

技術資料

——ロール製造技術の現状と将来——

鍛鋼ロールについて\*

小林 一喜\*\*

——Present and Future of Roll Production Technique——

Technical View on Forged Steel Rolls in Japan

Kazuyoshi KOBAYASHI

表 1 LD 転炉, 熱間ストリップ圧延機冷間ストリップ圧延機の状況 (能力)

		LD 転 炉		熱間ストリップ圧延機		冷間ストリップ圧延機	
日 米 西 英 ソ	本 国 独 国 連	66基	68 273 千 t	15基	26 372 千 t	56基	13 405 千 t
		81	54 020	44	78 651	128	48 869
		36	20 200	6	10 500	27	7 494
		20	8 720	6	8 460	19	5 385
		46	11 200	13	17 220	14	4 920
世界合計		404	212 623	130	184 226	383	106 837

表 2 ロール月間生産量

	1967年 t/month	1968年 t/month	1969年 t/month	1970年 t/month
鑄鋼ロール(鑄放)	5 989	5 000	5 237	6 400
鍛鋼ロール(打上)	3 861	3 763	4 453	5 200

表 3 鍛鋼ロール使用分野 (除非金属産業)

	1968 年 t/year	1969 年 t/year
鉄鋼産業	28 000	26 700
非鉄産業	1 900	1 815

わが国の粗鋼生産能力は昭和 45 年度 9 500 万 t で、鉄鋼需要は 45 年度粗鋼ベース 9 250 万 t、輸出 1 800 万 t が見込まれており、昭和 50 年度には粗鋼生産 1 億 3 000 万 t はかたいとされており、さらに技術革新、鉄鉱石原料炭の長期安定確保、環境問題、原料製品の輸送問題をかかえながらも年率 7% 前後の上昇が今後 10 年間 1970 年代は続くものと考えられる。

この位置づけは Table 1 の LD 転炉, 熱間ストリップ圧延機, 冷間ストリップ圧延機のためわが国の状況, 建設計画を考えると米国にせまる発展性を見せている。

1. 鍛鋼ロールの現状<sup>1)2)</sup>

鉄鋼の用途別受注高を示すと図 1 のごとくであり、44 年度においては普通鋼 5 352 万 t、特殊鋼 643 万 t、内需 4 521 万 t、輸出 1 473 万 t を示している。この用途は大部分が加工工程を通り圧延機によって生産されている。わが国の鑄鋼および鍛鋼の年次変化を見ると図 2 のごとく、45 年度 7 500 t/month 鑄放鑄鋼、6 000 t/month 打上鍛鋼の生産があり、そのうちロールの内訳は表 2 のごとくである。

これをロール生産量に直した結果が図 3 であり、本年度鑄鋼ロール 4 000 t/month、鍛鋼ロール 3 300 t/month 程度の生産が行なわれている。この内鍛鋼ロールは約 6% が非鉄金属圧延に使用され、残りは鉄鋼産業に使われている。[表 3 ただし非金属産業(製紙, ゴム, 化学)を除く]

さらに、鍛鋼ロールに関係の深い冷間ストリップ圧延トン数(図 4) 冷延鋼板, 亜鉛メッキ鋼板, 軽量型鋼, アルミニウム(図 5), 電線管, プリキ鋼板, 伸銅製品(図 6)の生産量をグラフで示した。

\* 昭和45年10月24日受付 (依頼技術資料)

\*\* 関東特殊製鋼(株)

なお 45 年 1~6 月のロール輸出は、16.4 億円; 7400 t を示しており、そのうち約 1/3 の金額が鍛鋼ロールである。

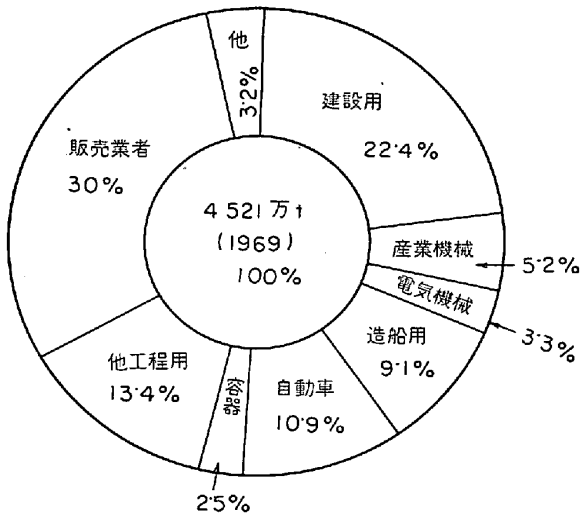


図 1 わが国の鍛鋼の用途別受注高 (1969年)

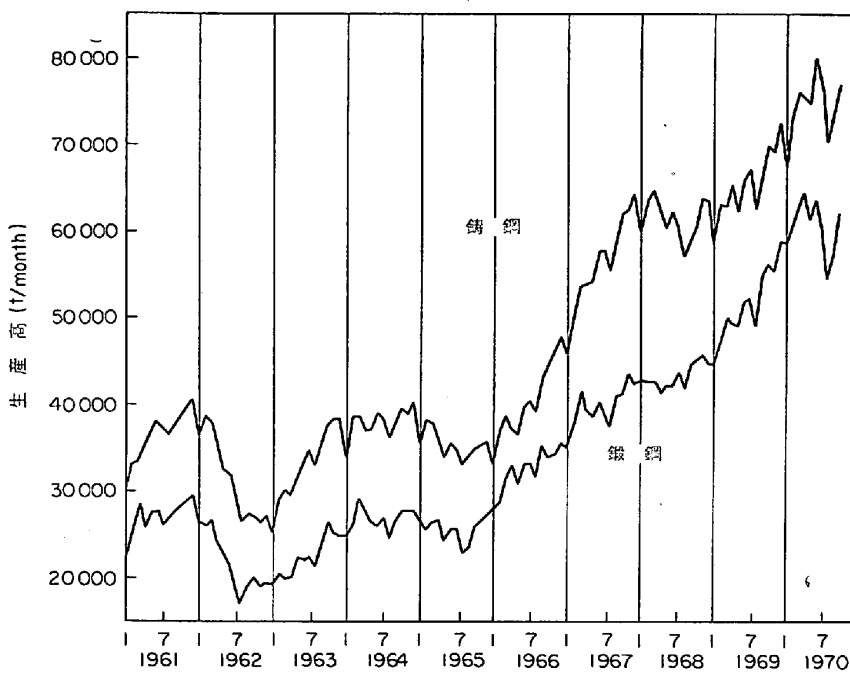


図 2 わが国における铸鋼、鍛鋼の月産額

## 2. 鍛鋼ロールの分類

鍛鋼ロールの分類として各種の方法があるが、成分処理ということで常識的に区分すると表 4 のようになる<sup>3)</sup>。

(A), (B), (C) の 3 種類は一応 4% 程度以下の合金添加した特殊鋼を含め (E) (F) は 5% 以上の合金元素を加えたものとした。

ほかに真空溶解, ESR (エレクトロスラッグ溶解) があるといえる。

### 2.1 亜共析鋼ロール (表 4 の A)

本品種は強圧力, 強トルク, 強衝撃な用途のロールに使用されている。代表的な鋼成分として表 4 の (A) があげられる。

この成分のロールは焼準または空冷によって処理し引張強さ 50~80 kg/mm<sup>2</sup> の材質にして使用している。現在通常は特殊鑄鋼ロール, ときにはダクタイル鑄鉄ロール, 球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されているが, 重衝撃の場合には, なお鍛鋼ロールが使用されている。鋼塊または

スラブの分塊, 大形型钢の分塊, 粗ロールなどがこれに該当する。

また表 4 の A 成分の鋼が直径 950φ 以下のロールに使用され, 焼戻軟化抵抗の強さを利用して一部の小形型钢の粗圧延や銅または銅合金の板, スラブ, 線材アルミニウム関係の熱間ロールにも使用されている。

この成分のロールは各種の冷間, 熱間圧延のバックアップロールに使用されることも多い。

### 2.2 共析鋼ロール (調質, 表 4 の (B))

これらの鋼は主として厚板, 熱間ストリップミル, 冷間ストリップミルのバックアップロールとして使用されており, また非鉄部門でも広くバックアップロール, 熱間ワークロールに使用

表 4 鍛鋼ロールの分類

区 分	処 理	組織または区分
1 (A) 亜共析鋼ロール	焼準または調質	(フェライト)+(パーライト)
2 (B) 共析鋼ロール	〃	(パーライト)+(微細パーライト)または(ベーナイト)
3 (C) 共析鋼ロール	焼入処理	(マルテンサイト)または(ベイナイト)
4 (D) 過共析鋼ロール	焼入処理(熱処理)	(マルテンサイト)+(カーバイト)
5 (E) 低炭素高合金鋼ロール	熱処理	耐熱工具鋼, ステンレス鋼, 高速度鋼
6 (F) 高炭素高合金鋼ロール	熱処理	冷間工具鋼, 特殊ステンレス鋼, 特殊高速度鋼
7 (G) 表面処理またはコーティングロール	表面処理	浸炭, 窒化, メッキ
8 (H) 組立式または特殊構造	組立	スリーブ式, 胴軸組立式

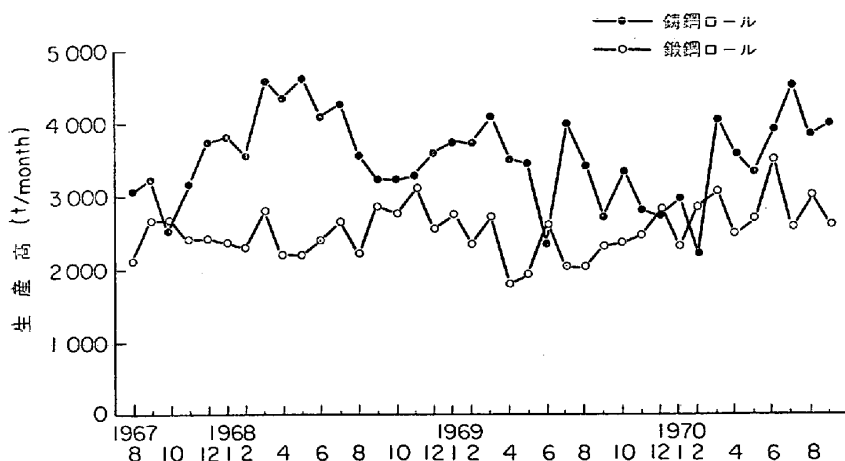


図 3 わが国の鑄鋼および鍛鋼ロールの月産高

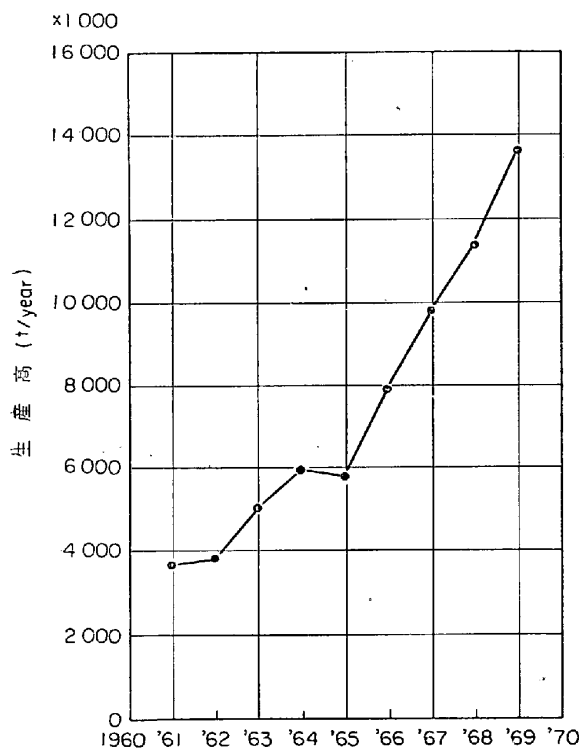


図 4 わが国の冷間ストリップ圧延の生産高

されている。

**2.3 共析鋼ロール(焼入, 表4の(C), かたさ: Hs 75~105)**

冷延ワークロールの成分は大体上記の範囲に入る。一般的にいつて、粗圧延用にはC量および硬度の低目をねらい、仕上げ圧延過程のロールほど高目のC量、硬度にしている。

**2.4 過共析鋼ロール(焼入, 表4の(D), かたさ Hs 80~105)**

前記(C1)の材質のC量を高めに選定して高硬度をねらい、小型ロール、レベラーロールなどが作られてい

る。

**2.5 低炭素高合金鋼ロール(表4の(E))**

この成分はいずれも熱間工具鋼系統のものであり銅、アルミニウムなどの熱間圧延に使用され、またセンチミアーおよびローンミルの中間またはドライロール、プラネタリーミルの回転ワークロールなどに使用される。この鋼種の大形の鋼塊の作成には偏析などの問題が多く、今後2重構造式の鍛鋼ロールが作成された場合には利用範囲の広がる成分と見られる。

**2.6 高炭素高合金鋼ロール(表4の(F))**

この種のロールはセンチミアー圧延機などのワークロール、一中間、二中間ロールに使用され、おもに(F2)が一部(F3)が利用されている。また近時ステンレス鋼板の圧延に(F5)~(F8)のモリブデン系高速度鋼が使用されはじめてきた。しかし高炭素高合金であるためVなどの複合炭化物の調整に今後の開発がなお残り、HRC 70程度のかたさをうる材質の開発が進められている。また、管径20B以下の電縫管のフォーミングロール、軽量型鋼のフォーミングロール、矯正ロールなど耐摩耗性のすぐれた材質の(F2)系のロールが広く使用されている。

**2.7 表面処理またはコーティングロール(表4の7(G))**

この種のロールは浸炭または窒化処理により硬度を出し耐摩耗性を持たせ、電縫管フォーミングロール、矯正機ロールなどに一部使用されており、またクロームメッキを行ないツヤ出しと耐摩耗性を加えレベラーロール、スキンパスロールに利用されている例がある。また、ハードフェイスングを利用してピンチロール、厚板レベラーロールなどの更生使用や補強の行なわれている例がある。

**2.8 組立式または特殊構造ロール(表4の8(H))**

現在冷間、熱間のバックアップロールにはスリーブ式の組立ロールが広く利用されており、また近時アルミニウム、鉄鋼などの連続製造圧延ラインのロール、厚板の処理ラインのロールなどに内面を冷却する機構を有するロールの利用が多くなってきた。ほかにロール内面よりの加熱、圧延時の形状維持のためロールの一部分の加熱または冷却の行なえる構造のロールも現われてきている。

**3. 用途別の鍛鋼ロールの問題点について**

前記のごとき成分製法によって鍛鋼ロールを分類して

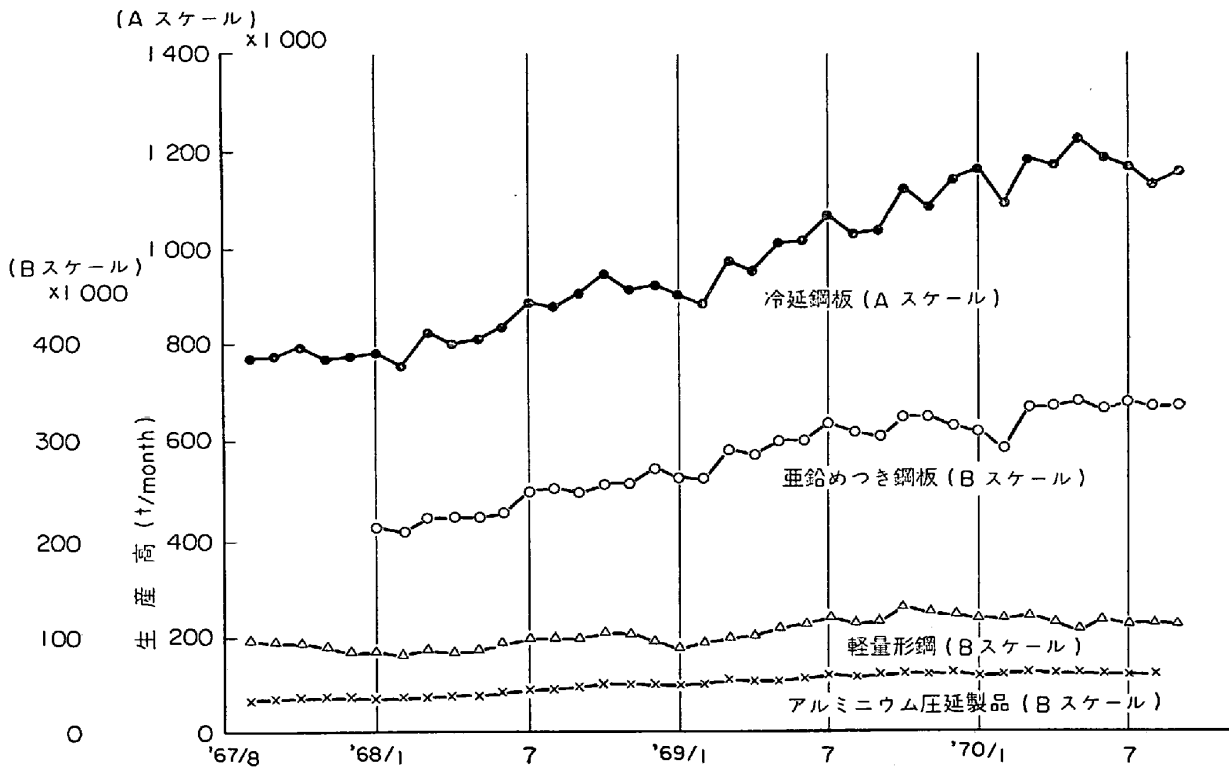


図5 わが国の冷延鋼板、亜鉛めつき鋼板、軽量形鋼、アルミニウム圧延製品の月産高

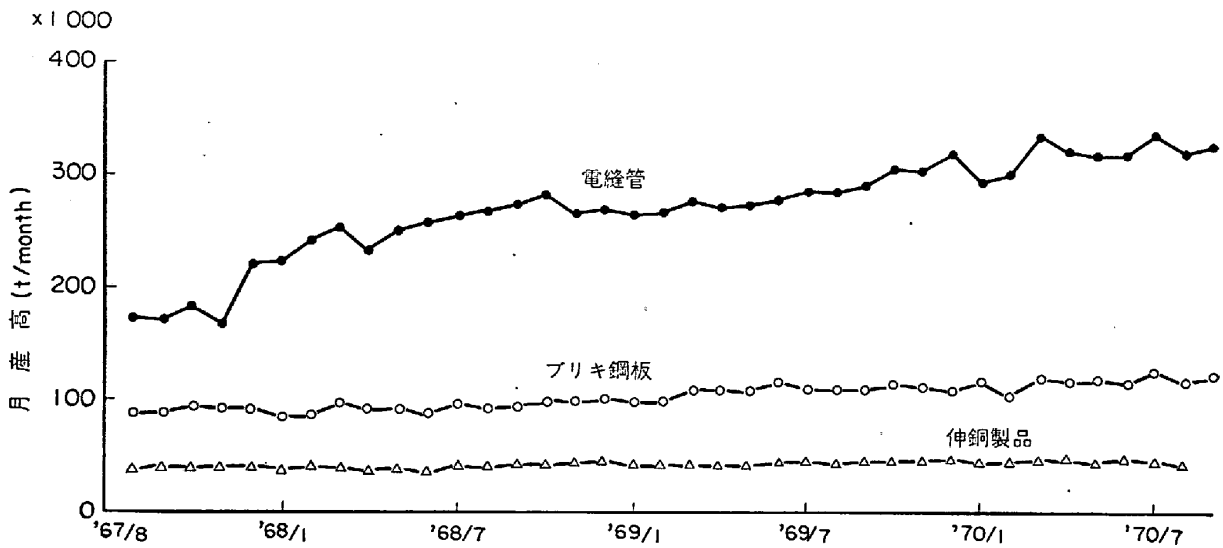


図6 わが国の電縫管、プリキ鋼板、伸銅製品の生産量

表4の(A)

	C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	V%	Hs
(Aa)	0.45/0.60	0.2/0.5	0.5/0.8	0.4/1.2	0.15/0.30	(0.1/0.25)	30/38

	C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%	Mo%	V%	Hs
(Ab 1)	0.45/0.65	0.20/0.40	0.60/1.0	1.2/2.0	0.7/1.0	0.2/0.5	(0.1/0.25)	40/70
(Ab 2)	0.45/0.65	0.4/0.8	0.4/0.8	(0.4/0.8)	1.0/1.6	0.2/0.6	0.1/0.3	40/70
(Ab 3)	0.45/0.65	0.2/0.4	0.6/1.0	0.2/0.6	0.9/1.2	0.3/0.5	0.1/0.25	40/70
(Ab 4)	0.35/0.55	0.4/1.0	0.4/0.6	(0.5/1.1)	2.0/3.0	0.3/0.5	(0.1/0.25)	45/75

表4の(B)

	C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%	Mo%	V%	Hs
(B 1)	0.55/0.70	0.3/0.6	0.6/0.9		0.6/1.1	0.15/0.30	(0.1/0.25)	33~65空冷または調質
(B 2)	0.60/0.80	0.15/0.40	0.2/0.5		1.0/1.8	0.15/0.50	(0.1/0.25)	45~75 調質
(B 3)	0.50/0.70	0.15/0.40	0.2/0.5		2.3/3.3	0.3/0.5		50~70 //
(B 4)	0.60/0.80	0.15/0.40	0.2/0.5		1.2/2.0	0.3/0.6		40~70 //
(B 5)	0.60/0.80	0.3/0.6	0.4/0.8	0.8/1.5	0.6/1.2	0.2/0.4	(0.1/0.2)	40~70 //
(B 6)	0.60/0.80	0.3/0.6	0.4/0.8	0.4/1.0	1.0/1.8	0.2/0.4		40~70 //
(B 7)	0.65/0.85	0.3/0.6	0.5/0.9	2.0/2.5	0.8/1.4	0.3/0.5	(0.1/0.2)	40~70 //

表4の(C)

	C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%	Mo%	V%	Co%
(C 1)	0.7/0.9	0.2	0.4		1.6/2.3	0.2/0.5		
(C 2)	0.7/0.9	0.5/1.0	0.4		1.7/2.5	0.2/0.4	0.1/0.25	1.0/4.0
(C 3)	0.7/0.9	0.3/0.8	0.4	(0.5/1.0)	1.7/2.5	0.3/0.6	0.1/0.25	(0.5/1.0)
(C 4)	0.7/0.9	0.7/1.2	0.5		2.5/3.5	0.2/0.4	0.1/0.25	
(C 5)	0.7/0.9	0.5/0.8	0.5		4.0/5.2	0.2/0.4	(0.1/0.3)	
(C 6)	0.7/0.8	0.3	0.5		1.2/1.6	0.7/1.0	(0.1/0.3)	
(C 7)	0.7/0.9	(0.7/1.5)	0.4		0.8/1.0	0.45/0.7	(0.1/0.3)	

表4の(D)

	C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	W%	相当 JIS
(D 1)	0.9/1.2	0.2	0.4	0.8/1.3			SUJ 1 100φ 以下
(D 2)	0.8/0.95	0.2	0.4	1.3/2.0			SUJ 2 250φ 以下
(D 3)	0.8/1.1	0.2	0.4	1.3/2.0	0.2/0.4		SUJ 2
(D 4)	1.0/1.2	0.1	0.4	0.6/0.9		3.5/5.0	

表4の(E)

	C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%	Mo%	V%	W%	JIS	AISI
(E 1)	0.32/0.45	0.8/1.2	0.4		4.5/5.5	1.0/1.5	0.2/0.5		SKD-6	H-11
(E 2)	0.32/0.45	0.8/1.2	0.35		4.5/5.5	1.0/1.5	0.8/1.2			H-13
(E 3)	0.32/0.45	0.8/1.2	0.4		4.5/5.5	1.0/1.5	0.1/0.35	0.75/1.5		H-12
(E 4)	0.25/0.35	0.25/0.65	0.4		2.5/3.5	2.5/3.5	0.4/0.6			
(E 5)	0.15/0.25	0.2/0.5	0.4	3.0/3.5		3.2/3.7				
(E 6)	0.25/0.35	0.2/0.5	<0.6	(1.0/2.0)	2.0/3.0	(0.3)	0.3/0.5	8.0/10.0		H-2
(E 7)	0.5/0.7	0.8/1.0	0.4		4.5/5.5	0.8/1.2	0.2/0.4	1.0/1.5		

表4の(F)

	C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	V%	Co%	W%	JIS	AISI
(F 1)	0.95/1.3	0.15/0.5	0.15/0.50	5.0/6.0	0.8/1.2	0.4/1.2			SKD-12	A2
(F 2)	1.3/1.7	0.15/0.5	0.15/0.50	10.5/13.0	0.6/1.2	0.2/0.8	(0.5/2.0)		SKD-11	D2
(F 3)	1.7/2.2	0.15/0.5	0.15/0.50	11.0/13.0	0.6/1.2	0.2/0.8				
(F 4)	1.3/1.7	0.15/0.5	0.15/0.50	10.5/13.0	0.6/1.2	0.5/1.0		2.5/3.5		D5
(F 5)	1.4/1.7	0.3	0.4	3.5/4.5	3.0/3.5	4.5/5.5		4.5/5.5		M-15
(F 6)	1.4/1.7	0.4	0.7	6.0/7.0	3.0/4.0	4.5/5.5		4.5/5.5		
(F 7)	1.0/1.2	0.3	0.4	4.0/4.5	6.0/6.5	3.0/3.5	11.0/13.0	5.0/5.5		M-44
(F 8)	0.8/0.9	0.3	0.3	4.0	8.5	1.2	5.0	1.5		M-30
(F 9)	0.8/1.2	0.5/1.0	0.5/1.0	16.0/18.0	0.3/0.7				SUS-57	440B.C

みたが、鍛鋼ロールの生産量からみると重量的には

バックアップロール	36%
冷間圧延用	15%
熱間圧延用 (厚板用を含む)	21%
冷間圧延ロール (テンパーミルを含む)	36%
鉄用熱延ワークロール (型钢ロールを含む)	5%
鉄用一般冷延ロール	4%
冷間用レベラーロール (他)	3%
センジマーロール, フォーミングロール	3%
非鉄金属用ロール	6%
輸出向ロール	7%

の程度のごとくなる。

3.1 冷間圧延用バックアップロールの問題点について

最近の冷間ストリップ圧延機はそのコイルの単重の増大 (30 t → 50 t), 圧延速度の上昇 (2 800m/min) が進んでおり、また別に連続化という問題をかかえその組替までの稼動時間の延長が望まれている。さらに板寸法の正確化が求められ、油圧圧下機構によって応答の早い圧延機が造られ、これに応じたしん振れの発生の少ないロールが強く望まれている。この考えのもとに最近の冷間ストリップ圧延機ではストレートネック (straight neck) にオイルミスト (oil mist) 使用のローラーベアリングが

利用されており、圧延材の精度の維持が進められている。

新設の冷間ストリップ圧延機では鍛鋼一体バックアップロールが使用されており、スリーブを利用する組立式のものは極力その影響の少ないスタンド (5 タンデムの場合は第 3, 第 2, 第 4 スタンド) に使用し、圧延板の精度の向上を計っている。スリーブロールにはその製法の上で焼ばめという操作があり、現在この方式が一体品に十分匹敵する完全密着が完成されていない点に問題がある (図 7 参照)。

図の 7 でみられるように焼ばめ式のロールは残留歪を有し、重荷重のかかる場合歪を発生する可能性が大きい。これを解決するため各種の焼ばめ法 (両端リング固定, ネジ固定, オーバーハンク, クラウン付焼ばめ, 接着剤利用, 粉末利用) が試みられている。

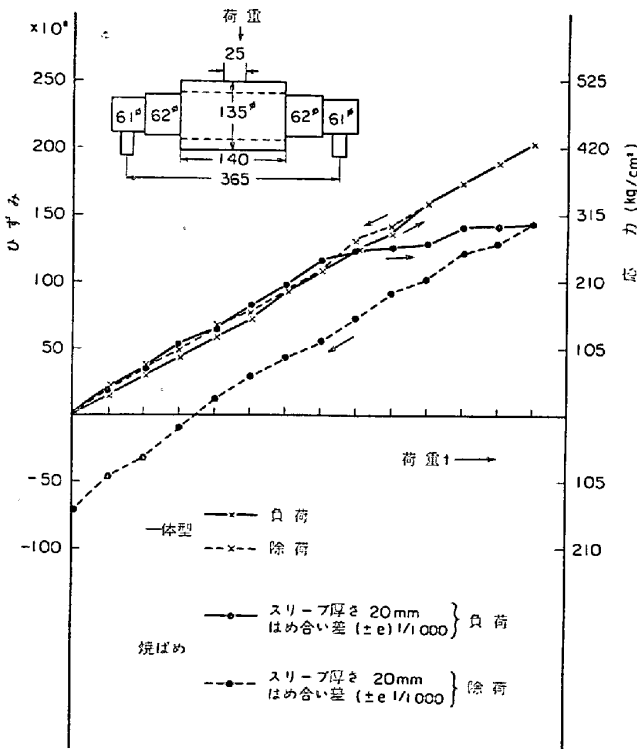
なお調質圧延機, スキンパス圧延機のバックアップロールはワークロールの胴面のつやけし用に使用したダルの粉の残留の問題や、板質の問題から硬度の高い中抜鉄ロールに移っており、芯材は強度上の問題からダクタイル鉄になりつつある。参考に冷間ストリップ圧延機のバックアップロールの原単位を示すとつぎのごとくである。

原単位 (一体品として計算)	スタンド別区分	
	仕	粗
56'' 幅 タンデム ミル	0.20~ 0.35kg/t	8 500t/mm 18 000t/mm
80'' 幅 リバース ミル	0.40kg/t	1 200t/mm
56'' 幅 リバース ミル	0.40~ 0.60kg/t	1 500t/mm

3.2 熱間圧延用バックアップロールの問題点について

ここ 3 年の間に熱間ストリップ圧延機または厚板用圧延機のバックアップロールはほとんど鍛鋼の一体または鍛鋼スリーブ組立式ロールに変わってきた。鑄鋼一体ロールはその硬度の低さ、疲労強度の不足からその数が著しく少なくなってきた。しかし 44 年より 45 年にかけて熱間ストリップ圧延機仕上スタンド用のバックアップロールに新たに DP ロール (Double Pour) が現われ、現在その試用が進んでいる。DP ロールの特色は外層の成分を変えることにより Hs 70 近くの硬度を出すことができ、耐摩耗性を著しく向上させることが可能である。

DP ロールはしかしまだ完成したものでなく、その製法についてはメーカー各社に特色があり、現在仕上後段では 1/3 以下の摩耗で成果を示しているが、前段のアダマイトロールのスタンドに使う場合、今度はワークロール側に摩耗を生じている。また内外層の境目の処理や胴端のクラックが発生しやすいなど一部未解決の問題があるが、一つの新しい方向を提示している。熱間ストリッ



材質 C:0.77%, Cr:1.67%, Mo:0.20%, Hs:52  
両端開放支持にて中央に油圧を加え、ストレートゲージにて中央部にて測定

図 7 一体型, スリーブ焼ばめロールの変形試験結果の一例

プ圧延機の粗スタンドまたは仕上前段、厚板ミルにはなお鍛鋼一体またはスリーブの利用が多く、また鍛鋼の高硬度のロールの開発も進められている<sup>5)~7)30)~32)</sup>。

熱間圧延用バックアップロールの特色としては耐摩耗性を主体にして多少C%の高目の成分、(前記のB-2, 3, 4, 6)の利用例が多く、また熱間ストリップ圧延機は近時1.2~1.3 mm程度の薄手コイル、または特殊鋼(ステスレス系または珪素鋼板系)の圧延が増加してゆく傾向にあり、このためにも耐荷重性、フレの発生、減少、耐疲労強度が求められている。

熱間ストリップ圧延機、厚板圧延機におけるロール原単位をつぎに示す。

熱間ストリップ圧延機	仕上タンデムバックアップロール
〃	粗スタンド
厚板圧延機	バックアップロール

### 3.3 冷間ストリップ圧延機ワークロールの問題点について

この場合は圧延速度の上昇、寸法精度の要求、板肌の問題、生産性の問題からワークロールへの要求はますます高度のものになりつつある。過去10年にわたりワークロールの再焼入または一まわり寸法が小さいロールへの再生製作がほとんど軌道にのり、かなりのストリップ圧延機では新品、再焼ロールの区別をせず使用する場合とか、再焼入ロールは第2および第4スタンドというように使用を定める場合がでてきた。

しかし一般的にいつてブリキ原板のほうがトタン原板に比し表面状況が問題になる場合が多く、またSnの高価なため寸法精度が問題になっている。また磨板、深絞板も塗装問題やら仕上の問題からロール表面状況が重要な因子となつてきている。このためワークロールはしだいに合金元素の高配合化の傾向があり、またロール表面肌からデンドライトが問題にされてきている。冷延ロールはその組替原因として定期組替、摩耗組替以外に焼付、絞込などの場合があり、この面から絞込時の耐クラック性が求められている。今一つ圧延油の面から、ダルの加工性、保持性が一つの要項になつてきている。

調質圧延でもドライの場合のダル状況、荷重が、ウェットの場合もダルの粗度維持が求められ、板の“ツヤ”がロールの一要素になつてきた<sup>8)25)~29)</sup>。

このような問題点は圧延板に要求される性質により変わってくるもので、ロールの必要事項が複雑化し、これに応じられるものでなければならない。圧延の効率化、特殊材の圧延などもこの必要事項といえる。

今、原単位の一例を示すと下記の表のとおりになる。

### 3.4 鉄鋼圧延用の熱間ロールについて

鍛鋼の熱間ロールは現在減少の傾向にあり、鍛鋼ロールとしては連鑄の各種ロール、厚板のレベラーロール、送りロールなど荷重の大きい特殊構造のロールが主体となつている。しかし今後のロールとして軽鍛造をしたアダマイトロール、DTロールとかに別な意味の用途が考えられ、さらに高合金ロールに鑄物と別な用途がでる可

ロール原単位	t/mm <sup>(ロール径1mmあたり圧延トン数)</sup>
0.1~0.2 kg/t	30 000~40 000
0.08~0.15 kg/t	60 000
0.15~0.25 kg/t	

能性がある。たとえば線材の仕上ロールに焼結合金とか特殊高速度鋼、耐熱合金が使われている。

### 3.5 鉄鋼用一般冷延ロール

構造用鋼、ゲージ鋼などの高張力のフープの圧延に使用するロールに、パス回数の減少、圧下力の増加が求められており、この種の小型のロールの面圧強度の上昇が行なわれている。

### 3.6 冷間レベラーロール

20 mm φ × 1 500 mm<sup>l</sup>のごとき胴径/胴長比の小さいロールが増加しており銅合金、アルミニウム関係でもこの傾向がある。とくにツヤをだすことを必要とする場合は高硬度のかつ寸法精度の高いものが増加しており、ロールの仕上加工の技術に問題が多い。Crメッキとか、レベラーバックアップロールの構造組立法に解決を求められている。

### 3.7 鋼管、軽量型鋼などのフォーミングロール

電縫管圧延機ではブレークダウンロールの局部摩耗(これはパイプフラワーやロール構造の問題も含むが)、フィンパスの上ロールのフィン近傍の疲労クラック、溶接部では押えロールの材質、サイザーロールではパイプ寸法精度の必要から摩耗が問題点にされている。必要部分のロールにはより高度の材質、または鍛造方法の改良などが行なわれており、この問題は軽量型鋼のフォーミングロールでも同様である。軽量型鋼はパスラインのフ

	原単位 <sup>5)</sup> (kg/t)	仕上スタンド (t/mm)	粗スタンド (t/mm)
56" ミル新品ロール	1.0~2.5	1 200~3 000	2 000~4 500
再焼入ロール	0.9~1.8	2 000~3 200	3 000~5 000
42" リバースミルロール	0.8~1.2	130~160	

表 5 センジミアロールの用途別ロール原単位の例

用途	種 別	平均削量 (mm/回)	平常削量 (mm/回)	原単位 (kg/t)
軟 鋼	ワークロール	0.10~0.23	0.02~0.05	0.03~0.04
	一中間ロール	0.25~0.50	0.20~0.30	0.09~0.15
	二中間ロール(ドライブ)	0.20~0.35	0.20~0.30	0.04~0.07
	二中間ロール(アイドル)	0.20~0.35	0.20~0.30	0.05~0.07
ステンレス	ワークロール	0.08~0.10	0.02 (SKD 11系) 0.05 (ハイス系)	
	一中間ロール	0.40~0.50	0.20	
	二中間ロール(ドライブ)	0.20~0.25	0.20	
	二中間ロール(アイドル)	0.15~0.20	0.20	

表 6 アルミニウム熱間タンデムミルの例 (米国)

スタンド番号	1#	2#	3#	4#	5#	リール
原動機容量 (HP)	2 500×2	2 500×2	2 500×2	2500×2	2 000×2	
圧延速度 (ft/min)	700	1 300	2 150	3 050	3 400	
圧 下	50%	40%	40%	30%	5%	
板 厚 (インチ)	1¼" (480°C)	5/8"	3/8"	1/4"	5/32"	0.102/0.160" (260°C)
および圧延温度	1" (500°C)					0.090" (260°C)

平均研削量 0.12~0.20 mm/回

ラワーにも種々な改良が進められている。

### 3.8 センジミアロール

ステンレス業界で 600m/min の圧延速度のタンデムミルの利用が行なわれ、またステンレスの用途の増加から光輝焼鈍ラインのステンレス板のツヤの問題が取上げられている。この面では高炭素高速度鋼系のワークロールの使用が有効な結果を示しているが、V炭化物の処理になお未解決のところがある。珪素鋼板とか極薄板の場合は前記 2.6 の (F-2) 系のロールが主体であり、ロール原単位の軽減が望まれている。

センジミヤロールの原単位の例を示すと表 5 のごとくなる。

### 3.9 非鉄金属用ロールの問題点

アルミニウム圧延用ロールは現在熱延の仕上圧延機の板咬込性、板疵の問題から鋳鉄と鍛鋼ロールが併用されている。全連続熱間圧延機では粗ロールは鍛鋼ロール、仕上タンデムミル前段は鍛鋼ロール、後段は鋳鉄ロールの形の解決が行なわれている。アルミニウム熱間圧延用ロールはとくに地疵の問題が指摘されており、材質の選定に大切さがある。

アルミニウム箔ロールでは現在全ロールが真空溶解鋼を使用しており、これによって箔の製作が行なわれている。なお、米国、欧州で一部に ESR 材を使用している例がある。

鋼材においては熱間圧延で肌と組込使用時間が問題点となっており、仕上スタンドの一部に 5% Cr 合金鋼を

利用して好結果を得た例がある。

銅板などの薄手の寸法精度の高い板を圧延する圧延機ではアルミニウム箔と同様に真空溶解鋼の利用が行なわれている。

米国におけるアルミニウム熱間圧延機の一例を示すと表 6 のとおりである。

## 4. ロール製作上よりみた鍛鋼ロールの問題点について

ロール素材に求められる品位がますます高度になってきており、この要求に合致させるべく鍛鋼ロールは現在真空鑄造が主体となつている。0.05 torr の真空度の鑄込みで [H]: 1.5ppm, [O]: 18ppm 程度で、地疵のないものがねらいとされている。これは 5~10 年以前の素材の 3 程度の値であり、圧壊値、疲労強度では 20~30% の上昇を示している。

さらに前記のごとく特殊用途のロールには真空溶解鋼 ESR 鋼の利用が進められており、特殊溶解鋼の原価低減の努力がはらわれている(4)~(5)(9)~(17)。

### 4.1 真空鑄造と造塊

真空鑄造の普遍化によりロール鋼塊はこれを利用しており、このためにはスエーデンの ASEA 装置 (含む VI R (Vacuum Induction Refining) 処理) とか、Bochumer 式の流滴脱ガス法、または取鍋脱ガス法が採用されている(写真 1 参照)。

この結果は表 7 に示すごとくであり、これにより疲労



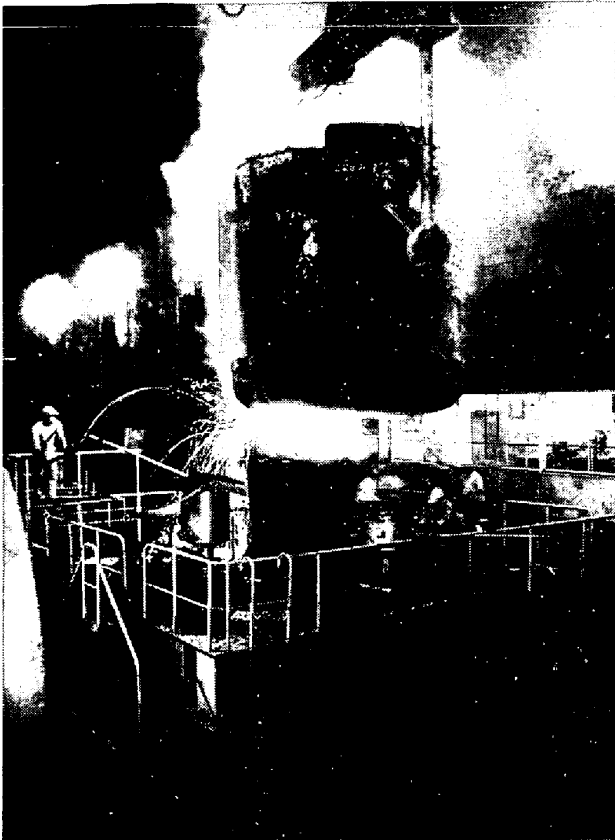


写真 1 真空造塊 (流滴脱ガス)

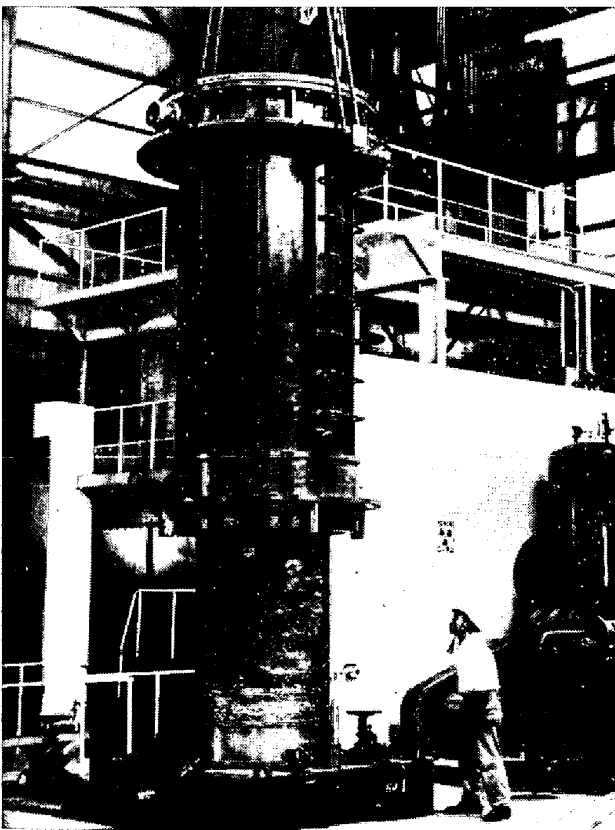


写真 2 15 t 真空アーク溶解炉 (980 mm φ 真空溶解鋼)

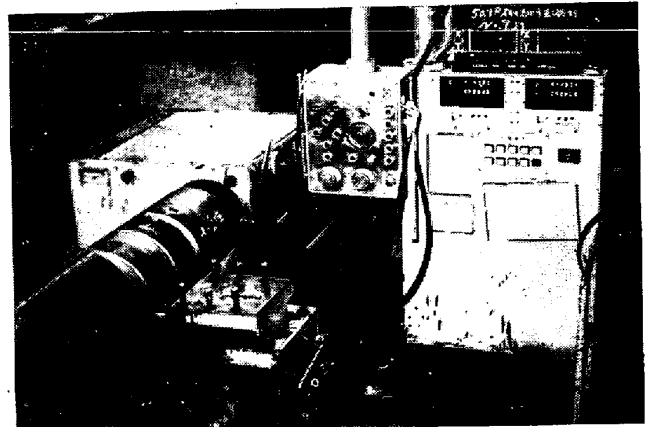
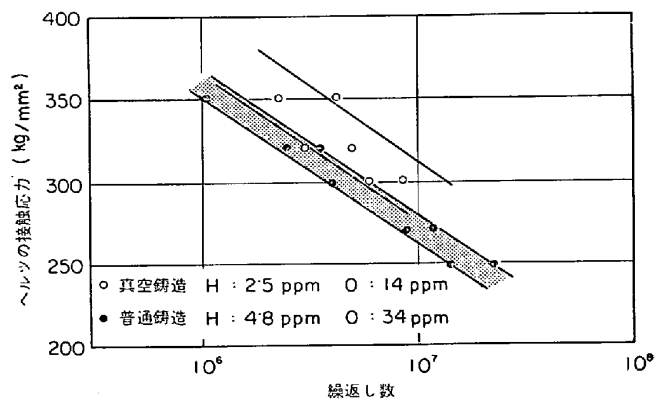


写真 3 数値制御旋盤によるロール軸部加工



かたさ	組 成 %								
Hs	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	
60	0.78	0.40	0.57	0.014	0.008	0.12	1.58	0.35	
60	0.78	0.30	0.58	0.017	0.005	0.11	1.52	0.39	

試料 80mmφ×30mm 厚  
表面に 19mmφ 鋼球 3ヶを接触させ、荷重を加え転動試験をした  
結果 (関東特殊研究部)

図 8 疲れ試験結果に対する真空鑄造の影響

曲線は図 8, 図 9 のごとく変化してくる。

また、造塊法も種々改良が行なわれており、30 t 以上の鋼塊は上注で注入法の改良が行なわれており (スプラッシュ防止、ノズルの利用、湯流れの改良); また 30 t 以下の小形鋼塊にも上注ぎ、下注ぎ、回転式造塊、振動凝固などの改良が進められている。

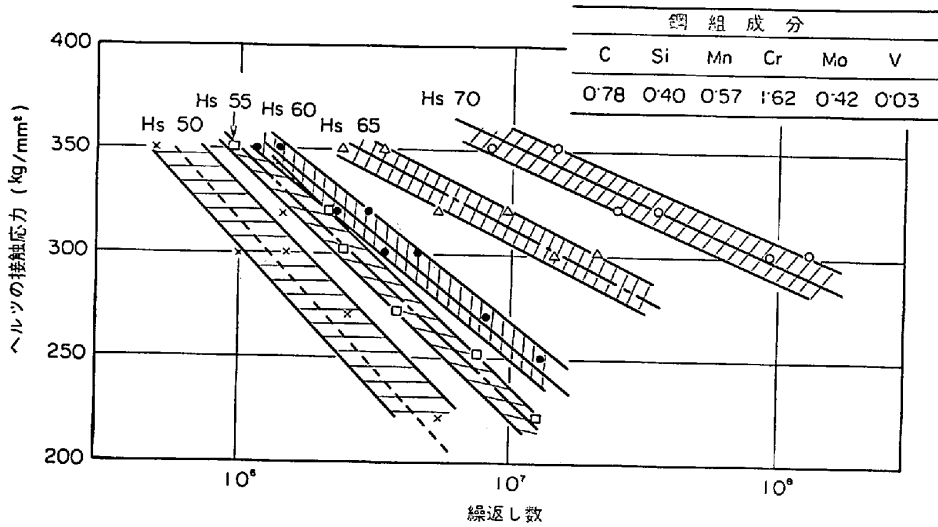
#### 4.2 真空溶解鋼と ESR (エレクトロスラッグ溶解) 鋼

良品の素材の作成のため消耗電極式真空溶解とか ESR が利用され、高合金鋼 (たとえばセンデミアール) や箔用ロールにはこの方法が使われている。これらの特徴を表 7 に示す。

性質の一例としてリング状試験片の圧壊値を比較したものを表 8 に示す。

#### 4.3 鍛造機構の高速化と焼鈍処理

プレスの自動化または数値制御化が進み、作業時間の短縮が行なわれ、精密化が進んできた。このため鍛造寸



試料 80mmφ×30mm 厚  
表面に 19mmφ 鋼球 3ヶを接触させ荷重を加え転動試験をした (関東特殊研究部)

図 9 かたさを変化した場合の疲れ挙動の相違

表 7 各種溶解法の比較

	真空溶解	ESR	真空鑄造	無酸化鑄造	普通法
鋼中 [H]	0.5 ppm	3.5 ppm	1.5 ppm	3.5 ppm	5 ppm
鋼中 [O]	7 ppm	15 ppm	18 ppm	40 ppm	50 ppm
鋼中 [N]	70 ppm	80 ppm	80 ppm	90 ppm	90 ppm
使用真空度	10 <sup>-3</sup> torr	大気圧	0.05 torr	大気圧	大気圧
地疵発生率	ほとんどなし	ほとんどなし	少し	多少あり	あり
地疵の大きさ	微小	微小	0.2 mm以下	0.2 mm程度	0.5 mm以上
鑄造組織	密	密	多少粗	多少粗	多少粗
溶解処理	再溶解	再溶解	出鋼時処理	出鋼時処理	—
コスト比率	2.0	1.5~1.8	1.1~1.2	1.05	1.0
生産性	悪し	悪し (脱硫作用あり)	設備による	—	—

表 8 溶解法による圧壊値の比較

かたさ (HRC)	真空溶解 (kg)	真空鑄造 (kg)	無酸化鑄造 (kg)
65	3 860	3 675	3 475
63	4 600	4 450	4 075
61.5	6 775	5 990	5 475

注 リング寸法：外径 80 mm, 内径 60 mm, 幅 20 mm, 成分：C 0.78/0.80%, Cr 2.26/2.34%, Mo 0.22/0.28%

法の余肉が少なくなり、かつ鍛造の効果を十分利用可能になってきた。焼鈍工程の自動化とともに鍛造ロールの処理時間の迅速化が進められてきている。

また非破壊検査、とくに超音波探傷の発達はこの素材の発展に大きな威力を示している<sup>18)</sup>。

#### 4.4 焼入作業の制御と誘導加熱焼入の利用

冷間圧延ロールの水焼入とか、大形ロールの衝風焼入またはより早い冷却法が広く利用されるようになり、焼入時の冷却の制御が進み、加熱時の温度管理とともにロ

ール熱処理の安定化が進んできた。

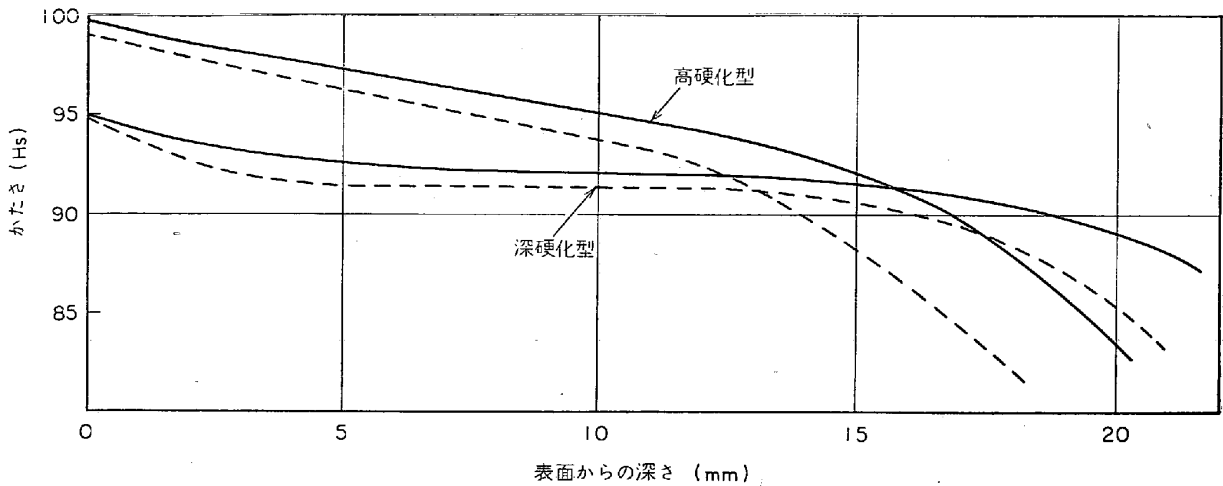
冷間ワークロールの例においても、焼入深度を深めるとともに残留応力の加減が可能になり、冷間ワークロールの図 10 のごとき焼入深度も可能になり、ロールの性能の向上が見られている。また高周波低周波による誘導焼入装置が各種製作されその特色にあつたロールに利用され、ロールの使用目的に応じた焼入法が広範囲にとれるようになってきた。再焼入とか局部焼入、レベラーロールの焼戻か局部焼入にもこれの利用が行なわれている。

#### 4.5 高速加工・数値制御加工・高速研摩

生産性の向上のため上記の努力が進み、数値制御加工がしだいに広がっている。また高速研摩(砥石速度 3 000 m/min以上)の加工も行なわれ、この面の進歩がみられるが、これはほかにゆずりたい<sup>19)~22)</sup>。

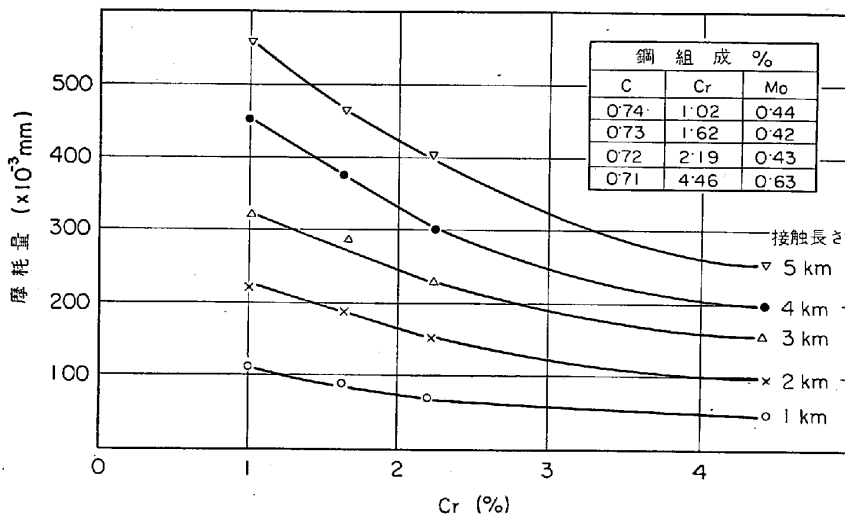
#### 4.6 ロール使用時間

圧延作業に不可避のロール組替作業の時間の短縮がロール高速組替方式で行なわれるようになり、またロール研摩あたりの寿命の上昇が努力されている。ロールの高



表示	鋼組成 %				
	C	Cr	Mo	Si	Mn
—	0.78	2.97	0.51	0.34	0.66
- - -	0.81	2.17	0.24	0.31	0.35

図 10 冷間圧延用ロールの代表的なかたさ分布曲線 ロール寸法：650 mmφ × 1 520 mm/l



T.P. 寸法 5mmφ × 4 mm/l 荷重 10kg  
80mmφ × 30mm Hs 93 (C: 0.78%, Cr: 2.2%, Mo: 0.25%) の回転体 (周速約 4.2m/sec) に接触させ、  
試料の摩耗量を測定 (関東特殊研究部)

図 11 Cr 添加量の増加による耐摩耗性の向上 0.78% C 鋼, かたさ Hs: 65  
円周接触による接触長さによつて表わす。

合金化はこの一つの例であり、図 11 に Cr% による摩耗に及ぼす影響を示す<sup>20)</sup>。

なお冷延のロールの米国における再焼再生の系列を示すとつぎごとくなる。再焼ロールの使用成績の一例は表 9 に示す。

米国の例

(A)

(B)

21½" φ × 80" (3 タンデム圧延機)

20.7" φ × 72" (タンデム圧延機)

↓

20½" φ

再焼入

20¼" φ

↓

19" φ

再生

18½" φ × 54" (4 タンデム圧延機)

↓

19.9" φ

再焼入

19.9" φ

↓

19.125" φ

再生

18.7" φ × 42" (調整圧延機)

表 9 新品ロール再焼ロールの成績の列

寸 法	スタンド別	区 分	粗圧延 t/本	仕上圧延 t/本	調質圧延 t/本	合 計 t/本
533 φ	5 タンデム圧延機	新 品 再焼入	18 073 33 758	13 974 6 059		32 074 39 817
464 φ	4 タンデム圧延機 および 1 スタンド 調質圧延機	新 品 再 生	26 156 14 325	22 734 15 503	3 116 5 014	52 007 34 843
545 φ	5 タンデム圧延機 および 1 スタンド 調質圧延機	新 品 再焼入	14 904 15 459	8 478 6 425	5 494	23 382 27 380
533 φ	5 タンデム圧延機	新 品 再焼入				61 500 66 323
420 φ 420 φ	可逆圧延機	新 品 再焼入 新 品 再焼入	3 153 1 373 2 780 厚物 1 828 厚物	3 153 1 373 1 782 薄物 854 薄物	4 089 2 432	17 308 通板 7 897 通板 20 058 通板 11 525 通板

↓  
17'' φ  
再焼入  
17'' φ  
↓  
16'' φ

↓  
17・7'' φ  
再焼入  
17・7'' φ  
↓  
16・7'' φ

## 5. 鍛鋼ロールの将来

### 5.1 圧延方式について

鉄鋼はその大部分の量が圧延機により板材と型物に圧延され市場に向けられている。板材型鋼の生産比率はこの 20 年近くの間大きく変わり、板材が倍以上の伸びをみせている。このことは今後の方向としてキャリバー物よりフラット物の増加を示すといえる。現在の鉄鋼生産の主体は鋼塊の圧延により行なわれるが、連続製造 (Break-Through) という時代に入ると板、一筆書きの可能な形状物、パイプ、軽量型鋼材の伸びが進み、別途の方向として板では不可能な異形断面の型物の圧延に高性能ユニバーサルミルなどの圧延機が盛んに利用されていくと考えられる。

非鉄金属についても同様な傾向が考えられ、アルミニウム、銅の連続製造からの板材、ロッド物が進み、またアルミニウムの熱間連続圧延機の増加が計画されている。さらに各種薄板の表面処理、コーティング、塗装が次々と開発されてゆく状況である。

### 5.2 鍛鋼ロールについて<sup>2)23)24)</sup>

以上各種の問題についてふれてきたが、将来の圧延方式の変化は今後の開発にまつところが多い。

しかし鍛鋼ロールの考え方として、

1. 高合金化による圧延作動時間の増加
2. 清浄鋼、微細組織鋼による圧延材の表面状況の緻密化
3. 有効使用直径の増大によるロール寿命の延長
4. ロールの有効な再利用
5. ロール形状上のくふう

たとえば内面よりの冷却などの利用とか、バックアップロールの軸の形状の変更 (スリーブ式の胴のみにするような例)

などが考えられる

これらの技術的な改革の問題を包含しながらロール寿命の上昇に一歩一歩努力し、経済性については十分な検討をすべきであるが、圧延目的に合致させるロールを進めてゆくのがロールメーカー側の姿である。

## 6. 結 び

当面鍛鋼ロールとしては製鉄技術の発展、生産量の増大とともに歩み、巨大化と多様化の二面に対して進み、さらに非鉄金属圧延の方向にその注意をはらつてゆくことになる。各種圧延業界の要望に対しいかようにでも対応できる技術的レベルを常に持ち、これに応じてゆける態勢が重要である。これは人的能力、生産技術、製造能力などを含むものでなければならない。新しい要望が新しいロールを生み、新しい将来を造つてゆくのであつて不断の努力、研鑽が求められている。ともあれ技術の進歩は単純化することから複雑化へむかい、複雑したものから調和統一化を進めるといえる。

鍛鋼ロールとしても

1. 複雑化してゆく性能から目的への調和を引出す。

2. 品質の高級化された圧延加工材へロール性能を合致させる。

3. 圧延材の表面状況への開発へ協力を進める。  
などによって総合された圧延技術へ鍛鋼ロールとしての特徴を集中してゆくべきと思う。

文 献

- 1) 日本鍛鋼会資料, 日本鑄鋼会資料, 日本貿易年表
- 2) 辻畑: 鉄と鋼, 56(1970), p. 1538
- 3) Rolling Mill Roll, Climax Mo Co.
- 4) Metal Progress, Jan. (1970), 19
- 5) 山岡: 鉄と鋼, 56 (1970) 3, 55 (1969) 3, 54 (1968) 3
- 6) 長瀬, 田部ほか: 鉄と鋼, 56(1970), p. 1201
- 7) F. A. D'ISA, H. ERZURUM, and J. GROSS: Iron Steel Eng., (1969) 11, p. 99
- 8) 松永, ほか: 鉄と鋼, 55(1969), p. 676
- 9) J. B. AUSTIN: Preprint IISI Brussels (1969)
- 10) K. C. BARRACLOUGH: Iron and Steel Centenary meeting preprint, April (1969) 94
- 11) J. H. FLUX: IISI 203(1965), p. 1194
- 12) 一戸: 金属学会報, 9 (1970), p. 551
- 13) 小林: 鉄と鋼, 55 (1969), p. 726
- 14) 成田, ほか: 鉄と鋼, 55(1969), p. 981
- 15) 真殿: 金属学会報, 8(1970), p. 478
- 16) G. K. BHAT: 鉄と鋼, 56(1970), p. 1524
- 17) Iron Age (1969) 5, p. 78
- 18) 磯野: 鉄と鋼, 55(1969), p. 916
- 19) : 機械と工具, (1968) 6, p. 41
- 20) 岡山: 同上, (1968) 3, p. 17
- 21) 鈴木: 応用機械, 10(1969), p. 156
- 22) : 数値制御工作機械 (機械工学全書 106)
- 23) 後藤, ほか: 鉄と鋼, 56(1970), p. 1219
- 24) K. W. HAZELETT: Iron Steel Eng., (1966) 6, p. 105
- 25) J. DUGAN: ibid., (1958) 11, p. 65
- 26) 堀, ほか: 塑性と加工, 8-76 (1967) 5, p. 261
- 27) I. ZLATNIK: Hutnicke Listy, XIV-5(1959), p. 421
- 28) H. BUEHLER: Stahl u. Eisen, 77(1957), p. 1687
- 29) G. F. MELLOY: Iron Steel Eng., (1965) 5, p. 117
- 30) M. K. CHAKKO and K. N. TONG: ibid., (1965), 10, p. 141
- 31) J. V. LATAKKO: ibid., (1963) 4, p. 131
- 32) F. H. ALLISON: Iron Steel Eng., (1966) 2, p. 93
- 33) 特許出願公告: 昭45-975, 25247, 29094, 29095, 16572 昭44-15174 昭41-9647