r -values of the specimens stretched in the TD direction in the II stage region ($\dot{\epsilon}=0.0325/\text{sec}$, $\epsilon=0.07$) are constant for the whole strain regions and have no strain rate dependence.

(4) The r -values of the specimens compressed in the II stage region ($\dot{\epsilon}=38.3/\text{sec}$, $\epsilon=0.07$, $n=0.855$) are slightly affected by texture.

(Received June 3, 1972)

I. 緒 言

加工硬化と塑性ひずみ比との間には、著しい関連があることは予想されることであるが^{(1)~(6)}、この n 値については、 r 値とともに材料の加工性を左右する重要な因子であると考えられており、事実 n 値がとくに 0.5 前後になる材料では、 r 値よりむしろ n 値の方が深絞り性を支配するとさえいわれている。しかしながら、この n 値は同一材料でもひずみに対して一定とはならず、ひずみに対して変化するものであることも知られている通りである^{(7)~(11)}。

今ある方向でのひずみ増分を $d\epsilon_1$ 、相当ひずみ増分を $d\bar{\epsilon}$ とし、 $\epsilon_1=0$ から $\epsilon_1=\epsilon$ まで変形させる際

$$\int_{\epsilon_1=0}^{\epsilon_1=\epsilon} d\bar{\epsilon} = \int_0^{\epsilon} d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1 \cdot d\epsilon_1 =$$

$$[d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1 \cdot \epsilon_1]_0^{\epsilon} - \int_0^{\epsilon} d(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1) d\epsilon_1 \cdot \epsilon_1 \cdot d\epsilon_1$$

$$= (d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1) \cdot \epsilon - \int_{\epsilon_1=\epsilon}^{\epsilon} d(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1) / d\epsilon_1 \cdot \epsilon_1 \cdot d\epsilon_1$$

の第 2 項が硬化と関連した量であるが、現状においては塑性異方性の変化をひずみの関数として定量的に予測出来るデータはほとんど無い。

今仮りに、変形途上での $d(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/d\epsilon_1 \cdot \epsilon_1$ の形を知るため、

$$d(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/d\epsilon_1 = \partial(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/\partial F \cdot dF/d\epsilon_1 + \partial(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/\partial G \cdot dG/d\epsilon_1$$

$$+ \partial(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/\partial H \cdot dH/d\epsilon_1 + \partial(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/\partial L \cdot dL/d\epsilon_1$$

$$+ \partial(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/\partial M \cdot dM/d\epsilon_1 + \partial(d\bar{\epsilon}/d\epsilon_1)/\partial N \cdot dN/d\epsilon_1$$

つまり異方性パラメーターの変化のひずみ量依存性さえ知れば、さきの式の第 2 項が解けると同時に、一方特に $\{001\} \langle 110 \rangle$ および $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位に関しては、Hill の理論式を一部修正するだけでかなり正確な応力 σ の近似値が得られることが予測され⁽¹²⁾、さらに拡張して、各 texture の r 値特性を詳細に把握することは、実用材料における異方性材の n 値と間の相関関係を組み入れた 2 次成形性の一般的な新しい成形性評価関数を確立するために必要な基礎資料となろう。

本報告は、このような観点より、加工材の n 値におよぼす加工履歴の影響、およびこの n が塑性ひずみ比 r におよぼす影響を調べるために、特に $\{001\} \langle 110 \rangle$, $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位のものに関して行なった基礎実験の結果である。

II. 試料および実験方法

試料には特に C, N 含有量を少なくして α 1 相にしてお

(6) 吉田, 吉井, 臼田, 渡辺: 塑性と加工, 11 (1970), 670.

(7) 五弓, 木原: 例えば金属学会誌, 31 (1967), 368 等.

(8) T. Takeuchi : J. Phys. Soc. Japan, 28 (1970), 955.

(9) A. H. Cottrell and R. J. Stokes : Proc. Roy. Soc., A 233 (1955), 17.

(10) J. Diehl : Z. Metallk., 47 (1956), 331.

(11) H. Lange and K. Lucke : Z. Metallk., 44 (1953), 183, 514.

(12) 五弓等: 未発表.

** 鹿児島大学工学部 (Faculty of Engineering, Kagoshima University, Kagoshima)

*** 東京大学工学部 (Faculty of Engineering, University of Tokyo, Tokyo)

* 1970 年 10 月本会尼崎大会に発表; リズング現象に関する研究 (第 4 報)

(1) 宮内: 塑性と加工, 9 (1968), 729.

(2) 福田: 塑性と加工, 5 (1964), 3.

(3) 福田: 塑性と加工, 7 (1966), 349.

(4) 中岡: 塑性と加工, 9 (1968), 718.

(5) 吉田, 吉井: 塑性と加工, 11 (1970), 513.

き、中間焼鈍をはさまずに一方に冷間圧延して、 $\{111\} \langle 110 \rangle$ と $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位の巨大縞状組織が圧延方向に層状に並んだものを、さらに $760^\circ\text{C} \times 6561 \text{ min}$ 焼鈍して、 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位 2 次再結晶粒が全板厚を貫通するまで成長した単結晶領域と、 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位最優勢微細多結晶領域が圧延方向に縞状に並んだ層状結晶を作成して実験に供した (Photo. 1, 2).

試料の化学組成を Table 1 に示す.

予加工用試験片は、平均幅 8.0 mm, 長さ 80.0 mm, 厚

Photo.1 Structures of the 90% cold-rolled specimen after annealing at 760°C for 6561 min ($\times 50 \times \frac{1}{2}$)

Table 1 The chemical composition of specimen

C	Si	Mn	Cr	N
0.010	0.12	0.10	16.72	0.006

さ 3.0 mm の短冊状試験片で、さらに $760^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$ の均熱処理の後、表面をエメリー仕上げし、さらに 15% H_2SO_4 + 5% HCl 水溶液中で 15 sec の化学研磨の後、形状寸法を確認してから、

(1) 板厚方向に、圧縮試験機 (複動油圧プレス・最大容量: 静的 30 t, 衝撃 15 t・工具と試料間の潤滑はスピンドル油) で平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$ で厚さ 1.9 mm まで圧縮し、各試験片の流動応力および n 値を求めてから、さらに r 値測定用試験片作成のために、幅 6.0 mm, 長さ 80.0 mm, 厚さ 1.9 mm の短冊状引張試験片を切り出し、エメリー仕上げの上さらに鏡面に仕上げて形状寸法を確認した後、表面にます目を入れ、引張速度 0.012, 0.066, 0.625, 3.87, 37.5 mm/min の 5 通りの変形速度で、各 5, 10, 20, 30% 公称伸び、および破断時の r 値を求める。

(2) 平均厚さ 2.790 mm まで、平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$, および $\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$ で板厚方向に圧縮し、流動応力および n 値を求めてから、(1) の試料を同様の処理を施して r 値測定用試験片を作成し r 値を測定。

(3) 圧延方向に平行に、真ひずみ $\epsilon = 0.07$ の引張変形を、平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$, および $\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$ で与えて、さきの (1), (2) と同様の処理を施して r 値測定用試験片を作成し r 値を測定 (なお、この種の試験片には以後 RDT の記号をもって記述することにする)。

(4) 圧延方向に対して 90° 方向 (板幅方向) に、真ひずみ $\epsilon = 0.07$ の引張変形を、平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$, および $\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$ で与えて、前の (1), (2), (3) と同様の処理を施す (この種の試験片には、以後 TDT の記号をもって記述することにする)。

(5) 一方、幅 8.0 mm, 長さ 80.0 mm, 厚さ 3.0 mm の短冊状試験片を $760^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$ の均熱処理の後、中心層付近より幅 6.0 mm, 長さ 80.0 mm, 厚さ 1.9 mm の r 値測定用短冊試験片を作成し、上と同様の変形速度で引張試験を行ない、その塑性ひずみ比 r を測定して、加工硬化の塑性ひずみ比 r におよぼす影響その他の比較材とした。

なお、この試験片は引張変形前に鏡面に仕上げさらにます目を入れてあるので、引張変形後 (r 値を測定した後) そのまま etching (腐食液: CuNO_3 4 g + HCl 120 cc + H_2O 20 cc) して検鏡に供し、各々の測定点における結晶方位と r 値との関係を決定した。なお結晶方位は光像法によるピットの形状より決定した。なお予加工時の n 値は試料全体の平均のものである。なお本報中第 I stage 領域は σ - ϵ 関係で弾性限以内とし、第 II stage 領域と第 III stage 領域の区分は真ひずみで $\epsilon \approx 0.02 \sim 0.1$ までの著しい加工硬化域を第 II stage 領域とし、それ以上のひずみ域を第 III stage 領域とみなした。

Photo.2 (a), (a') Etching figures on rolled and recrystallized surface of $\{111\} \langle 110 \rangle$ region
(b), (b') Etching figures on rolled and recrystallized surface of $\{001\} \langle 110 \rangle$ region
($\times 400$)

III. 実験結果および考察

1. 非予加工材の r 値

Fig.1 に、引張変形中の塑性ひずみ比 r の変化を示す。

この図より、破断時の r 値はひずみ速度によらず一定であることがわかる。

さらに、真ひずみ $\epsilon \leq 0.1$ 伸び領域の r 値は大きくばらつくが、これを結晶の方位で分類すると二つのグループに分けることができ、 r 値の高い方が $\{111\} \langle 110 \rangle$ に、低い方が $\{001\} \langle 110 \rangle$ のものに相当することがわかった。

また $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位および $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位の r の平均値 $\bar{r}$ は、ひずみ量に対してほぼ一定であるといえるが、 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位の方の r 値は、真ひずみ $\epsilon \approx 0.1$ 伸びの領域で一度 r 値は高くなり、のち一定値(破断時)に近づく。この傾向は、0.012~37.5 mm/min の間のいずれの変形速度で引張変形させたものにおいてもみられる。

このように r 値は、変形の初期において特に集合組織の影響を大きく受けることがわかる。

この r 値特性は、真ひずみでおおよそ $\epsilon = 0.1 \sim \epsilon = 0.15$ 以上の、III stage の領域に入ると、 r 値もそれに伴って安定した一定値を示すようになり、 r 値がいかにすべり系の

組合わせと、すべり系の硬化状態によって強く規制されて変化するかがうかがえる。

2. 予加工材の r 値

(1) 低ひずみ速度($\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$)を用いた予加工材について

(1) 予ひずみとして、板厚方向に圧縮変形で平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$ 、真ひずみ $\epsilon = 0.4$ を与えたときの加工硬化指数は平均 $n = 0.34$ であり、その流動応力-真ひずみ曲線より、おおよそ真ひずみ $\epsilon = 0.07 \sim 0.1$ 近傍より III stage 領域に入る。

このような加工履歴を有する予加工材を、圧縮方向と 90° 方向の RD 方向に、0.0123~37.5 mm/min の間の変形速度でさらに引張加工を与えた際の r 値を Fig.2 に示す。

この図より、予加工として III stage 領域まで加工硬化を受けたものを、予加工方向(圧縮方向)に 90° 方向の RD 方向に引張変形させたものの r 値は、非予加工材の約 3 倍程度大きくなる。また非予加工材においては、破断時の r 値はひずみ速度によらず一定であったのに較べて、この r 値はひずみ速度依存性を示し、特に $\{001\} \langle 110 \rangle$ 領域においては、ひずみ速度の大きいもののほどその r 値は大きく、破

断時の r 値も大きくなる。さらに r 値はひずみに関して増加関数となり、破断に至るまで増加を続ける。

(2) 予ひずみとして、板厚方向に圧縮変形で平均ひずみ

Fig. 1 r - ϵ curves of stainless steel of annealed specimens

(—) : experimental data of {001} <110> and {111} <110> regions
(---) : experimental data of {111} <110> region

速度 $\dot{\epsilon}=0.0325/\text{sec}$, II stage 領域以内 $n=1.006$, 真ひずみ $\epsilon<0.062$ を与えた圧縮材の予加工履歴を Fig. 3 に示す。

Fig. 4 にその予加工材を RD 方向に引張変形させたときの塑性ひずみ比 r を示す。要約すると次のようになる。

真ひずみで $\epsilon \leq 0.15$ 付近まで {001} <110> 方位と {111} <110> 方位の r 値の差が顕著である。またひずみ速度依存性を示し、ひずみ速度が大きい程 r 値も大きくなっている。またそれに伴って全伸び、およびくびれ伸びは、変形速度 0.066 mm/min のものの一例を除いて、いずれもひずみ速度が大きい程大きくなっている。

さらに、{001} <110> 方位の r 値に関して III stage 領域の予ひずみをもったものの r 値は、いずれのひずみ速度でも、ひずみ量に関して増加関係になる傾向にあったのに対して、II stage 領域以内の予ひずみをもったものは、 $\epsilon \approx 0.1$ 近傍で最大値を示したのち、減少の傾向を示す。

(3) 予ひずみとして、TD 方向に平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon}=0.0325/\text{sec}$ で、真ひずみ $\epsilon=0.07$ の引張変形を与えた予加工材を、さらに RD 方向に破断まで引張変形させたときの r 値の変化を Fig. 5 に示す。

r 値は大体 0.31~0.34 の間の値で、ひずみ量に関係なく一定であり、またひずみ速度依存性もない。また非予加工材の r 値が大体 0.2~0.29 の値であったのに対して、 r 値はやや大きくなる傾向にある。さらに、{001} <110> 方位に関する r 値の変形初期のばらつきは消えるが、{111} <110> 方位に関するものが、変形初期 $\epsilon \leq 0.05$ 付近にわずかに残ることがわかる。

Fig. 2 r - ϵ curves of the prestrained specimens statically compressed to the III stage region

(—) : experimental data of {001} <110> region
(---) : experimental data of {111} <110> region

Fig.3 Flow curves of prestrained specimens statically compressed in the II stage region

(4) ひずみとして、RD 方向に平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$ で、真ひずみ $\epsilon = 0.07$ の予引張変形を与えた予加工材を RD 方向に、 $0.066 \sim 37.5 \text{ mm/min}$ の間の変形速度で引張加工したときの r 値を Fig.6 に示す。

この図より、RD 方向再引張り時の r 値は、非予加工材の r 値と変化はない。またひずみ速度依存性もなく、 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位においても、 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位においても、変形初期の r 値のばらつきもなく、全ひずみ領域で一定となる。

(2) 高ひずみ速度 ($\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$) を用いた予加工材について

(1) ひずみとして、板厚方向に II stage 領域以内 ($\epsilon < 0.07$) の高速圧縮 ($\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$) で変形を行なった予加工材の加工硬化指数は、平均 $n = 0.855$ と低ひずみ速度で圧縮したものに較べてやや小さくなる。この試験片をさらに圧縮方向と 90° 方向の RD 方向に引張った際の r 値の変化を Fig.7 に示す。

r 値は、 $\epsilon \approx 0.1$ 近傍で最高値を示し、のち破断にいたる

Fig.4 r - ϵ curves of the prestrained specimens statically compressed in the II stage region
(—): experimental data of $\{001\} \langle 110 \rangle$ region
(---): experimental data of $\{111\} \langle 110 \rangle$ region

まで減少して行く傾向にあり、この傾向はいずれのひずみ速度のものにおいてもみられ、全体の傾向は同程度まで低ひずみ速度で圧縮した予加工材の r 値の傾向と非常によく似ている。しかし、低ひずみ速度で圧縮して予加工を与えてあるものの r 値が、 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位と $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位との別々の r 値の傾向を示すグループに分かれていたのに較べて、高ひずみ速度で圧縮して予加工を与えてあるものの r 値にはそのような傾向は認められない。さらに、非予加工材の r 値に較べて、 $\epsilon \approx 0.15$ 付近の r 値は約2倍程大きくなる。

また顕著にひずみ速度依存性を示し、ひずみ速度の速いほど、その r 値も大きくなる。

(2) ひずみとして、TD 方向に II stage 領域以内 (真

Fig. 5 r - ϵ curves of the prestrained specimens statically stretched in the II stage region, in the TD direction
 (—): experimental data of $\{001\} \langle 110 \rangle$ and $\{111\} \langle 110 \rangle$ region
 (---): experimental data of $\{111\} \langle 110 \rangle$ region

ひずみ $\epsilon < 0.07$ の高速引張り (平均ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$) を与えた予加工材の RD 方向の r 値は非常にばらつき、特定の傾向を示さない。特に全伸び、抗張力等諸機械的性質が著しく低下するため、比較的純度の低い Cr 系ステンレス鋼を用いての加工法としては適切ではない。しかし r 値は著しく上昇しており、純度および結晶粒度等冶金学的改善を併用すれば、 r 値の改良法としては興味深い。しかし、本試料においては、 $\{111\} \langle 110 \rangle$ と $\{001\} \langle 110 \rangle$ 領域の粒界部にクラックが生じ易く、高ひずみ速度の予加工よりは、むしろ低ひずみ速度を用いた予加工の方が全ひずみ領域において r 値は安定している。しかし前に述べたように、 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位のものが変形初期 ($\epsilon \approx 0.05$) に

Fig. 6 r - ϵ curves of the prestrained specimens statically stretched in the II stage region, in the RD direction
 (—): $\bar{r}$, average value of experimental r -value

おいてややばらつき傾向があるのはまぬがれ難い。

(3) 予ひずみとして、RD 方向に II stage 領域以内 (真ひずみ $\epsilon < 0.07$) の高速引張り ($\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$) を与えた予加工材の RD 方向の r 値を Fig. 8 に示す。

$\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位については、全ひずみ領域で $r = 0.2$ と一定であるが $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位の r 値が真ひずみ $\epsilon \approx 0.15$ 付近まで前者とは別の傾向と値を示す。全体の傾向としては、ひずみ速度依存性もなく、非予加工材とほとんど同じ傾向と値を示す。

IV. 総 括

AISI 430 ステンレス鋼の r 値に関して、次のことがわかった。

(1) 非予加工材の破断時の r 値は、ひずみ速度によらず一定である。

(2) 非予加工材を、RD 方向に引張速度 0.012, 0.066, 0.625, 3.87, 37.5 mm/min で、各 5, 10, 20, 30% 公称伸び、および破断時の r 値は、 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 領域および $\{111\} \langle 110 \rangle$ 領域の r の平均値 $\bar{r}$ としてはひずみ量に対してほぼ一定であるといえるが、 $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位の方の r 値は、真ひずみ $\epsilon \approx 0.1$ 伸びの領域で一度 r 値は高くなり、のち一定値 (破断時) に近づく。この傾向は 0.012~37.5 mm/min の間のいずれの変形速度で引張変形させたものにおいてもみられる。

(3) 予ひずみとして、板厚方向に圧縮変形で III stage 領域の予加工を低ひずみ速度で与えてあるもの ($\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$)

Fig. 7 r - ϵ curves of the prestrained specimens dynamically compressed in the II stage region
(—) : $\bar{r}$, average value of experimental r -value

sec, $\epsilon=0.4$, $n=0.34$) を RD 方向に、引張変形速度 0.012~37.5 mm/min の間で変形させた際の r 値は、非予加工材の約 3 倍程度大きくなる。またひずみおよびひずみ速度依存性を顕著に示すようになる。

(4) 予ひずみとして、II stage 領域内の予加工を板厚方向に圧縮変形で、低ひずみ速度を用いて与えた予加工材 ($\epsilon < 0.062$, $\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$, $n = 1.006$) を、RD 方向に引張変形速度 0.012~37.5 mm/min の間で変形させた際の $\{001\} \langle 110 \rangle$ の r 値は、 $\epsilon \approx 0.1$ 付近で最大値を示したのち減少の傾向を示す。またひずみ速度依存性を示す。

(5) 予ひずみとして、低ひずみ速度 ($\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$) で、II stage 領域の引張変形を TD 方向に受けた予加工材の、RD 方向引張時の r 値は、ひずみ量に関係なく一定であり、またひずみ速度依存性もない。

(6) 予ひずみとして、低ひずみ速度 ($\dot{\epsilon} = 0.0325/\text{sec}$) で、

Fig. 8 r - ϵ curves of the prestrained specimens dynamically stretched in the II stage region, in the RD direction
(—) : experimental data of $\{001\} \langle 110 \rangle$ and $\{111\} \langle 110 \rangle$ region
(---) : experimental data of $\{111\} \langle 110 \rangle$ region

RD 方向に II stage 領域の引張予変形を受けた予加工材の RD 方向引張時の r 値は、非予加工材の r 値とほとんど変化なく、ひずみ速度依存性もない。また $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位においても、 $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位においても、変形初期の r 値のばらつきは消える。

(7) 高速圧縮変形で II stage 領域以内の予加工を施した ($\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$, $\epsilon = 0.07$, $n = 0.855$) ものの RD 方向引張時の r 値は、全体の傾向としては低ひずみ速度で同程度まで圧縮した予加工材の r 値の傾向と非常によく似ているが、後者が集合組織の差によるばらつきを示したのに対して、前者には、ほとんどその影響が認められない。

(8) 予ひずみとして、TD 方向に II stage 領域以内の高速引張 ($\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$) を与えた予加工材の RD 方向引張時の r 値は非常に不安定で、この方向の高ひずみ速度を用いた予加工よりは、むしろ低ひずみ速度を用いて与えた予加

工の方が, $\epsilon < 0.05$ の領域で $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位のものの r 値がばらつく傾向があるにせよ, 全ひずみ領域において r 値は安定している.

(9) 予ひずみとして, RD 方向に II stage 領域以内の高速引張 ($\dot{\epsilon} = 38.3/\text{sec}$) を与えた予加工材の RD 方向引張時

の r 値は, $\{001\} \langle 110 \rangle$ 方位については全ひずみ領域で $r = 0.2$ と一定であるが, $\{111\} \langle 110 \rangle$ 方位の方が $\epsilon \leq 0.15$ 付近まで前者とは別の傾向と値とを示す. 全体の傾向としては, ひずみ速度依存性もなく, 非予加工材とほとんど同じ傾向と値とを示す.