

論 文

UDC 669.15'782-194-42 : 548.735.6 : 621.771.016.3

溝状粗面ロールによる圧延における3%珪素鋼の
冷延集合組織の形成について*

熊沢 増治**・中川 恭弘**・関根 知雄**

Effect of Cold Rolling by Grooved Rolls on the Formation of
Cold Rolling Texture of 3% Silicon-Steels

Masuji KUMAZAWA, Yasuhiro NAKAGAWA, and Tomoo SEKINE

Synopsis:

In order to elucidate the mode of deformation introduced by cold rolling of grooved rolls and smooth rolls, plasticine was used in an experiment on mass flow, and single crystals were employed to test crystal rotation. When groove-caused protrusions were smoothed on a flatter, a mass flow was observed accompanied by rotation on the axis of groove direction. The transverse mass flow by rotations on the axis of rolling direction was particularly important for the formation of (100)[011] texture. A profound influence on the rotational system of ordinary cold rolling texture would be induced by mass flows as accompanied by rotations. Thus groove rolling is effective in the formation of (100)[011] cold rolling texture. The groove shape, groove arrangement, and groove rolling reduction are largely contributory to the formation of cold rolling texture.

1. 緒 言

軟磁性材料として磁性が優れていると言われている(100)集合組織からなる鋼板の開発研究は1930年頃から行われてきた。その主なものについて類別して示すと、(1)柱状晶組織がよく発達したインゴットを素材として使用する方法¹⁾²⁾、(2)粒間の表面エネルギーの差を利用する方法³⁾⁴⁾⁵⁾、(3)交叉圧延法^{6)~8)}または多段圧延法、(4)ゴス組織を利用する方法⁹⁾¹⁰⁾、(5)特殊な合金元素を添加する方法などがあげられる。

おのおのはそれぞれ独自の原理に立却して開発が進められたものであり、これらの過去の研究から(100)組織の発達に関連するいくつかの要因を導き出すことができる。たとえば、(1)の項目の柱状晶組織を利用する方法からは、冷延で(100)集合組織を得ることはその後の再結晶集合組織の発達に極めて有利であることが、また、(2)の項目の表面エネルギーを利用する方法では、板厚の薄いもの程、(100)組織の発達に有利となる¹¹⁾ことからそのために高圧下率の圧延を必要とし、結果的には高い水準の歪分布が得られ(100)集合組織の形成を助長する。(3)の項目の交叉圧延によるとき、幅方向に

材料の流れを生じ、それが(100)冷延集合組織の発達を促進させる。そして、最終的に適正な焼鈍条件のもとで、(100)集合組織の形成が有利に導かれると推論される。

これらを要約すると、次に示すような(100)集合組織の発達の基本となる3つの命題を設定できる。

(1)冷延の状態がよく発達した(100)集合組織をもたせること。

(2)冷延の状態が高いひずみの状態と幅拡がりを生じさせること。

(3)(100)組織をより発達させるためには、適正な焼鈍条件のもとで焼鈍をおこなうことなどである。このように、幅方向への変形と強度の変形を与えることが(100)冷延集合組織の形成に有利に作用することがわかつていても、実際上の問題として交叉圧延法の工程化は極めて困難であり、また高圧下率の冷延をおこなうにしても圧延機の能力の点から自ずから限界がある。

本研究ではこれらに代つて上記の命題を満足できる方法について検討してみたところ、Fig. 1の展開図に示すような円周方向と胴長方向に小さい溝を切込んだロール(以後溝ロールと呼ぶ)による圧延方法の適用が望まし

* 昭和51年10月7日受付 (Received Oct. 7, 1976)

** 新日本製鉄(株)製品技術研究所 (Products R&D Laboratories, Nippon Steel Corp., 5-10-1 Fuchinobe Sagamihara 229)

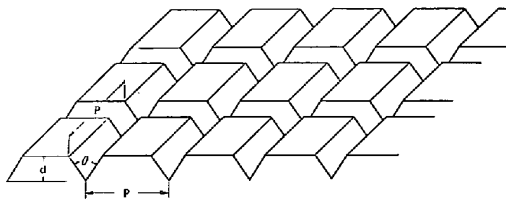


Fig. 1. Schematic presentation of the groove arrangement on roll surface.

いと考えた。この方法による時、鋼板上に溝に対応して線形の突起が形成される。引続き平滑ロールにより平滑化圧延するとき、通常の冷延の場合と異なる材料の流れとなり、この状態が何回か繰返されるとき特異な変形を生ずるのであろう。そして、上記の命題を満足する方法になり得るという考えに到達した。その根拠とする点は

(1) 溝により形成された山型の突起部が平滑化圧延される時、その材料の流れは突起の配列と平滑化の方向に依存した材料の流れが起こるのであろう。したがって、その条件の選定によつては幅方向への材料の流れが期待できる。たとえば、過去の研究から、胴長方向に溝をつけたロール（横溝ロール）では摩擦係数を極端に高くしたことに相当し、材料の先進を防げるため、圧延方向の流れが制約されるので、幅方向への材料の流れが期待できる。また圧延方向に配列したロール（縦溝ロール）の圧延で生じたところの凹凸の突起を次の圧延で押しつぶす場合、凸部の変形は長手方向へのひずみよりもむしろ幅方向へのひずみに大きく寄与するのであろう。そして、直交溝ロールのときは上記2者の相乗効果が期待される。結果的に第1の命題を満足できると考えられる。

(2) 溝ロール圧延を適用するとき、溝への盛り上がり平滑化の繰返しにより見掛上の変形より多い変形量となり、加工硬化や残留歪の上昇をまねく。第2の命題に対する期待がもてる。

本研究は以上に示した背景にもとづいて行われたものであり、本研究の第1の命題である“冷延の段階で(100)組織を形成すること”に対する影響を中心に検討をおこなうと同時に、溝ロール圧延による材料の流れ、および単結晶の方位の変化について観察を行い変形様式を解明することを試みた。引続き第2、第3の命題を中心とする実験を進め、その結果を次回に報告する予定である¹²⁾¹³⁾。

2. 実験方法

2.1 溝ロールによる冷延方法

本実験では3% Si-Fe合金の熱延板を素材として使用した。それは10 kg真空溶解により溶製後、1200°Cの加熱温度でそれぞれ鍛造と熱延によつて得られた。その

Table 1. Chemical compositions of specimens.

Elements	C	Si	Mn	S	Al	N
(Wt%)	0.041	3.02	0.215	0.012	0.0024	0.0039

化学分析の結果をTable 1に示す。試料の標準サイズは2.3×20×100 mmの大きさで、使用に先立つてショットブラストと10% HNO₃による酸洗処理をおこなった。

冷延は上段に溝ロール、下段に平滑ロールを取りつけた圧延機により、パスごとに鋼板の表裏を反転しながら40~80%の圧下率の範囲で溝ロール圧延を実施した。したがって、鋼板の一面に関しては溝による山型線状の突起の形成とその平滑化圧延が交互におこなわれる。このとき使用した圧延機は2段ロール方式で、能力は40HP、圧延速度10mpm、最大圧下力は冷延のとき70 t、ロールの大きさは200φ×200 mmである。

一方、以上の溝ロール圧延後引続き上下段とも平滑ロールをとりつけて最終の成品板厚まで仕上げのための平滑化圧延を実施したが、その圧延機は4段ロール方式で、能力が150HP、圧延速度は100mpm、仕事ロールは165φ×400 mm、支持ロールは480φ×400 mmの大きさのものである。圧延中の荷重の変化は抵抗線ひずみゲージをつけたロードセルを用いて測定した。また、実験に使用したロールの溝の形状をTable 2に示した。溝ロール圧延による1パスごとの平均的な圧下量は約0.1 mm程度である。圧下量は圧延の初期で多く後段で少ない。

2.2 冷延集合組織の極点図の作成

供試料は(1)、No. 3の2 mmピッチの直交溝ロールにより、それぞれ40、60、70%の圧延をおこなったもの、(2)、(1)に対して引続き0.35 mmの板厚まで平滑化圧延を実施したもの、(3)、No. 5と6の縦溝、横溝ロールを使用したもの、(4)、比較のため交叉圧延をおこなったものなどを対象にしている。

測定は理学電機製極点図測定装置を使用し、MoK_α (40kV-200mA)により、シュルツ法を中心として極点図の中心から60°の範囲について、(200)および(110)極点図を作成した。試料の表面については圧延面をそのまま測定に供し、中心層については、片面をHF-H₂O₂溶液(HFを100ccのH₂O₂に数滴添加した)により0.17 mm程度の厚さまで化学研磨しこの面について測定をおこなった。

2.3 プラスティシンの模型による材料の流れに関する実験

この実験方法では、板面に平行に層状に色分けしたプ

Table 2. Structure of grooved rolls used.

grooved rolls No.	Groove factors				
	vertical angle * (θ)	depth (mm) (d)	pitch (mm) (P)	cross angle	arrangement
1	120°	0.25	6		Square (S)
2	"	"	3		" (")
3	"	"	2		" (")
4	"	0.80	5		" (")
5	"	0.70	4		Longitudinal (L)
6	"	"	4		Transverse (T)
7	"	0.25	3	90°	Diagonal (D)

* for V shape groove in the section.

ラスティシンを用い、溝ロール圧延をしたり、あるいはそれ相等の突起をつけた材料をふたたび平滑ロール圧延をして変形の様子を調べた。

使用したプラスティシンは英国製の HARBUTT'S 社の白と黒で、手でよく練つた上でおのおの約 1.4 mm に圧延したものを交互に 8 層重ねて 13 mm の板厚の素材とした。圧延用ロールは直径 100 mm、幅 300 mm の鋼製で、溝の部分は頂角 120°、深さ 5 mm の圧延方向の V 字型溝と、同様圧延直角の方向の V 字型溝、および頂角 70° 深さ 5 mm の圧延方向 V 字型溝ロールに切つたものを用いた潤滑剤は、この実験には炭酸カルシウムの粉末を用いた。プラスティシンの性質の概要は次のようである。

成分	しやく熱減量は約 50%、灰分のうち 50~60% は CaCO_3
密度	1.92 g/cc
変形抵抗	20°C で約 1 kg/cm ²
加工硬化指数	$n = 0.15 \sim 0.4$ typ. 0.2
歪速度依存指数	$m = 0.08$ ($\epsilon = 0.002 \sim 0.25^{-1}$)
変形抵抗の温度依存性	$\sigma_{0.2} = \sigma_0 e^{B/\theta}$ として、 $B = 3500^\circ\text{K}$

2.4 結晶の方位変化の測定

次に溝ロール圧延による結晶方位の変化を明確に知るために、既知方位の単結晶を使用して実験をおこなつた。すなわち、歪焼鈍法により約 30~50 mm に成長した (100) [001], (100) [011], (110) [001] 方位の単結晶板から、それぞれ、1×15×100 mm の大きさの実験用試片を切りだした。冷延には No. 5 と 6 の縦溝と

横溝ロールを使用し、同一面を 4 パスで約 50% の圧下の後、引続き平滑化圧延により 0.30 mm の板厚まで仕上げ圧延をおこなつた。冷延板の表面を化学研磨した後、エッチピット法により結晶方位の変化を観察した。

3. 実験結果と考察

3.1 冷延集合組織におよぼす影響

最初、冷延集合組織におよぼす溝ロール圧延の影響を確認するため極点図を作成することにより検討を行った。表面と中心層に対して、反射法と透過法により (200) 極点図を作成した。その結果を Fig. 2 に示す。この図から一見して表面層の極点図は不明確な集積を示していることがわかる。40% の溝ロール圧延のとき、表面と中心層ともに、Fig. 3 の (1), (2) に示している通常の平滑ロールによる圧延組織とあまり変わらない。すなわち、(111) と (112) 面が集積の中心となつている。60% の溝ロール圧延のときは中心層に (100) 組織が現われるが、表面に関しては 40% の圧下のときと同じ組織である。70% まで圧下率を上げたとき、はじめて表面に (100) 組織が現われ中心層の組織と一致する。しかし、両者ともにそれほど集積は強く現われない。溝ロール圧延した試料に関しては、溝による凹凸の変形がそのまま残つている状態にあり、組織が乱れているため強度の上昇につながらない。

次に同一条件の溝ロール圧延後、引続き 0.35 mm の板厚まで平滑化圧延をおこなつた試料に対する測定結果を Fig. 3 に示す。図中 (1) の (2) とは比較のために 85% の平滑ロール圧延を実施した結果を示す。表面では

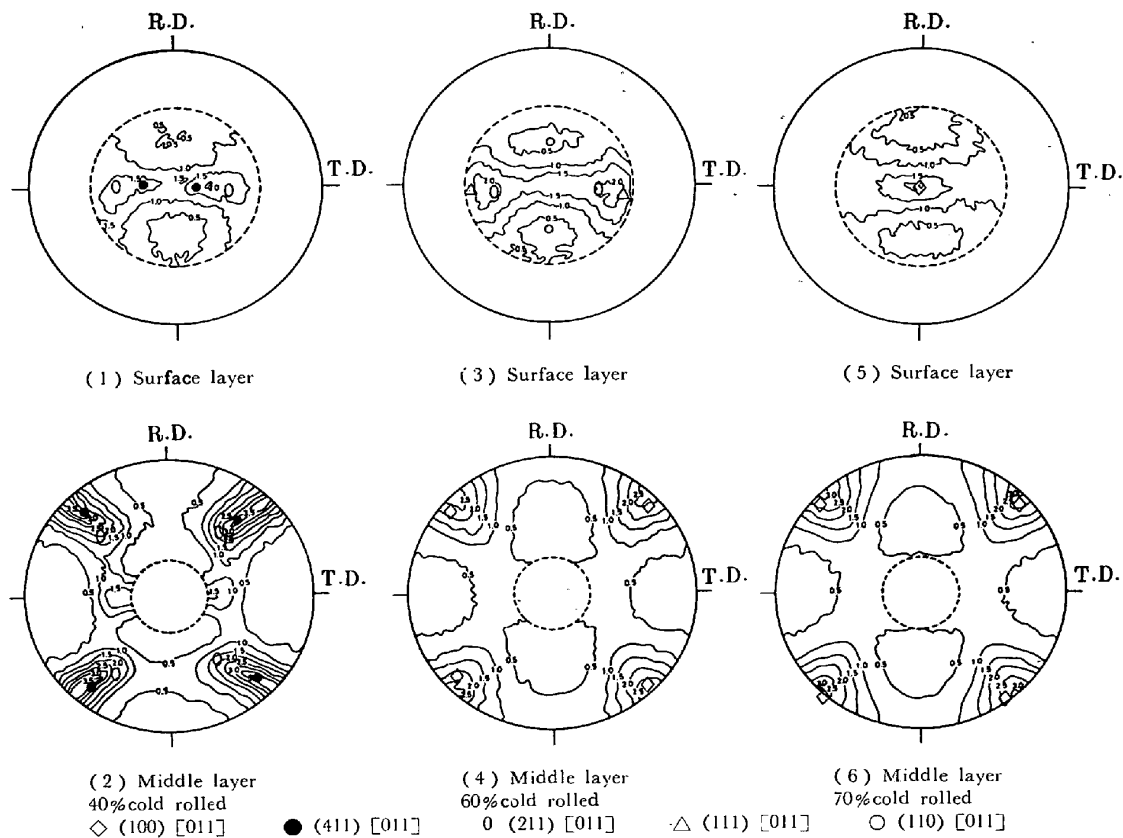


Fig. 2. (200) pole figures of rolling texture of 3%Si-steels by No.3 grooved rolls.

(100) 組織が現われるが、中心層では一般によく知られている (100)~(112) [011] せん維組織と (111) [112] からなる安定方位が見られる¹⁴⁾。これに対して溝ロール圧延の場合は同図の (3) と (4) に示すように、40% の圧下率の冷延後、引続き平滑化圧延を実施するとき、表面で容易に (100) への集積が見られるが、中心層では (111) [011] 近傍の方位の強度が減少し、これに代り (100) [011] 方位の集積が強化される傾向にある。図中の (5) と (6) は 60% の溝ロール圧延後の平滑化圧延の効果であるが、前回と同じ傾向がより顕著になる。また (7) と (8) の 70% の溝ロール圧延のときは、表面、中心とも比較的集積の高い (100) [011] 集合組織を示す。このように溝ロール圧延のみでは、表面層が比較的乱れがちであった組織が、引続き平滑化圧延によつて、徐々に表面、中心層ともに (100) への集積が強化されてゆくことは興味深い結果と言える。

図中の (9) と (10) は縦溝、横溝ロールを使用したときの結果を透過法によつて示す。前者の場合は、前図の直交溝ロールを使用した場合と同じ結果が得られるが、後者の場合には明らかに [011] 軸のまわりに分散が大きくなり、(411) [011]、(211) [011] 方位が組織の中心となつている。また、図中の (11) と (12) は圧延方向とそれと直角方向にそれぞれ 50% の平滑ロールによる

圧延を行つたいわゆる交叉圧延の結果を示す。この場合にも (100) [011] 集合組織が得られることから、交叉圧延と同じような効果が溝ロール圧延によつてもたらされることを意味している。

次に Fig. 4 は幅拡がりの測定結果を示す。図から明らかのように、曲線の (1), (2), (3) に示すように、溝の断面積とピッチの異なる直交溝ロールと曲線の (4) に示す縦溝ロールを使用するとき得られる幅拡がり著しい。これに対して曲線の (5) と (6) に示すように、平滑ロール、横溝ロールを使用するとき得られる幅拡がり少ない。

この結果は (100) 冷延組織の発達と幅拡がり量の大小とは良い対応関係があることを示していることから、この幅方向への材料の流れが (100) 冷延組織に寄与していると推定される。しかしながら幅方向の変形量があると言つても 10% 未満であり、交叉圧延の場合と比較すれば極めて少ない量である。にもかかわらず顕著な (100) 組織の発達が見られるのは溝ロール圧延の特有の効果であることを示唆している。

このように、冷延で溝ロール圧延を適用する方法は、冷延集合組織に顕著な影響を与えると同時に、(100) 冷延集合組織の形成に極めて効果的であることが示された。次にこの原因を解明するために溝ロール圧延による

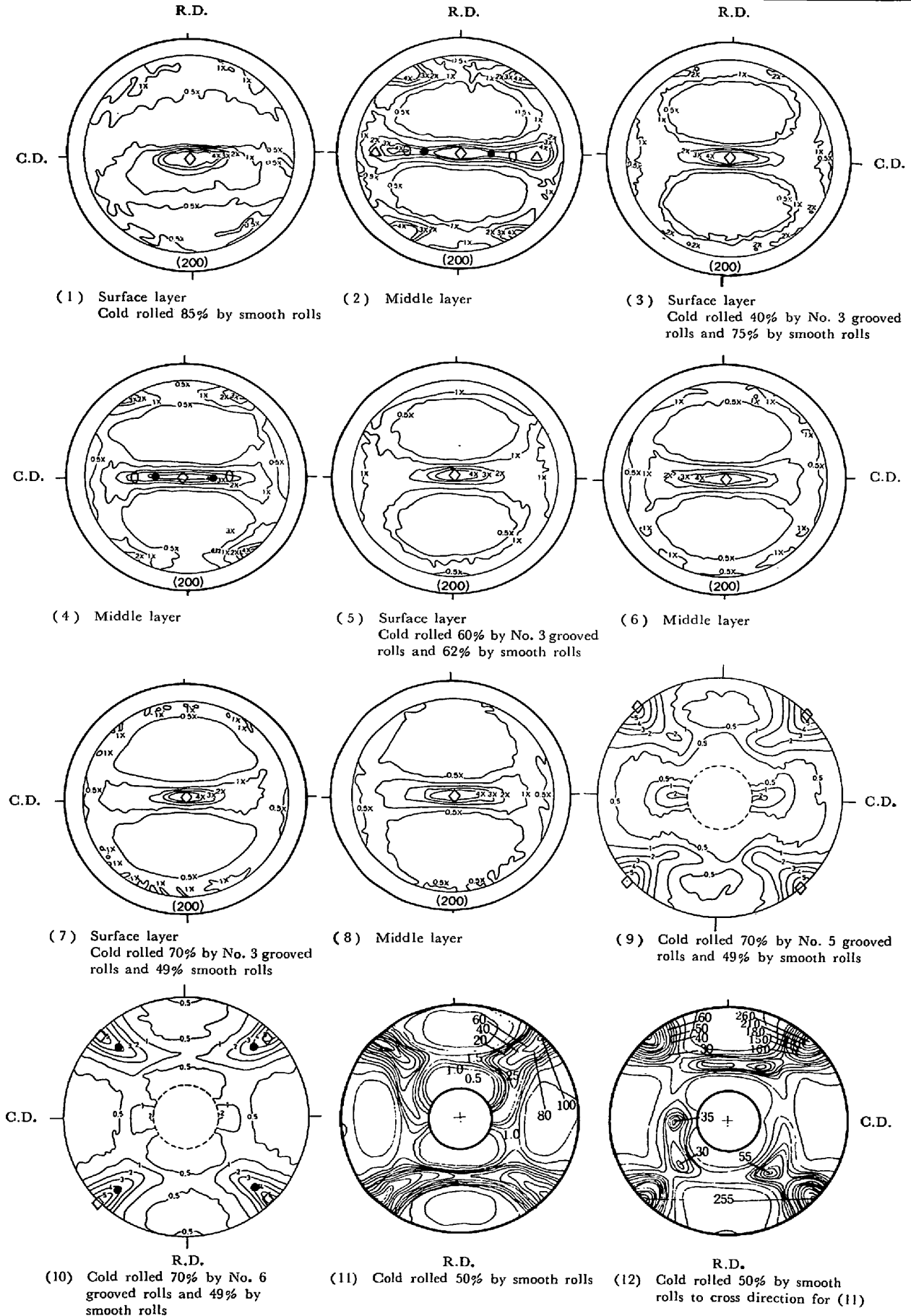


Fig. 3. (200) pole figures of cold rolling textures of 3% Si-steels.

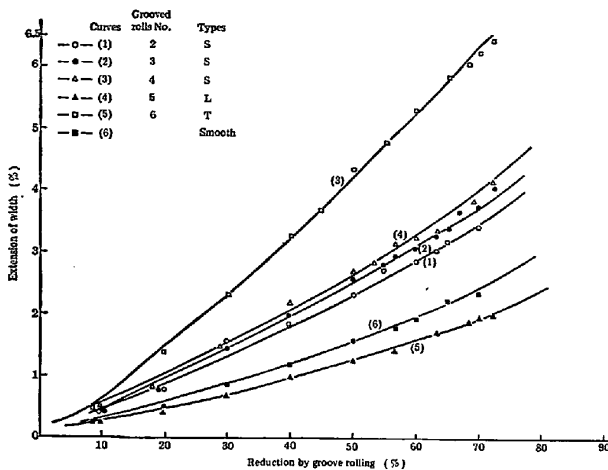


Fig. 4. Relation between the extension of width and the reduction of groove rolling. In this case, the specimens were finished to 0.35 mm thick by smooth rolling after groove rolling.

変形様式について検討を行う。

3.2 不規則変形による材料の流れ

溝ロールでの圧延が少ない幅方向の変形量で(100)冷延集合組織の発達をうながすことから、溝ロール圧延による変形様式がどのような形でおこなわれているか、その基本的な問題点を解明することを目的としてプラスティンモデルを使用して実験をおこなった。通常の平滑ロール圧延のときとくらべて、溝ロール圧延を実施するとき、物質の局所的流れの違いは、圧延後に変形した結晶粒の様子からある程度知ることができるが、細部についての変形は明確でない。これを調べるためにはプラスティンのような材料の流れが明瞭にわかるような方法¹⁵⁾を適用するとき、視覚的にわかりやすくなる。ただし、プラスティンの変形はどうかというと粘性変形に近く、一方、冷間での鋼材の流れは塑性的であり、両者の流動機構には差があるので、この点を考慮に入れる必要がある。しかし、流れの形態が本質的に異なることはないものと考えられる。

3.2.1 山型帯状の突起部に対する平滑化圧延の効果

最初、Fig. 5 に示すような白と黒のプラスティンで13 mmの層状の試料の上に、断面が山型の帯状の突起をつけた模型をつくった。突起の高さは4.2 mm、頂角は120°で3層積みである。これをa, b, cの方向に平滑ロールで圧延した。その断面をPhoto. 1の(1)~(6)に示す。(1)は上述の基本となる模型の断面であり(2)は突起部の長手方向と同じ方向に平滑化圧延をおこなったときそれと直角の方向の断面を示す。これは縦溝ロールを使用したときの圧延に相当する。このとき、左右対称な変形と幅拡がりが生ずる。(3)は突起部

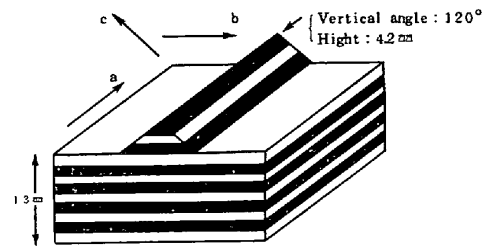


Fig. 5. The original form of plasticine model prepared for the experiment of mass flow. a, b and c present directions of smooth rolling.

の長手方向と直角な方向からの平滑化圧延を実施したときの圧延方向の断面を示す。このとき非対称の変形が圧延方向におこり、幅方向への変形に対してほとんど寄与しない。これは横溝ロールによる変形に相当する。次にPhoto. 1の(4)~(6)は突起部の長手方向に対して45°の方向から平滑化圧延をおこなったときの圧延方向、それと直角および45°の方向の断面を示す。これは斜交溝ロール圧延のときの変形に相当する。このときの変形は前2者を合成したように現われる。

以上の3形態の変化から、変形による材料の流れは突起部の配列の方向とそれに加えられる平滑化圧延の方向に依存することがわかる。これについてわかりやすく模式的にFig. 6に示す。突起の配列と同じ方向へ平滑化圧延を行うと、図中の(1)に示すごとく、その方向を軸とする回転を伴う材料の流れを生じ、かつ左右対称の変形が行われ、またそのとき幅拡がりを生ずるため、表面では2次元的な流れとなる。また、突起部の長手方向と直角方向からの平滑化圧延によつて、図中の(2)に示すごとく、圧延方向と直角の方向、すなわち溝の配列の方向を軸とする回転を伴う非対称の変形を生ずる。このとき、材料は圧延方向に多くの流れを生じ幅方向に生じない。突起の配列の方向に対して45°の方向から圧延する場合も、図中の(3)と(4)に示すように同様回転を伴う材料の流れを生ずる。

したがつて、突起部に対する平滑化圧延は、ただ単に圧延方向あるいはそれと直角の方向へ材料の流れを生ずるだけでなく、それぞれ突起の配列の方向を軸とする回転を伴うことが示された。突起の配列が圧延方向に平行となるとき最も大きな幅拡がりとなり、突起の配列が幅方向に近づくにつれ幅拡がりが小さくなり先の幅拡がりの測定結果とも一致する。

3.2.2 突起の形成と平滑化圧延

実際には溝により突起が形成される段階から圧延が開始される。その結果をPhoto. 1の(7)以下に示す。(7)と(8)は突起の配列と同じ方向に平滑化圧延を

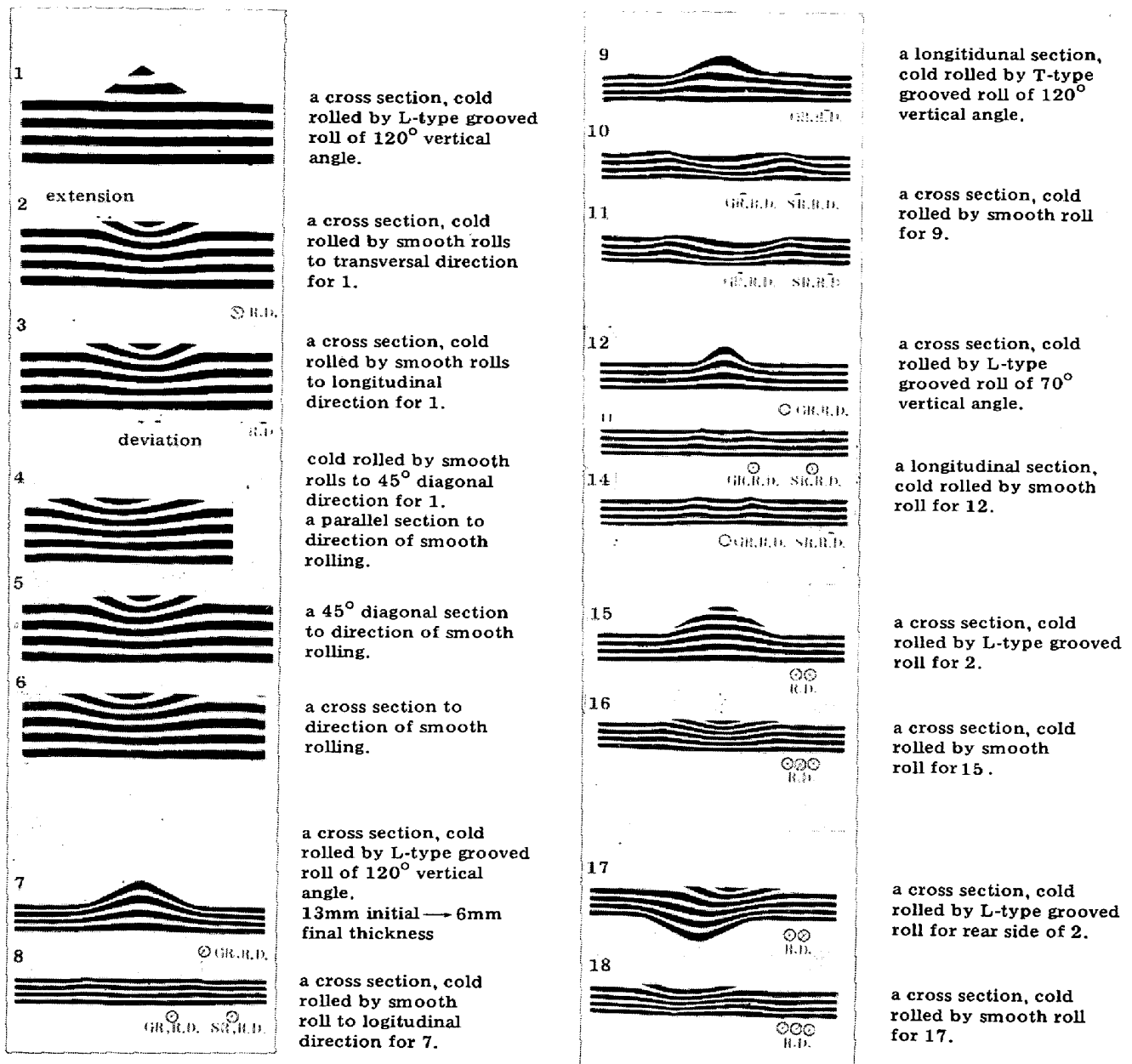


Photo. 1. The influence of grooved roll rolling for the macroscopic flow of plasticine.

したときの結果で、溝に材料が均一に流れ込むが、溝のすべてが満されず上部に空隙が残る。突起を平滑化するとき可逆的に変形がおこなわれるように見えるが、山の立上がりの部分に層の乱れが認められる。この乱れは突起の形成と平滑化が繰返されるとき顕著になり、あたかも剪断帯が形成されたかのようなになる。

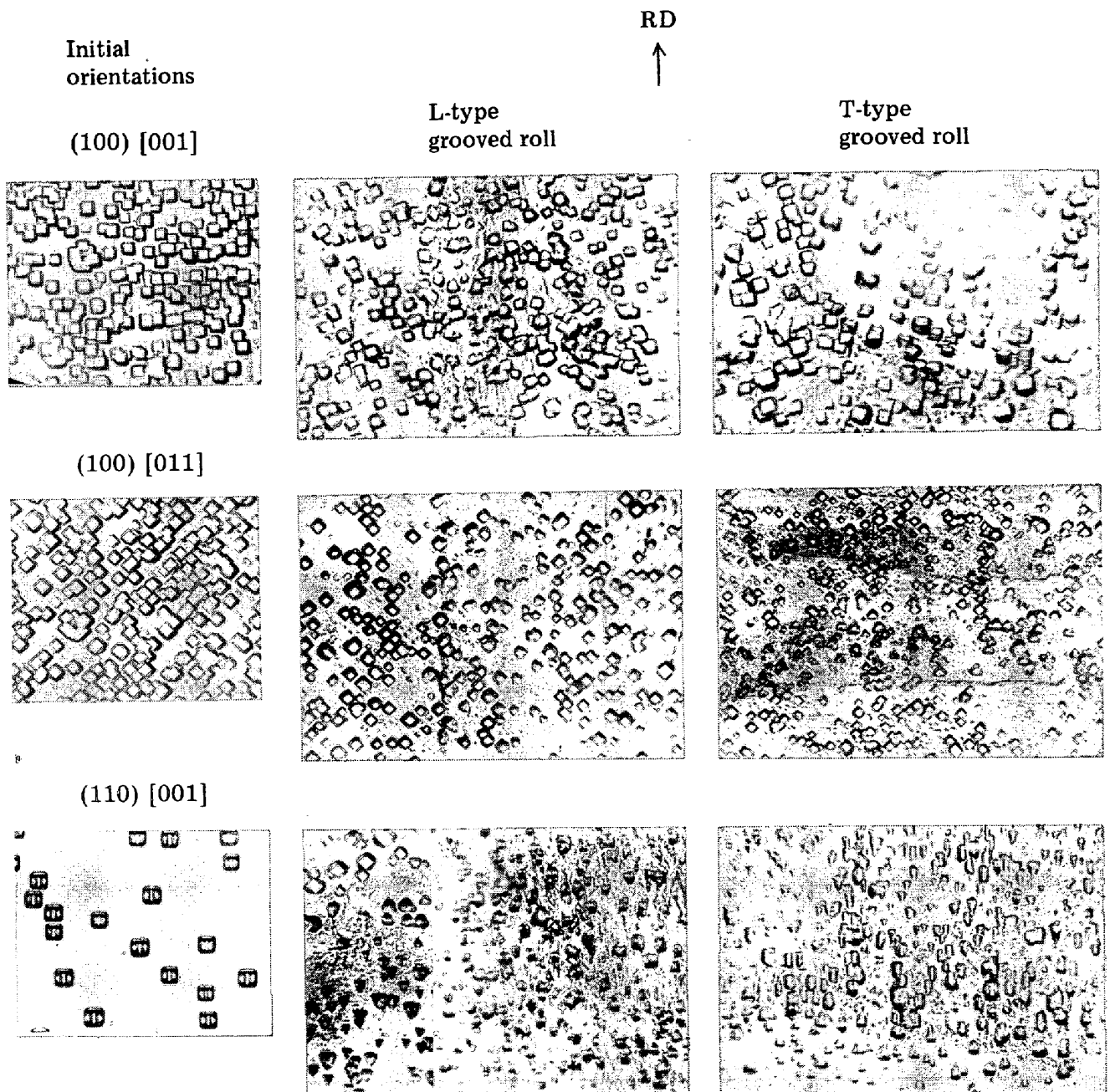
次に突起の配列と直角の方向からの平滑化圧延の結果を(9)～(11)に示す。このとき溝への材料の流入は均一におこなわれない。突起の平滑化圧延後、その方向の断面には層のうねり状態が見られる。また、(12)～(14)は溝の頂角が70°のとき突起の配列と同じ方向に平滑化圧延による結果で、頂角が120°の場合と比較して層の乱れが激しい。このような部分では見掛より大き

い変形を受けていると想像される。

圧延ごとに伸びが発生するため、一般的には溝が前と同じ位置に来ることはない。溝の位置が重複するかどうかは確率的な問題である。圧延が進むにしたがい、次第に溝による影響が干渉し合つて複雑な変形を生ずる。意識的に溝の位置が重なるように圧延した結果を(15)～(18)に示す。このとき著しく不均一組織を形成することがわかる。以上の結果を要約すると、冷延で溝ロール圧延を適用するとき、(1)幅拡がりの現象、(2)不均一な変形組織の形成、(3)回転を伴う材料の流れの現象が認められる。

3.3 結晶の方位変化

前回の実験で、溝ロール圧延に相当する変形を与えた



X 50

Photo. 2. Microstructures showing the change in crystal orientation of single crystals cold rolled by groove rolling and smooth rolling.

とき回転を伴う材料の流れの現象は冷延組織の形成に重要な影響をおよぼすであろうことは想像に難くない。それを実際に近い条件で確認するため、3% Si-Fe の既知方位の単結晶を使用して、溝ロール圧延と平滑化圧延によつてどのような材料の流れの挙動を示すかについて実験をおこなつた。

(100) [001], (100) [011] と (110) [001] 方位の単結晶に、それぞれ縦溝と横溝ロールによる圧延後引き続き平滑化圧延をおこない、溝に相当する部分の方位変化を

エッチピット法で観察することを試みた。そのとき得られた組織的变化を Photo. 2 に示す。これから得られる方位変化に対する結果をまとめて Table 3 に示した。表中の Sub-orientation が溝部に由来する方位である。

表に示すように、縦溝ロール圧延後引き続き平滑化圧延を実施するとき、(100) [011] 単結晶に対しては、圧延方向に並行な [011] 軸のまわりの回転によつて、(311) [011] と (211) [011] 方位が溝に相当した部分に現われる。また、(100) [001] 単結晶に対しては、その面の

Table 3. Changes of crystal orientations by cold rolling.

Initial orientations	Smooth roll		L-type grooved roll + Smooth roll		T-type grooved roll + Smooth roll	
	Main orientations	Sub-orientations	Main orientations	Sub-orientations	Main orientations	Sub-orientations
(100) [011]	(100) [011]		(100) [011]	(311) [011] (211) [011]	(100) [011]	(112) [111] (111) [112]
(100) [001]	(100) [011]	(311) [103]	(100) [011]	(011) [011] (111) [hkl]	(100) [011]	(311) [103] (011) [011] (111) [hkl]
(110) [001]	(111) [112]	(110) [001] in deformation bands	(111) [112]	(110) [001] in projection by grooves	(111) [112]	(110) [001] in projection by grooves

法線を軸とする回転と圧延方向に並行な [011] 軸を中心とする回転によって (011) [011] と (111) [hkl] 方位が現われる。このとき、地の (100) 面方位は安定であり、法線を軸とする回転のみを生ずる。(110) [001] 単結晶に対しては、溝に相当する部分はそのまゝの方位を

維持し地は回転によつて (111) [112] 方位に変化する。また、横溝ロールを使用するとき、(100) [011] 単結晶に対して、胴長方向を軸とする回転によつて、(112) [111] と (111) [112] 方位が現われる。また、(100) [001] 単結晶に対しては法線方向を軸とする回転と胴長方向を軸とする回転によつて、(311) [103]、(011) [011] と (111) [hkl] 方位が現われた。一方、(110) [001] 単結晶に対しては、縦溝ロール圧延のときと同一の結果が得られた。このゴス方位の単結晶に対して、得られた結果については次のように解釈される。すなわち、地の流れは圧延直角方向を軸とした水平軸に関して、回転を生ずる。これに対して突起部の平滑化による流れは前の Fig. 6 に示すように、逆向きの回転をするため溝部に相当する部分は相対的に流れの影響が打消合つて最初の方角を維持すると考えられる。

今回、得られた結果は前回のプラスチックの模型の実験結果と全く良い対応関係にあるとはいえないが、重要な事実は多くの場合、縦溝、横溝を問わず突起の長手方向を軸とした回転がおこなわれるということである。たとえば、3% Si-Fe 合金の素材に対して溝ロール圧延法を適用した場合、従来の冷延集合組織の回転系列である圧延方向に平行な <011> 応力軸に回転が誘起されるため、{211} <011> に近い方位から {100} <011> に集積してくるであろうと考えられる。したがつて、溝ロール圧延を適用するときは交叉圧延におけるよりはるかに少ない幅方向の変形で、(100) 冷延集合組織が形成されるのは、圧延方向を軸とした [011] 軸の回転が主要な役割を負っていると結論される。

4. 結 言

冷延集合組織の形成に対する溝ロール圧延の影響を明

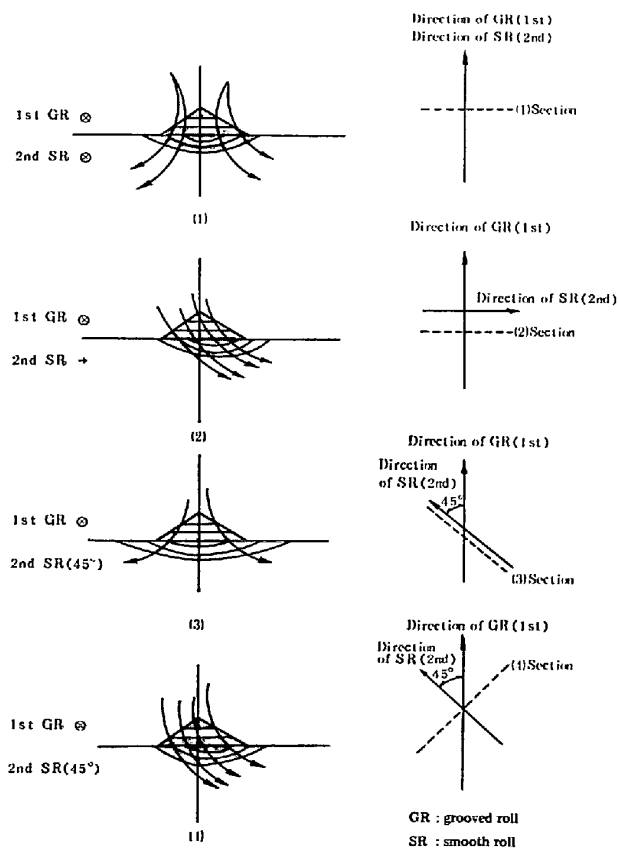


Fig. 6. Schematic illustration showing mass flow accompanied with rotation by succeeding groove rolling and smooth rolling. Relations between directions of cold rolling and observing sections are noted to right side.

らかにするため、極点図の作成、プラスチックの模型の実験、単結晶の方位変化について実験をおこない得られた結果を要約すると、

(1) 溝ロール圧延のみの場合は得られる極点図は不明確である。2 mmピッチの直交溝ロールまたは縦溝ロールを使用して、60%以上の溝ロール圧延後、引続き平滑化圧延を実施することにより(100)冷延集合組織の発達が認められた。

(2) 溝ロール圧延後平滑化圧延をおこない幅拡がり測定したところ、直交溝ロールと縦溝ロールを使用するとき幅拡がりは著しいが、横溝ロールと通常の平滑ロールを使用するとき幅拡がりの量は少ない。これは上の結果と良い対応を示している。

(3) プラスチック模型により材料の流れについて検討したところ、溝ロール圧延に相当する変形を与えたとき、(1)幅拡がりの現象、(2)不規則な変形、(3)回転を伴う材料の流れの現象が認められた。

(4) 単結晶の方位変化の実験から、溝ロール圧延後の平滑化圧延によつて、突起の配列の方向を軸とする回転を伴う材料の流れが認められた。

以上の結果から適当な冷延条件で溝ロール圧延と平滑化圧延を行うとき、(100)冷延集合組織が形成されるのはそれによつて生ずる回転を伴う材料の流れが主要な役割を果たすと結論される。

終りに終始ご懇切なご指導をいただきました東北大学

金属材料研究所田中教授に深甚な謝意を表す。

文 献

- 1) J. L. WALTER and W. R. HIBBARD: Trans. Met. Soc. AIME, 212 (1958), p. 731
- 2) H. J. FISHER and J. L. WALTER: Trans. Met. Soc. AIME, 224 (1962), p. 1271
- 3) D. M. KOHLER: J. Appl. Phys., 31 (1960), p. 408 S
- 4) G. W. WEINER: J. Appl. Phys., 35 (1962), p. 1230
- 5) J. L. WALTER and C. G. DUNN: Trans. Met. Soc. AIME, 218 (1960) 11, p. 914
- 6) A. A. FREY and F. BITTER: American Patent 2, 112, 084
- 7) F. BITTER: American Patent 2, 046, 717
- 8) Hsun HU: Trans. Met. Soc. AIME, 209 (1957) 10, p. 1164
- 9) D. M. KOHLER and M. F. LITTMANN: American Patent 3, 130, 092
- 10) Yu. A. PIMENOV: Phys. Metals Metallog., 25 (1968) 4, p. 86
- 11) K. FOSTER, J. J. KRAMER and W. WEINER: Trans. Met. Soc. AIME, 227 (1963), p. 185
- 12) 熊沢増治, 岩山健三, 菅 洋三: 鉄と鋼, 63 (1977), P. 1838
- 13) 熊沢増治, 中川恭弘, 本城 修: 鉄と鋼, 63 (1977) 14, 掲載予定
- 14) H. MÖLLER and H. Stäblein: Arch. Eisenhüttenw., 29 (1958) 1 P. 377
- 15) 栗野泰吉: 塑性と加工 1 (1960) 3, p. 203