

ローリングミルによるリング製品について

Ring Products Produced by Ring Rolling Mill

山 浦 茂 義*
Shigeyoshi Yamaura

松 居 進**
Susumu Matsui

狩 野 俊 之**
Toshiyuki Kano

見 戸 一 成***
Kazunari Mito

Synopsis :

The ring rolling mill at Hyogo Works, capable of producing rings of maximum diameter of 3300 mm, maximum height of 500 mm and maximum weight of 3000 kg, is one of the largest mills of this kind in Japan.

The features of the ring rolling mill are the production of quality products with high productivity, accuracy of dimensions and high yield of rolled rings to final machined rings.

This report introduces the mill equipment, the production method, some of the features and quality of the products turned out by it.

1. まえがき

リング製品は自由鍛造、鑄造、鉄板曲げ加工などにより製作されているが、自由鍛造品においてはその作業の性質上作業能率、寸法精度および歩留りが悪く、コスト高を招く傾向にある。また鑄造品および鉄板曲げ加工品においては作業能率、品質に問題が多い。そこでこれらの問題を解決するためにリングローリングミル設備の導入が計画され、その結果昭和41年2月、西独ワグナー社製のRW-125型リングローリングミル設備の設置をみるに至り、同年4月より稼動を始めた。

ローリングミルによるリング製品は寸法精度が良好のため歩どまりが良く、したがって機械加工時間の大幅な短縮が可能である。またリングロー

リングミル自体の生産性は非常にすぐれており、自由鍛造に比べて数倍の作業能率を示している。品質も自由鍛造品に比べてなんら遜色なく良好である。

当初は操作の不慣れや技術の未熟のため幾多のトラブルもあったが、現在では技術の向上、設備、作業方法の改善により、各種寸法のリング製品および異形断面のリングをも生産できるようになった。

以下に、当社リングローリングミルの設備の概要、製造方法、同製品の特徴および品質などについて報告する。

2. 設備概要

当リングローリングミルの構造は図1に示すと

* 兵庫工場製造部鍛造課課長

** 兵庫工場製造部鍛造課掛長

*** 兵庫工場管理課課長（現西宮工場検査課課長）

おりであり、キングシャフト駆動装置(1)とその伝導装置(2)が基礎にアンカーボルトで固定され、その上にミルフレーム(5)が乗っている。またフレームにはピボット状の4個のシュー(9)の付いたスライド台が動くようになっている。

圧下力はスライド台についているシリンダー(7)によって得られ、シリンダー・ロッドはミルフレームに固定されている。

マンドレル(13)はスライド台の前面にある。マンドレルを支えるバックギンアーム(10)はシリンダー(8)によって上げ下げされる。バックギンアームが下がると、ミル本体にスプリングで取付けてある滑走台(6)上をアーム支持用の2個のローラーが移動する。このようにして、マンドレルはバックギンアームによって確実に支持されている。

圧延中のリングは、フレームの左右に出ている2つのセンタリングレバー(12)によって中心に合わせられ、また真円度が確保される。2つの油圧シリンダー(4)がこれら2つのレバーを開閉させる。歯切りされた弓状の装置(3)の噛合いによって、2つのレバーは同時に動くようになっている。

リング寸法測定装置(14)は、リングの平均径を測定し指示する。リングの寸法が寸法測定装置に指示した寸法に達すると、リミット装置によりリング圧延が終了する。

当ミルの仕様を次に示す。

型 式：ワグナー社製 RW-125-3000

水平式リング圧延機

作動圧力：200 atm

圧下力：125 t

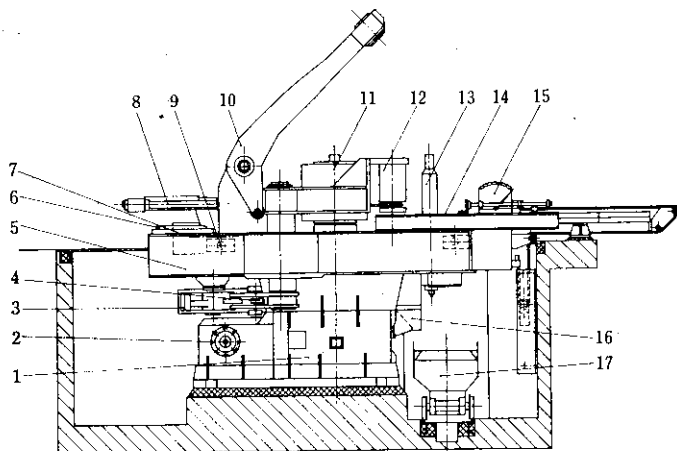
駆動力：250 kW

床面上高さ：約 3,350 mm

作業面上高さ：F. L. +400mm

油圧ポンプ：

(i) スライド用油圧ポンプ



- | | | |
|----------------|-------------------|-------------|
| 1) キングシャフト駆動装置 | 7) スライド用シリンダー | 13) マンドレル |
| 2) キングシャフト伝導装置 | 8) バックギン用シリンダー | 14) 作業テーブル |
| 3) センタリング用弓状歯車 | 9) シュー | 15) 寸法測定装置 |
| 4) 油圧シリンダー | 10) バックギンアーム | 16) スケール口 |
| 5) ローリングミルフレーム | 11) キングシャフト(主ロール) | 17) スケール運搬車 |
| 6) 滑走台 | 12) センタリングレバー | |

図1 リングミル構造

圧力 200 atm

吐出量 146 l/min

(ii) センタリングローラー用油圧ポンプ

圧力 100 atm

吐出量 39 l/min

製作能力：

(i) 製品重量 最大 3,000 kg

(ii) 製品外径 最大 3,300 mm
最小 300 mm

(iii) 製品肉厚 最小 10 mm

(iv) 製品高さ 最大 500 mm

3. 製造方法

3.1 製造工程

リング製造工程の概要を図2に示す。

製品の用途、材質、仕様により真空鑄造鋼ある

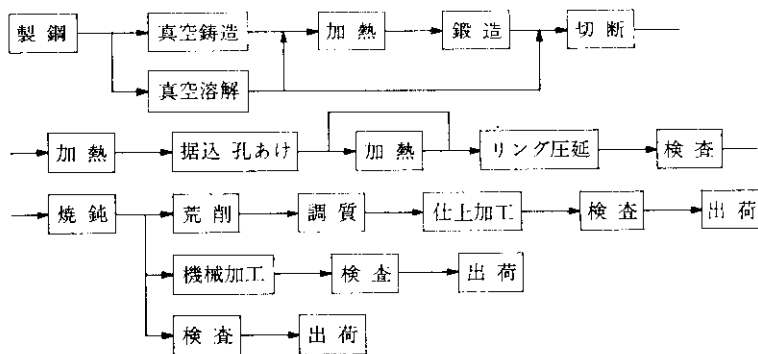


図2 製造工程

いは真空溶解鋼が使用される。真空溶解鋼は用途仕様の厳格なもの、たとえばロケット材、ベアリング材などに、一般のギヤー材、フランジ材などは真空鑄造鋼が使用される。

リング材料としては、製品の形状、寸法に応じてそれぞれ上記の鋼塊あるいは鋼片を用い、低炭素鋼はガス切断、中・高炭素鋼や合金鋼は熱間ガス切断または鋸切断を行なって使用される。

切断された鋼塊あるいは鋼片は、材質により、1,200~1,300℃に加熱され、大型水圧プレスによって据込、孔あけが行なわれる。据込、孔あけ

されたリング素材は、リングローリングミルに運ばれ所定の寸法にリング圧延される。

リング圧延後、注文仕様により種々の熱処理、機械加工が施こされ、寸法検査、材料試験、超音波探傷検査、表面疵見検査などが行なわれた後で出荷される。またリング

ミル製品は寸法精度が良好なため、黒皮で 사용되는場合も多い。

表1に作業管理項目の概要を示す。

3.2 リングローリング

リング素材は2つの大きさの異なるロールの間を連続的に回転し、圧力が加えられて肉厚を減少し直径が大きくなる。それら2つの変形と同時に高さ方向の変形も起こる。高さ方向の変形量は肉厚直径の変形量に比べると非常に小さいが、無視することはできない。これは材料の表面部と中央部の変形量の差に起因し、その変形量は材料の肉厚、高さ、ロールの直径、圧下力、材料の温度などにより影響される。

リング圧延では直径の異なる2つのロールを使用するため、外径側と内径側とで高さ方向の変形量が異なり、図3のような断面形状のリング製品が出来る。

一般的に、リング圧延前の材料の肉厚が高さのほぼ1.4以上になると、高さ方向の変形量が大きくなり、リング圧延は困難となる。したがって外径、肉厚が大きく、高さの低いリング製品では、図4のように粗圧延後据込みしてから仕上圧延する必要がある。すなわち、最初は高さを高くして圧延し、直径を大きくし肉厚を減少した後に、高さを調整して最終リング製品に圧延する。

リング製品の断面が矩形形状以外の種々の断面形状のリング製品も、型ロール、型マンドレルを使用することにより、製作出来る。図5は製作可能な異形リングの一例である。凹凸の大きな断面形状(図5参照)のリング圧延は図6に示すような

表1 リング製品の作業管理項目

工 程	関 連 標 準	管 理 項 目
材 料 段 取	鋼塊使用取扱標準	材質、成分、鋼塊大きさ 鋼塊温度
加 熱	鋼塊加熱標準	加熱温度・時間
鍛 造	鍛造技術標準	鍛造温度・時間 鍛造比 鋼塊切捨て量
鋼 片 切 断	鋼片切断標準	切断温度 切断後処置
加 熱	リング材加熱標準	加熱温度・時間
据込 孔あけ	鍛造技術標準	鍛造温度 寸法、形状
リング圧延	"	圧延温度 寸法、形状
芯 出 し	芯出し作業標準	寸 法 表面状況
切 断	リング切断標準	切断温度 切断後処置
焼 鈍	熱処理技術標準	温度、時間 冷却、方法 積 載 量

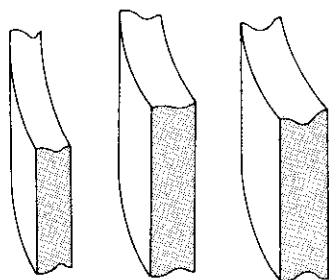


図3 リング製品の断面

2段バス圧延法が採用される。

4. リングローリングの特徴

4.1 生産性

リングローリングはその作業時間が非常に短かく、自由鍛造に比べて数倍の高い生産性を示す。表2にリングローリングと自由鍛造の孔ひろげ作業時間、および据込、孔あけ作業を含めた全作業時間の比較の1例を示す。

このようにリングローリングはミル自体の作業時間がきわめて短かいため、材料の運搬、加熱炉の出し入れ、プレス、ミルの段取り時間によってその生産性が大きく左右される。

4.2 寸法精度および歩どまり

リングミル製品は真円度、円筒度、表面平滑度が非常にすぐれているため寸法精度がよい。

したがって歩どまりもよく、また機械加工時間の大幅な短縮が可能である。

リングミル製品の制御可能な寸法精度は直径、肉厚、高さにより異なるが、一般的には直径の

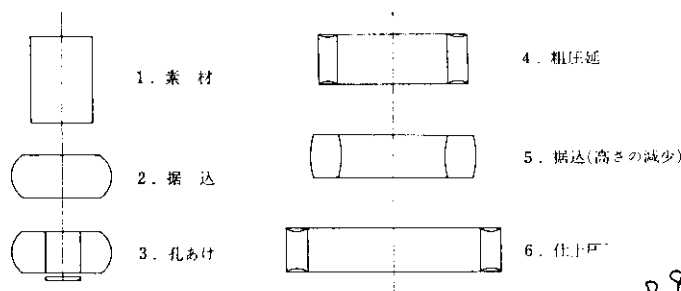


図4 リングローリングの一例

p.83

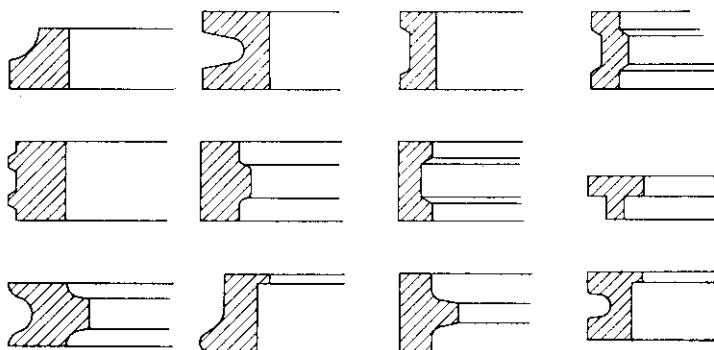


図5 異形リング断面

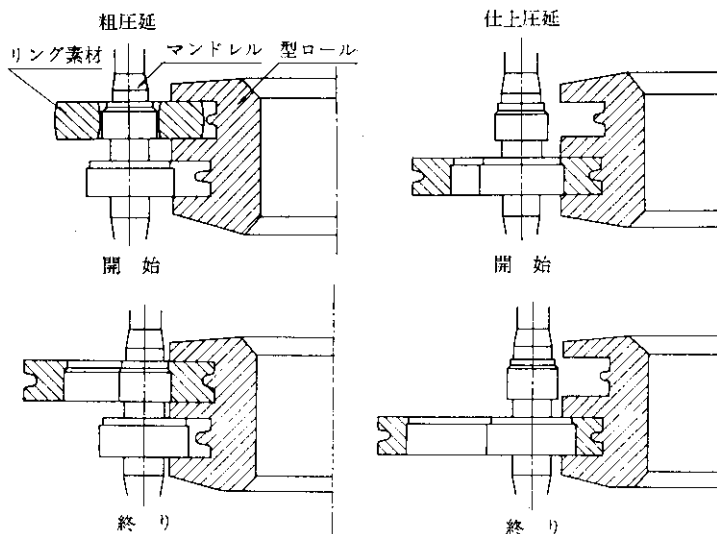


図6 2段バス圧延法

1% (自由鍛造では3~4%) 程度である。一例として直径800mm、高さ150mmの製品では直径で約8mmであり、外径、高さが大きくなるにしたがって寸法公差も大きくなる。リングミル製品と

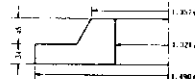
表2 リングローリングと自由鍛造の孔ひろげ作業時間および全作業時間の比較

単位: min

製造方法	リング寸法				
	外径 × 内径 × 高さ				
	1290φ × 110φ × 165	1360φ × 1210φ × 170	1725φ × 1594φ × 290	1810φ × 1600φ × 210	2900φ × 2740φ × 250
リングローリング	4 (—)	— (9)	6 (—)	— (19)	16 (36)
自由鍛造	53 (—)	— (72)	76 (—)	— (112)	142 (202)

() 内は全作業時間

表3 リングローリングと自由鍛造によるリング製品の歩どまりの比較

製造方法	外 径 × 内 径 × 高 さ								
	1295φ×1205φ×180		1600φ×1280φ×240		2900φ×2740φ×250				
	F.F	R.M	F.F	R.M	F.F	R.M	F.F	R.M 矩形断面	R.M 異形断面
製品重量(kg)	250	250	1,370	1,370	1,410	1,410	140	140	140
圧延重量(kg)	570	350	2,150	1,600	2,850	2,050	480	325	255
歩 留 (%)	43.9	71.5	63.7	85.6	49.5	68.8	29.2	43.1	54.9

F.F: 自由鍛造

R.M: リングローリング

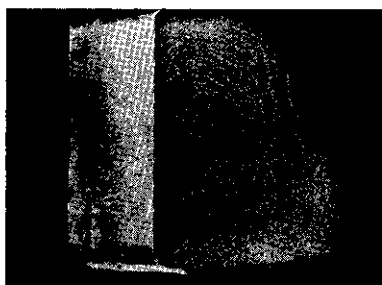


写真1 リングミル製品のメタルフロー

自由鍛造製品との歩どまりの比較を、一例として表3に示す。

4.3 品質

リングミル製品はリングローリングの性質上、円周方向に並んだ均一なメタルフローが得られ、種々の歪に対して最も適当な組織を示している。

ベアリングレースなど異形断面のものは機械加工により溝を切り出すと、その断面はメタルフローが途切れたものになるが、リングローリングにより溝をつくれば、その断面のメタルフローは連続した閉じたものになる。写真1にリングミル製品の断面のメタルフローを示す。

以上のようにリングミル製品のメタルフローは

円周方向に均一に並んだものであり、またその断面においても連続した閉じたものであるため、熱処理などによる歪も、自由鍛造製品に比べて軽減される傾向を示す。

5. リングミル製品の性状

5.1 自由鍛造製品との比較

リングミル製品と自由鍛造製品との比較した一例について述べる。

比較に用いた素材はSF-60(C:0.45, Mn:0.62, Si:0.28, P:0.010, S:0.012%), 13t電気炉製真空鑄造鋼塊であり、供試材の製造工程は次のとおりである。

鋼塊 → 鋼片鍛造 → 自由鍛造 / リング圧延 → 焼準後焼戻 → 試験

なお製品寸法は 外径1,500mm, 内径1,300mm 高さ 240mm のものである。

焼準 (850°C × 10h A.C), 焼戻 (630°C × 10h A.C) 後の機械的性質の比較を表4に示す。

表4から明らかなようにリングミル製品、自由鍛造製品ともに接線方向、高さ方向に比べて半径方向の値がやや低くなっており、リングミル製品

においてこの傾向がやや大きいようである。このことは両者の変形機構の差によるものと思われる。

そのほかの超音波探傷、ダイチェック試験結果では、両製品ともに全く欠陥は認められず、良好であった。写真2にダイチェックの結果を示す。

サルファープリントは写真3に示すように内周部の偏析帯と外周部の無偏析帯の2つの部分に分かれているが、偏析線の流れの状態から両製品との間には大差は認められない。

またマクロ組織も写真4のごとくいずれも均一であり、顕微鏡組織も写真5に示すように両者ともにパーライト組織で良好である。

以上のようにリングミル製品は自由鍛造製品と比較してなんら遜色のない品質を示しているが、サルファープリントおよび機械的性質においてリングミル製品の方が、やや方向性が強いようである。

表4 リングミル製品と自由鍛造製品の機械的性質の比較

	方 向	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	硬さ (Hb)	曲げ 試験	2r ラッ ビ (k
圧延 リング	半径 方向	33.6	63.7	25.4	42.2	179	—	4
		34.1	63.4	24.8	43.7	179		5
	接線 方向	37.9	63.5	28.0	47.9	179	良	6
		36.2	63.8	28.0	50.9	167		7
	高さ 方向	37.5	63.7	27.4	47.0	174	良	
		37.1	63.8	27.4	45.8	174		
自由鍛造 リング	半径 方向	37.4	65.2	25.4	44.0	174	—	
		37.2	65.0	25.7	45.2	174		
	接線 方向	37.8	64.2	27.7	50.6	174	良	
		40.5	65.3	29.2	48.9	183		
	高さ 方向	38.4	63.9	27.9	46.6	179	良	
		37.0	64.7	26.2	48.8	170		

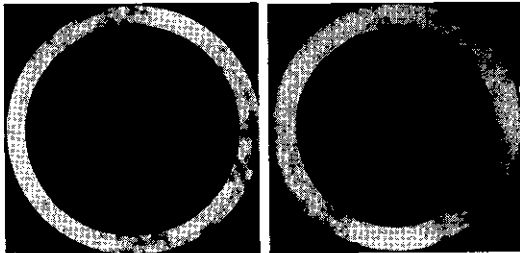
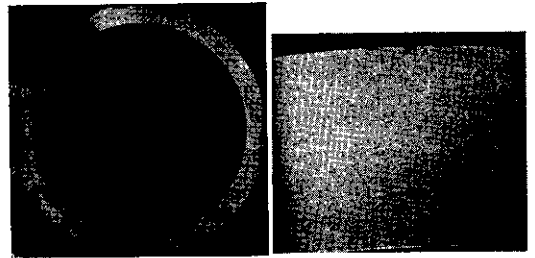
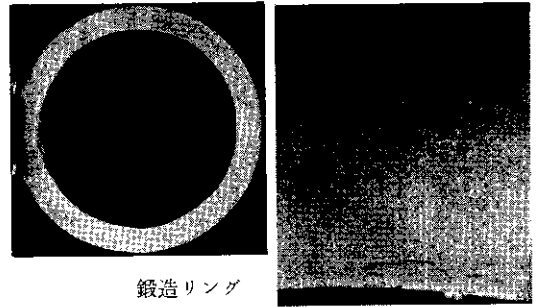


写真2 鍛造リング 圧延リング
リングミル製品と自由鍛造リング製品のダイチェック



圧延リング



鍛造リング

写真4 リングミル製品と自由鍛造製品のマクロ組織

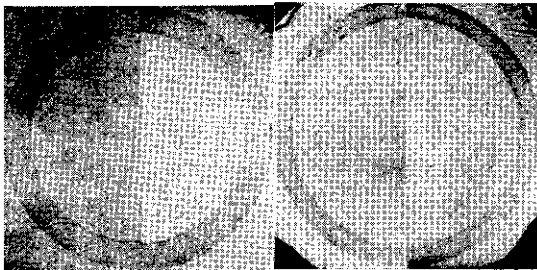


写真3 鍛造リング 圧延リング
リングミル製品と自由鍛造製品のサルファープリント

5.2 代表鋼種による製品の機械的性質

以上述べたとおりリングミル製品の品質は良好であり、各種規格も十分満足するものであるが、表5に示すような代表鋼種による製品について行った機械的性質の一例を表6に示す。これらの供試材はいずれも5・1と同じ工程で製造されたものであるが、熱処理条件はそれぞれの材質に応じ

表 5 代表的鋼種の化学成分およびリング寸法

	リング寸法	化 学 成 分 (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
S F 55	1200 ϕ ×1000 ϕ ×180mm	0.37	0.24	0.55	0.013	0.013	0.08	—	—
S 45 C	1120 ϕ × 910 ϕ ×280mm	0.46	0.22	0.57	0.011	0.012	0.09	—	—
S C M 4	1120 ϕ × 910 ϕ ×280mm	0.39	0.25	0.72	0.010	0.008	0.08	1.12	0.21

表 6 代表的鋼種によるリングミル製品の機械的性質

鋼 種	熱 処 理	方 向	引 張 試 験				硬さ試験 (Hb)	2 mm Uノ ッチシャル ビー衝撃値 (kgm/cm ²)	曲げ試験
			降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)			
S F 55	焼 準 850°C×7h A.C	半径方向 {	34.9	58.6	30.6A	53.8	159	6.0	
			34.6	58.1	28.8A	52.4	159	6.2	
	焼戻し 600°C×10h A.C	接線方向 {	35.1	58.6	29.2A	53.8	159	8.3	良
			36.2	59.1	31.1A	55.0	159	8.1	
		高さ方向 {	34.1	59.1	30.3A	53.8	159	8.0	良
			34.1	59.1	29.2A	52.4	163	8.5	
S 45C	焼 準 850°C×7h A.C	半径方向	37.8	66.4	24.0A	39.2	183	3.9	良
	焼戻し 600°C×10h A.C	接線方向	40.9	66.0	26.5A	46.8	187	5.4	
S 45C	焼 入 850°C×7h W.Q	半径方向 {	59.1	84.6	20.0B	43.8	248	2.8*	
			58.6	83.8	22.3A	45.3	248	2.7*	
	焼戻し 580°C×10h A.C	接線方向 {	62.4	86.4	23.1A	49.6	243	3.7*	
			61.9	86.8	20.6A	48.2	248	3.6*	
		高さ方向 {	60.6	84.0	20.6A	48.2	255	3.0*	
			61.1	86.9	21.4A	45.3	248	3.0*	
S 45C	焼 入 850°C×7h W.Q	半径方向 {	54.0	78.4	23.7A	51.0	235	6.6	
			54.8	79.1	23.4A	53.7	235	6.1	
	焼戻し 610°C×10h A.C	接線方向 {	55.9	79.2	25.6A	55.7	229	7.1	
			55.6	79.0	25.2A	58.5	229	7.3	
		高さ方向 {	55.3	79.4	24.0A	50.9	229	6.6	
			54.2	78.4	23.0B	51.0	229	5.9	
SCM4	焼 入 850°C×7h O.Q	半径方向 {	91.6	106.0	18.2A	49.5	331	6.0	
			92.0	103.0	18.0A	53.9	341	5.5	
	焼戻し 580°C×10h A.C	接線方向 {	94.7	108.5	18.4A	51.1	331	6.3	
			95.6	109.2	18.0A	53.9	341	6.1	
		高さ方向 {	93.8	103.2	18.4A	50.0	331	5.2	
			91.2	105.4	18.0A	50.8	331	5.7	

* 2mmV ノッチシャルビー試験

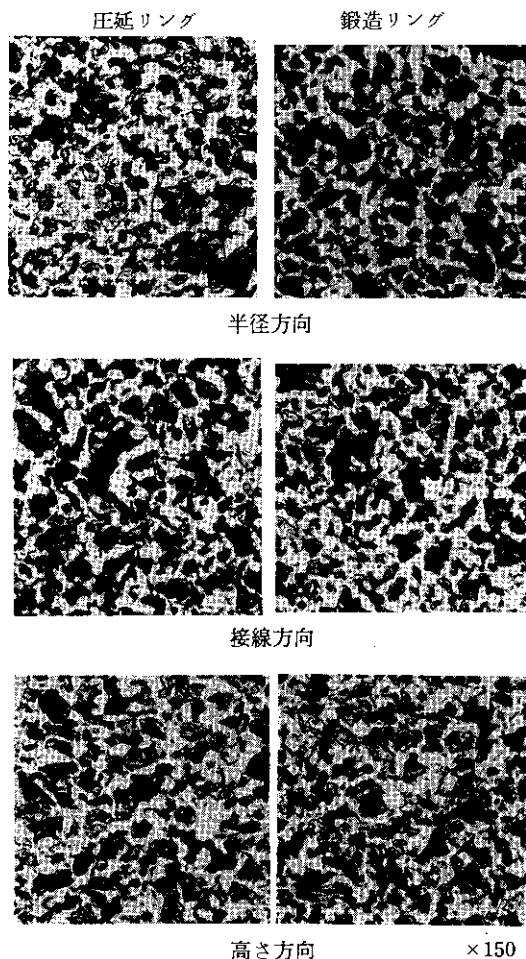


写真5 リングミル製品と自由鍛造製品の顕微鏡組織

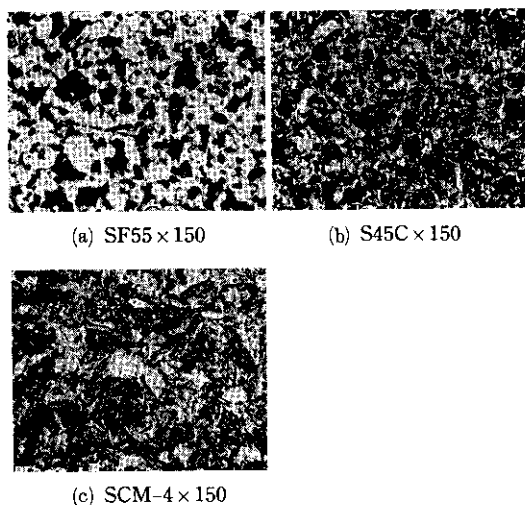


写真6 代表的鋼種の顕微鏡写真

て、表中に記されているごとく異なっている。この表で接線方向の衝撃値が他の方向の値よりもやや良い値を示しているのは変形機構から当然推察されることである。

写真6にそれぞれの鋼種の顕微鏡組織の一例を示す。

6. 結 び

以上リングミル製品の生産性、寸法精度、歩どまり、品質などにつき述べてきたが、将来造船、石油化学、建設機械および他の産業機械分野における近代化ならびに大型化の傾向につれてリング製品も大型化、複雑化し、その需要もますます拡大するものと思われる。

当社のリングミル製品はこのような大型リング材や、従来型鍛造でしか作れなかった複雑な断面形状のリング材に対して、品質および経済性の面で各界の要望に応えうるものである。

しかしこれらリング製品の寸法、形状、仕様などは相当広い範囲に変化しており、現状においてこれら諸要求に直ちに應じ得るには、なお解決すべき問題を多分に残している。このためにはさらに素材、設備および操業面における研究開発が必要であり、関係各位のご指導、ごべんたつをお願いするしだいである。