

## 鋼材圧延用鑄鉄ロールについて

宮下 格之助\*

## Cast Iron Rolls for Steel Rolling.

Kakunosuke MIYASHITA

## I. 緒 言

最近における本邦鉄鋼業の発展はめざましく、鋼材の生産は量、質ともに長足の進歩を示し、国内需要を満すのみでなく、先進諸国に伍して広く海外市場に雄飛しつつある。鋼材圧延の面から観察すると、生産能率の向上と製品の高級化のために最新式圧延設備がつぎつぎに設置稼働され、10年前とくらべればまったく面目一新されている。このように圧延設備の合理化と圧延能率の向上が推進されると、必然的にこれに使用するロールに対しても高度の要求がなされる結果になり、ここ10年間における鑄鉄ロール製造技術の進歩発展は注目に値するものがある。従来から製作されていたサンドロール、チルドロール、普通グレーンロールは合金の添加や新しい製造方案の開拓によつて仕様の拡大がはかられ、圧延設備や圧延条件に適合した各種のロールが製作されてい

第1表 鋼材圧延用ロールの種類と硬度

Type	Material	Alloy	Shore hardness of main body
Steel adamite	Forged		25~40 30~95
	Casting		25~35 30~30
	Plain carbon	1.3~1.6% C	35~38 38~40 40~42 42~45
		2.2~2.5% C	
Alloy		43~48	
Cast iron	Sand	Plain Alloy	38~42 40~45
	Chilled	Plain Alloy	55~65 60~85
	Grain	Plain Alloy	45~65 45~80
		Nodular	Plain Alloy Special

る。またこの間に新材質のロールとして球状黒鉛鑄鉄系のロールおよびアダマナイト系のロールが登場し、しかもこれらのロールは使用目的によつて製造方案の異なる数種類の材質に細分化されるので、ロールの品種はますます増加の一途をたどっている。第1表は現在鋼材の圧延に使用されているロールを材質上から分類して示したものであり、実用上はここに示した小分類をさらに細分化して各種のロールが製作されている。

このようにロールの種類が増加してくると、圧延設備や圧延条件に適合するロールを選定することはかなりむずかしくなり、ロール品種が少なかった当時のように慣習や勘によつてロールを選ぶことができなくなる。しかし各種ロールの性質を十分に理解すれば、圧延条件に適合したロールを選択することはさしてむずかしいことではないばかりでなく、そのロールに最も適合した使用方法もおのずからあきらかになり、圧延能率および製品品質の向上に資することができる。本文はロールの選択使用の便をはかるため、鋼材圧延用鑄鉄ロールを材質別に分類し、そのおのおのの性質について説明を加えたものである。また最後に鋼材の種類別に分類して、各種の製品がどのようなロールによつて圧延されているかを解説した。御使用者各位の参考になれば幸いである。

## II. 各種ロールの性質について

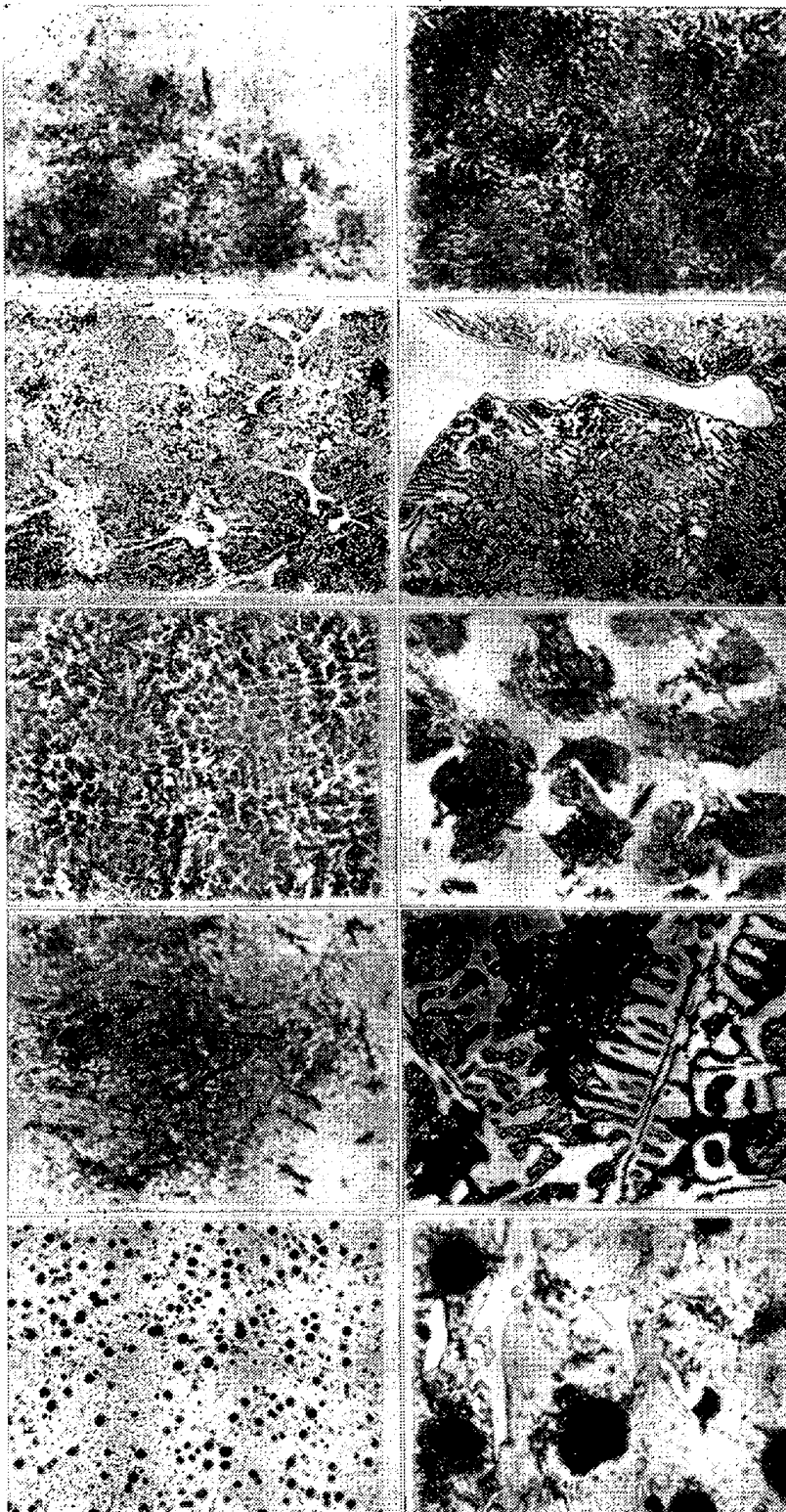
鑄鉄系のロールを大別すると、チルド系ロール、グレーン系ロール、球状黒鉛鑄鉄系ロールおよびアダマイト系ロールに分類することができる。そのおのおのについて以下製造の概要と材質上の特性を述べることにする。第1図は特殊鑄鋼ロール、アダマイトロール、チルドロール、グレーンロール、球状黒鉛鑄鉄ロールの胴表面部の顕微鏡組織を示したものである。

## 1. チルド系ロール

適当な成分をもつ鑄鉄溶湯をロール鑄型（胴部は金型上下ジャーナル部は砂型）に注入し冷却速度の差を利用してロール胴部表面を白鉄化し、ロール胴体内部および

\* 日立金属工業株式会社 常務取締役 工博

特殊鋼ロール  
アダマイトロール  
チルドロール  
合金グレインロール  
球状黒鉛鉄ロール



×30 (2/3) ×400 (2/3)

第1図 各種ロールの胴部表面の顕微鏡組織 (ピクラー腐食)

上下ジャーナル、クラッチ部を黒鉛化したものを一般にチルドロールと称する。

チルドロールの特徴は一般のチルド鋳物と同様に白鉄化した部分の (一般にチル部という)、すなわちロール胴部の表面の耐摩耗が大きいことにあるが、他の鋳鉄ロ

ールに比較して耐熱性がおとるので、一般に熱衝撃の少ないロールスタンドすなわち仕上げスタンドに使用されるのが常識である。チルドロールの胴部は表面から中心にいたるまで、冷却速度の差によつて、チル部(白鉄部)、斑鉄部、鼠鉄部の3部に区分されるが、チル部は適当成分の溶湯が、金型によつて急冷されるため黒鉛の析出が完全に阻止され、レーデブライトセメントとパーライトあるいは場合によりソルバイト、トルースタイト、ベーナイト、マルテンサイトよりなり黒鉛は存在しない。

チル部の深さは溶湯化学成分およびロール直径の大小にもとづく冷却速度のいかんで色々変化するものであるが、実際に使用される圧延スタンドの実情に応じて決めていかねばならない。しかし一般にロール直径の大小にかかわらず、チル部の深さは20mmが最大で、これ以上のチル部の深さを必要とする場合は、ロール内部の黒鉛化がわるくなり、残留応力が増すとともに、使用時の熱応力も大きくなるので、別の鋳造方法(中抜鋳造法)をもちい、ロール内部の黒鉛化の増加をはかるのが普通である。

鼠鉄部は一般に片状黒鉛、パーライトあるいは場合によりソルバイト、トルースタイトおよびわずかの残留セメントよりなっているが、黒鉛化状態もまた溶湯化学成分、冷却速度によつて異なってくる。鼠鉄部はなるべくみじかい片状黒鉛が数多くかつ均一に分布し、残留セメントが少なく、化合炭素量の低いことが必要である。

斑鉄部は白鉄部と鼠鉄部の中間に位置し、両者の中間的組織を有するが白鉄部から鼠鉄部への変化部にあたるのでゆるやかな組織変化を必要とする。

このようにチルドロールは胴部表面のチル部の深さを適当にし、かつ内部黒鉛化を十分にせねばならぬので、急冷された場合よく白鉄化し徐冷された場合よく黒鉛化するような性質をもつ溶湯が要求される。このために溶解に使用される鉄あるいはスクラップの選択には十分注意がはらわれ、古来この分野における研究が多くなされてきているが<sup>1)</sup>砂鉄を低

温にて木炭で還元して製造された木炭鉄が最もこれらの性質を具備するものとしてチルドロール製造上に賞用されている。

チルドロール製造用溶解炉としては一般に反射炉が用いられているが、これは比較的低碳素の鑄鉄を弱酸化性雰囲気にて低温にて溶解できる特徴を有し、チルドロール溶解に適しているからである。またチルドロールはキューポラ単独溶解、あるいはキューポラ-反射炉二重溶解でも製造されており、他方電気炉溶解法も研究されている。

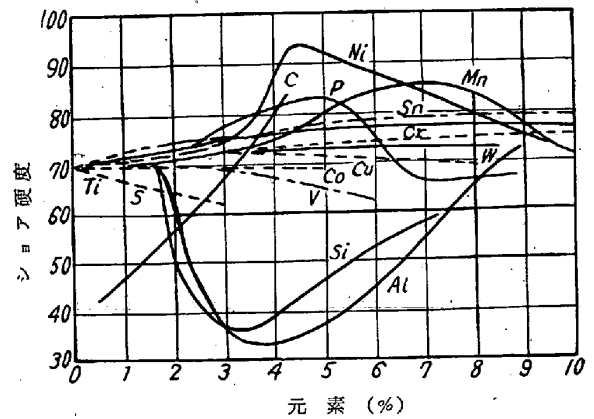
しかしチルドロールはその製造過程においてきわめて厳密な成分調整を必要とするため、珪素鉄、マンガン鉄および鉄鉱石などにより容易に成分の調節を行ないうる反射炉が現在でもチルドロール製造に主要な位置を占めている。

チルドロールの製造上最も微妙な調整を要するチル深さの決定は Maurer diagram でもわかるごとく<sup>10)11)</sup> 通常 Si 量によつて行なわれ、他のチル効果を支配すると考えられる因子はなるべく一定にするようにされている。

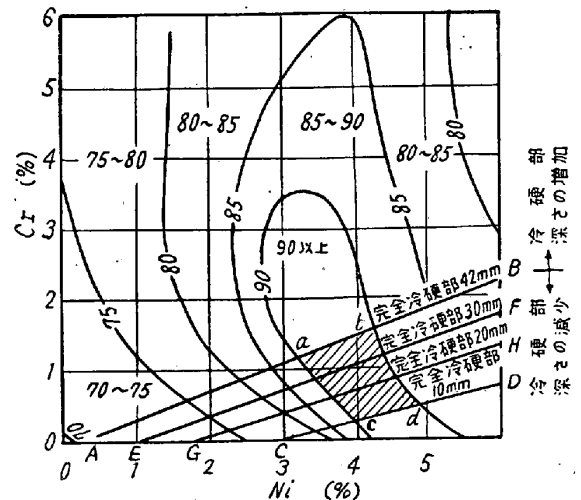
チルドロールのチル表面硬度は組織中のパーライト部分とセメンタイト部分のしめる割合のいかんで変化する。すなわち炭素含有量をあげてセメンタイト部分を増加させれば、硬度は上昇し、ロールの径によつても差はあるが、ショア硬度を 58 度から 75 度程度にまで上昇せうる。しかし、炭素含有量をあげ、もろいセメンタイト部分を増加させて硬度を高めたロールは圧延作業中強度および耐熱亀裂性などの点で欠陥があらわれることがあるので、このような場合は炭素含有量をあげずに Ni, Cr などの合金元素を加えてパーライト地をソルバイト、トルースタイト、ベーナイト、マルテンサイトに变化せしめて硬度の上昇をはかることができる。この方法によればチル表面硬度はショアで 85 度程度にまで上昇せうる。

このように Ni, Cr などの合金元素を加えたチルドロールを合金チルドロールとよんでいるが、これに対して合金元素を含有しないものを普通チルドロールと称している。

チルド鑄物の表面白鉄部の硬度におよぼす合金元素の影響については第 2 図<sup>12)</sup>のごとき結果が報告されているが、通常 Ni を加えてパーライト地のマルテン化をはかり、Ni による黒鉛化を防ぐために Cr を添加して製造される。合金チルドロールについて、表面硬度とチル深さにおよぼす Ni, Cr の総合影響図は第 3 図<sup>13)</sup>のごとく発表されている。これら合金チルドロールについては



第 2 図 チルド鑄物の表面硬度におよぼす影響報告



第 3 図 チルドロールの表面硬度および冷硬の深さにおよぼす Ni, Cr の影響

さらに B<sup>14)</sup>, Ni-B<sup>15)</sup>, Te<sup>16)17)</sup> の諸元素の効果なども研究されている。(第 2 図, 第 3 図)

チルドロールは上述のごとく適当なチル深さと適当な硬度を化学成分にて調節するが深いチル深さを要求される場合、または高い硬度を要求されるような場合にはロール内部の黒鉛化がわるくなり、残留応力が増加しました上下ジャーナル部の強度が不足するので、通常中抜鑄造法なる方法で製造され、一般に中抜チルドロールと称せられる。中抜ロールの意味は最初に鑄込まれた溶湯がロール外層部で凝固するのをまち、まだ熔融状態にある中心部の溶湯のみを抜いてそこへ第二の湯を注入したロールという意味で、英国では duplex roll<sup>18)</sup>、米国では composite<sup>19)</sup> ロールと称されている。この方法には色々の種類があり、それぞれ特許になつてはいるが、最も一般的に行なわれている方法はつぎのごとくである。

すなわちまずロールの胴体に硬質の高合金鑄鉄あるいはチル深さの大なる鑄鉄の溶湯を注入し、適当時間まちロール胴体表面層のある程度の凝固をまつた後、同じ湯口より軟質な灰鑄鉄溶湯あるいは特殊鑄鉄溶湯を注入

し、一方過剰な硬質の湯はロール上型ジャーナル部より外部へ流出させる。この状態をしばらく続行し、ロール中心部と上下ジャーナル部を軟質の溶湯でおきかえる方法である。

通常普通鑄造法にて製造されるチルドロールのジャーナル部の抗張力はロールの大小、含有炭素量の多少によつて差異はあるが、一般にジャーナル表面部で  $15 \sim 25 \text{ kg/mm}^2$  である。これに対し、中抜鑄造法によれば  $20 \sim 45 \text{ kg/mm}^2$  の抗張力を保持させることができ、高硬度(あるいは深いチル層)と強靱性を両立させるのでこの方法の適用は次第に一般化されている。

チルドロールは胴体白銑部すなわち表面から  $20 \text{ mm}$  位内部までの硬度低下度が非常に少ないので一般に板関係の仕上げ圧延や、あさいカリバーをほる線材、棒鋼など、仕上げ圧延に好んで使用されている。しかし太丸棒鋼、鋼管などの仕上げロールの場合は  $30 \sim 70 \text{ mm}$  位の深いカリバーを必要とする。

このような場合普通の製造方案で製作したチルドロールの表面からカリバーを削り出せば、表面白銑層があさいために溝底は斑銑層に到達し、硬度の急激な低下をきたす。したがって一般にカリバー形状どおりのリングを鑄型の内部に組込み、カリバー鑄出しで製造し、カリバー底にも白銑層を形成せしめて、フランジ表面と同一硬度を保持せしめる方法がとられる。これを一般にプレーンのチルドロールと区別してカリバーチルドロールと称している。

カリバーチルドロールは深いチル部が必要になるので通常中抜鑄造法によつて製造される。

チルドロールはその胴体白銑部の耐摩耗性が強いことを特徴とするために一般の鋼材圧延においては、仕上げスタンドに利用され鋼材の仕上り肌を美しくするために使用されているが、白銑部は熱衝撃に弱く、熱間圧延時には、しばしばロール表面にヒートクラックを発生し、肌荒れを生じたり、それが発展して折損にいたつたりする。したがってその使用にあたっては水冷を十分に行ない熱衝撃をなるべく小さくすることに注意せねばならない。

以上一般に鋼材の仕上げ圧延に使用されているチルドロールの概要をのべたが、これらのチルドロールはカレンダーロールとして紙の製造にも最近きわめてその需要が高く、かつ年々大型化される傾向にあるために、カレンダー用チルドロールの熔解鑄造技術は一段とむずかしさをましているが、国内で既に  $40'' \phi \times 278 \text{ l}$  という大型カレンダーボトムロールも製品化されている。

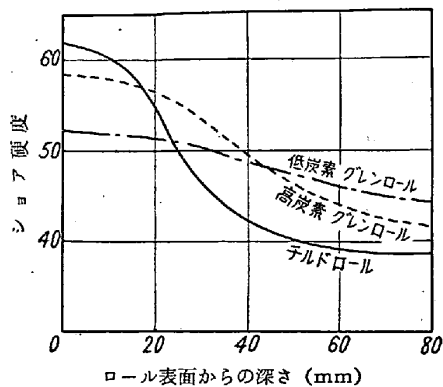
## 2. グレーン系ロール

今日までのところグレーンロールに対する適切な定義

は下されておらず、米国では grain roll, 英国では indefinite chilled roll と称されている。本邦では、ロール表面まで片状黒鉛が析出している鑄鉄ロールを総称してグレーンロールとよんでおり、いわゆるサンドロールも広い意味でこの中に包含されているようである<sup>20)</sup>。

サンドロールは砂型に鑄込まれた片状黒鉛鑄鉄ロールであり、一般に低硬度で  $\text{Hs } 38^\circ \sim 45^\circ$  の範囲のものが多く、他種の鑄鉄ロールのように金型によつて急冷されていないから、ロール全体はほぼ均一な組織を呈し、ロール表面と中心部の硬度差も僅少である。ロール全体に比較的粗大な片状黒鉛が析出しており、遊離セメントタイトが少ないから、肌荒摩耗を生じやすいのみならず抗張力も低い。ゆえに高圧延負荷をうける粗圧延に不向きであるとともに肌荒摩耗をきらう仕上げ圧延にも適していない。したがってロールの種類が少なく、適当なものになかった昔時は型鋼の仕上げ圧延、板や線材の粗、中延などに広くもちいられていたが、最近のようにロールの種類が増加し各種の圧延条件に適する多種類のロールが製作されるようになった今日では、その使用分野が非常に縮小されてきている。しかしサンドロールは多量の黒鉛が析出しており、熱伝導率が高いので、熱応力によるロール折損の心配が少なく、かつヒートクラックを発生しがたいという長所があり、しかも製造が容易で製作費もやすいから自家生産に向いており、まだ一部の圧延機にはサンドロールが使用されている。また Ni, Cr, Mo などを添加して片状黒鉛の微細化とマトリックスの硬度上昇をはかつた合金サンドロールもかなり使用されている。

グレーンロールはチルドロールと同様、一般に金型に鑄込んで製作される。したがってロール表面は冷硬効果をうけて多量の遊離セメントタイトを析出し内部より高硬度ではあるが、チルドロールのような完全白銑層は存在しない。すなわちロール表面まで微細な黒鉛が析出しており、内部に入るにしたがつて次第に増量するとともに粗大化している。このような組織であるから硬度も表面から内部に入るにしたがつて徐々に低下し、チルドロールのモットル部のように硬度が急激に低下する領域は存在しない。第4図は普通グレーンロールの硬度分布をチルドロールと比較して示したものである。グレーンロールはチルドロールよりも一般に内部の硬度が高いから孔型を削り出して使用するロール、すなわち型鋼、丸棒、ピレット、鋼管などの圧延に適しており、数年前まではこれら鋼材の中間、仕上げ圧延に広くもちいられていた。しかし球状黒鉛鑄鉄ロールやアダマイトが普及し、製品が大型化するにともない、グレーンロールでは強度的に



第4図 チルドロールおよびグリーンロールの硬度分布

耐ええない場合がしばしばあらわれ、その需要はいくぶん減少しつつある。しかし強度上問題なく、圧延負荷に耐えうる場合は、同一硬度の球状黒鉛鑄鉄ロールに比較して耐摩耗性の面でほとんど遜色なく、ヒートクラックに対してはむしろ強いという長所を有し、しかも安価であるから中型、小型の型鋼、丸棒、ビレットなどの圧延には今日でもかなり広くもちいられている。また組織中に存在する黒鉛はヒートクラックやスポーリング(チル割)を軽減する緩衝作用を有しているから、製品のはだつやはチルド系ロールにいくぶん劣るにもかかわらず、鋼板圧延の分野にもかなり広くもちいられている。たとえばホットストリップミルの仕上げワークロールにはほとんど高合金グリーンロールが使用されている。

グリーンロールはチルドロールと同様に、一般に反射炉で溶解され、金型に鑄込んで製作される。炭素含有量は普通 2.5~3.5% の範囲で製作されており、高炭素にするほど表面硬度は上昇するが、その反面内部の硬度低下が顕著になり、機械的性質も劣化する。したがって高炭素のグリーンロールは、ロール表面層だけを使用する鋼板圧延や小さい丸棒の圧延に適しており、深い孔型をほつて使用する型鋼ロールなどには内部硬度の低下が少なく、強力な低炭素グリーンロールが好ましい。

グリーンロールはロール表層部の黒鉛を微細化する必要があるため、一般にクロームが添加されており、クロームの白銹化作用を抑制するために適量の珪素を含有せしめる。したがってチルド系のロールよりも一般に珪素含有率が高く、0.6~2.0%の範囲で製作され、ロールの使用目的に応じて適当に加減されており、珪素は炭素、ニッケル、クロームなどとともグリーンロールの硬度や黒鉛の分布状態を左右する重要な元素の一つである。マンガンは特殊な目的をもつて多量に添加されることもあるが、一般に1%以下に押えられており、とくに高級なロールに多量のマンガンを追加することは好ましくな

い。硫黄や磷はヒートクラックに悪影響をおよぼす元素であるから、極力これを減少せしめるように努力する必要がある。しかし適量のマンガンが共存する場合には、硫化マンガンを形成し、ある程度硫黄の弊害を軽減することができるから、一般に0.07%程度まで許容されている。磷は普通0.2%以下を目標に製作されており、溶解原料の選択には特別の注意がはらわれている。ニッケル、クロームはチルド系ロール、グリーン系ロールを問わず、マトリックスの硬度を上昇せしめるために広くもちいられている添加元素であり、ニッケルや珪素の黒鉛化作用とクロームの白銹化作用をうまく平衡させるようにその配合には特別の考慮がはらわれている。合金グリーンロールには一般にニッケル添加量の1/3~1/2のクロームが含有されており、黒鉛微細化のために同一量のニッケルを含有する合金チルドロールよりも多量のクロームが添加される。ニッケル、クロームの含有量が増加してゆくにしたがって、マトリックスはパーライト、ソルバイト、トルースタイト、ベーナイト、マルテンサイトと次第に硬化し、ホットストリップ、ワークロールを例にとれば、ニッケル含有量4.5%程度で表面硬度Hs 80°またはそれ以上をだすことができる。モリブデンもチルドロールの場合と同様な目的で普通0.3%前後添加されるが、とくにベーナイト地を必要とする場合には1%程度まで増量されることがある。

グリーンロールの鑄造はチルドロールのそれとほとんど変わりなく、必要に応じて中抜やカリバー鑄出しなどの特殊鑄造方法が採用され、個々の圧延条件に適したロールが製作されている。

### 3. 球状黒鉛鑄鉄系ロール

1945年、溶解鑄鉄にセリウムまたはマグネシウムを添加して球状黒鉛組織を有する強力鑄鉄を製造できることがあきらかにされ、その後、黒鉛の球状化機構に対する理論的な説明がこころみられると同時に、各所でいちちやこの材料の工業的利用面の研究が行なわれて、十余年の間に長足の進歩を示した。現在ではそのすぐれた鑄造性とかなり広い範囲に変化させうる機械的性質によつて鑄鋼または一部の鑄鋼品の分野にまで進出している状況である。

鋼材圧延用として古来使用されてきた鑄鉄ロールは耐摩耗性が大きいという点で賞用されたけれども、最大の欠陥は鑄鋼ロールに比較して脆弱、でしばしば折損事故を起すことであつた。したがって強靱性と耐摩耗性を兼備する球状黒鉛鑄鉄がロールの製造に応用されたのはむしろ当然といふことができよう。球状黒鉛鑄鉄ロールの

試作研究は世界各国でほとんど並行して行なわれ、1953年には製品として市場に登場宣伝されるようになり、これに関する研究も各所で発表されはじめた<sup>21~25)</sup>。本邦における球状黒鉛鑄鉄ロールの製品化も諸外国におくれをとるものではなかつた。

当時、試験に供されたロールは主として線材、棒鋼および中小型型鋼用の小形ロールであり、比較的良好な成績をおさめている。本邦ではその後大中型型鋼の分野に広くもちいられるようになり、サンドロールやグレーンロールにまさる強靱性と、鋼系ロールをしのぐ耐摩耗性が称賛されている。本邦の旧式型鋼圧延機によつて大型、ないし特大型型鋼を圧延できるようになつた陰には球状黒鉛鑄鉄ロールとあとに述べるアダマイトロールの開発が大いに寄与しているといつても過言ではあるまい。最近板の圧延にももちいられるようになり、特殊な製法によつて製作した球状黒鉛鑄鉄ロールは分塊圧延でも優秀な成績をおさめており、いまや球状黒鉛鑄鉄ロールは鋼材圧延のあらゆる分野に広くもちいられるにいたつた。このように各分野で賞用されているダクタイルロールも、その製法および使用法の適否ではなほだしく圧延成績が異なり、一歩あやまるとあたかも材質的に脆弱であるかのごとき折損事故を生ずることがある。したがつて以下、球状黒鉛鑄鉄ロールの材質上の諸問題について少しふれてみることにしよう。

まず溶解については一般の球状黒鉛鑄鉄鑄物とさほどの差は認められない。一つ注意を要する点は、ロールは大型鑄物であり、黒鉛の球状化が困難になるからとくに装入材料を吟味する必要がある。溶解用の炉は、キューポラ炉、電気炉、反射炉など従来鑄鉄鑄物を溶解した炉で、マグネシウム処理を行なつてもなお十分な鑄造温度を確保できるものであればよいわけである。しかし従来のロール製造に対する考え方と同様に、ロールはその強靱性と耐摩耗性をうまく平衡させる必要があること、したがつて化学成分の調整が十分行なわれねばならぬこと、あるいはマグネシウム処理に有害な不純物の混入を避けることなどからすると反射炉溶解が最も適していると考えられる。また、この溶解炉によれば40~50tにおよぶ大型鑄物も容易に製造でき大型分塊ロールなどの製造にも適しているといえる。

ロールの鑄造にあつては、まったく従来の鑄鉄ロールと相違するところはない。すなわち特殊な場合を除いては、耐摩耗性を向上させる目的でロール表面に適度の遊離セメントイトを含有させなければならぬ。したがつてチルドロールまたはグレーンロールと同様金型に鑄

造しロール表面を急冷して、表面の耐摩耗性を向上せしめるとともに、内部の黒鉛化をはかっている。また深い孔型を切削して使用する型鋼用ロールでは、カリバー鑄出し鑄造法によつてロール孔型部に深硬度を与えるのが好ましい。ただ分塊、鋼片ロールなどでは、ロールの肌荒摩耗の問題よりも、むしろ材料かみ込みの良否やスリップの有無に重点が置かれており、これらの障害による圧延能率の低下を極度にきらうから、このような場合は低硬度の球状黒鉛鑄鉄ロールが適しており、主として砂型鑄造法が採用されている。

つぎに材質上の問題に移ることにしよう。球状黒鉛鑄鉄ロールは、工業的にはマグネシウムの添加をうけてできたものであるから、マグネシウムの強い白銹化作用によつて他のロール材質とは、かなり異なつた性質を示す。これがこの材質をすぐれたものとしている反面、製作の方法によつてはロールとして致命的な欠陥になることも少なくない。球状黒鉛鑄鉄ロールの黒鉛は、その分布状態から見ると従来のグレーンロールに良く似ており、ロール表面から微細な黒鉛を析出させたものが一般的である。したがつてロール表面の組織や内部に向つての硬度低下の状況はグレーンロールと類似のものと考えてよい。もちろん理論的にいえばロール表面にまったく黒鉛の発生しないチルド系の球状黒鉛鑄鉄ロールも製作できるわけであるが<sup>26)</sup>、マグネシウムの強い白銹化作用と、モットル部をいちじるしく長くする性質はロール中心部までセメントイトの多い組織にしやすく、したがつてこのような場合は特殊な製造方法によらねば、ロールは使用時に容易に折損してしまう。

球状黒鉛鑄鉄ロールの化学成分は、一般の鑄鉄ロールといくぶん異なつたところがある。たとえばCやSiの含有量は普通の鑄鉄ロールよりも一般にいくぶん高目であり、Crの含有量はグレーンロールよりも低くするのが普通である。これはマグネシウムの白銹化作用を抑制し、ロール内部の黒鉛化をはかるためであり、ロールの種類によつて多少の増減があるのは当然である。たとえばロール表面硬度のみに主眼を置いて製作される板や線材用ロールは高炭素の材質が適しており、一般鑄鉄ロールのように炭素含有量の増加による強度低下はほとんど生じない。これに反し、深い孔型をほつて使用する大中型型鋼ロールの場合は、内部硬度の低下が問題になるのでロール内部の黒鉛量の増加をややおさえる意味で、あまり高炭素のものは好ましくない。

Pは鋼の場合と同様、機械的性質および耐熱性を劣化せしめるものであり、その弊害は一般鑄鉄ロールの場合

よりはるかに顕著であるから、極力これを減少せしめるように努力すべきである。しかしその含有量はロール製作上の問題とも関係があるので、普通 0.05~0.08% 程度で製作されている。S はマグネシウム処理の妨害元素としてマグネシウム処理後の含有量よりも処理前の量が問題になる。処理前の S 含有量が多い場合は、マグネシウム処理量を増して黒鉛の球状化を行なわしめることができたとしても、溶湯温度の低下、脱硫生成物による製品の欠陥など、いくたの不利益がともなうので、溶解材料、溶解方法その他十分注意をはらう必要がある。Mn は原料から必然的に導入されるものであり、とくに Ni の代用として多量に添加される場合以外は普通 0.5% 前後の含有量である。Ni の代用として 3% 以上添加された例もあるが、Mn の多量添加は遊離セメントの増加、残留応力の増大などの弊害をともなうので高級なロールの製作にあたってはあまり多量に使用することは好ましくない。Ni, Cr は他の鑄鉄ロールの場合と同様、そのマトリックスを硬化せしめるためにさかんにもちいられる添加元素である。鑄鉄ロールの場合は Ni の黒鉛化促進性と Cr の黒鉛化阻止作用を組合わせて、平衡を保持せしめつつ両者の含有量を高めてゆくのが常識であり、球状黒鉛鑄鉄ロールの場合もその例外ではない。ただグレーンロールといくぶん異なる点は、マグネシウムの白鉄化作用があらわれるので、Cr 添加量をいくぶん制限する必要がある。マトリックスは Ni, Cr 含有量の増加にともなつてパーライト、ソルバイト、トルースタイト、ベーナイト、マルテンサイトと順次硬化して行き、Ni 4.5% 前後で最高硬度を得ることができる。この場合のロール硬度はセメントや黒鉛の量によつてかなり大巾に変化するが、Hs 80° 以上の硬度をだすことは、さして困難なことではない。このような高硬度の球状黒鉛鑄鉄ロールは、他の高硬度鑄鉄ロールと同様、折損防止のために一般に中抜操作が行なわれる。

機械部品として使用される球状黒鉛鑄鉄は鑄造後の熱処理によつてその性質をかなり大巾に変化せしめうることは周知の事実であるが、球状黒鉛鑄鉄ロールの場合もまったく同様に、熱処理によつて使用条件に適する性質を付与することができる。たとえば特殊な熱処理によつて、ヒートクラックを軽減せしめることが可能であり、分塊や鋼片圧延用の球状黒鉛鑄鉄ロールにはこの方法が採用されている。

このように球状黒鉛鑄鉄ロールは Hs 30° から Hs 80° 以上の広範囲のものが製造可能であり、その利用範囲も鋼材圧延のあらゆる分野にわたつており、今後ともますます

発展するものと思われるが、ここで従来から使用されてきた鑄鋼ロールや鑄鉄ロールとその優劣を比較しておくのも無意味はあるまい。

(i) 従来の鑄鉄ロールよりはるかに強靱で、鑄鋼ロールに近い強さを有する。

(ii) Ni, Cr などの合金添加により、鑄鋼ロールよりはるかに広範囲の硬度をもつものができ、硬度仕様範囲は従来の鑄鉄ロールにまさるとも劣らない。

(iii) 同一炭素量、同一表面硬度のグレーンロールと比較すれば、ロール内部の硬度が少ない。

(iv) 機械的摩擦摩耗に対しては、同一硬度のチルドロールに劣るけれども、片状黒鉛を有するグレーンロールよりもすぐれている。

(v) 熱衝撃のくりかえしを受けた場合には、同一硬度のグレーンロールよりいくぶん亀裂を生じやすいが、チルドロールよりもあきらかにすぐれている。

(vi) 黒鉛が球状化しており、スケールが付着しにくいので同一硬度のグレーンロールと比較すれば、スケールの影響まで加味した熱間摩擦肌荒に対して強い。

球状黒鉛鑄鉄ロールは、このように幾多のすぐれた長所を有するものではあるが、これは、正しい製法によつて製作されたロールは正しく使用した場合にその長所を十分発揮するものであり、一歩あやまると前に述べた利点とはまったく逆の性質を示す可能性がある。すなわちこのロールはマグネシウム処理というかなり不安定な操作をうけるので、従来の鑄鉄ロールよりもその製造は複雑になり、処理調整の方法をあやまると、ロールとして致命的な折損事故をおこすことも少なくない。この間の調整は数多くのロールを吹製してはじめて経験的に得られる知識であり、球状黒鉛鑄鉄ロール製造のむずかしさがあるようである。また使用条件に適した組織、硬度のロールを使用した場合には好結果が得られるが、不当に高硬度のものを使用すると熱亀裂の被害をこおむりやすい欠陥がある。

ともあれ球状黒鉛鑄鉄ロールは誕生以来まだ日もあさく、従来のロールにくらべ、まだ幾多の問題をのこしてはいるが、今後とも改良を加えてゆくことによつて将来の発展が期待されるものである。

#### 4. アダマイト系ロール

わが国におけるアダマイトロールの需要増加は比較的新らしいものであるが、諸外国ではかなり古くから使用されており adamite または phenix ロール<sup>27)</sup>として知られていた。その化学成分は下記のようなものである。

商品名	C	Si	Mn	P
Adamite	1.5~3.5	0.5~2.0	~0.45	<0.12
Phenix	1.5~2.0	0.3~0.6	~0.6	<0.10
商品名	S	N	Cr	
Adamite	<0.08	0.25~1.0	0.5~1.5	
Phenix	<0.08	~0.5	~1.0	

もつとも、本邦でもかなり古くから低炭素のアダマイトロールが一部の中小型圧延機に使用されており、まったく目新しい材質ではないが、戦後の大型型鋼の需要増加にともなつて急激に発達したロール材質である。

アダマイトロールはその化学成分、とくに炭素含有量および組織から分類すると、鑄鋼ロールと鑄鉄ロールの中間に位するものであり、したがつてその硬度や機械的性質もほぼ両者の中間的性質を示すものである。アダマイトロールの鑄放組織は低炭素の白鉄鑄物に類似しており、パーライト地、初晶セメンタイトおよび共析セメンタイトから構成されている。このままでは脆弱であるから、熱処理を行なつてパーライトを粒状化するとともに、針状に発達した共析セメンタイトを切断し球状化せしめて靱性を与えている。しかしこのような熱処理を行なつても初晶セメンタイトはかなり大きい塊として残留するから初晶セメンタイト量の多い高炭素系のロールは高硬度である反面脆弱であり、鑄鉄に近い性質を示し、低炭素のものは初晶セメンタイトが少ないから低硬度ではあるが靱性に富み、鑄鋼ロールに類似した性質を示す。

現在一般に広くもちいられているアダマイトロールは炭素含有量1.4~2.5%の範囲のものであり、その多少によつて上述のように性質がいくぶん異なるから、圧延条件に適したロールをえらんで使用する必要がある。たとえば、比較的圧延負荷が高くしかもはげしい熱衝撃をうけてヒートクラックを発生しやすい粗圧延には低炭素のロールが適しており、摩耗肌荒をきらう仕上げ圧延には高炭素のロールを使用するのが常識である。アダマイトロールの硬度は炭素含有量によつて Hs 38° から Hs 48° の範囲に変化するが、1本のロールは全体ほとんど均質であり、内部硬度の低下はほとんど認められない。したがつてカリバーの均一な摩耗を必要とする大型型鋼の圧延に適しており、この分野では他の追従を許さぬ好成績をおさめている。

アダマイトロールは鑄鉄ロールよりも炭素含有量が低く鑄鋼ロールに近い成分であるから、その溶解には従来主として製鋼用の平炉または電気炉がもちいられてきた。しかし鑄鉄溶解技術の進歩によつて、最近は反射炉によつて炭素含有量1.5%程度の低炭素材料まで溶解で

きるようになり、製造原価の引下げをねらつて反射炉によるアダマイトロールの溶製が行なわれた。この結果、従来の平炉や電気炉による製品に比較してなんら遜色ないことが確認され、現在では平炉、電気炉製のロールと全く同様に広くもちいられている。アダマイトロールは、鑄鋼ロールと同様に引巣や鑄巣などの欠陥がでやすく、しかも鑄鋼ロールよりも高炭素であるため、鑄放状態では材質的に脆弱であり、亀裂その他の事故をおこしやすい。したがつてその溶解鑄造に際してはすぐれた技術と細心の注意を必要とする。またこのロールは熱処理の良否によつてその性質がかなり変動するので、熱処理は適切な方案にしたがつて十分管理されていなければならない。

アダマイトロールも他種のロールと同様に Ni や Mo などを添加することによつてその硬度を上昇せしめることができるけれども、製作の途中に熱処理工程がはいるために、他種のロールのように添加合金による大巾な硬度上昇を期待することはできない。最近、アダマイトロールに少量の球状黒鉛を析出せしめ、その量をロールの使用条件によつて適当に加減する方法が採用されるようになり、熱亀裂の防止にかなり効を奏している。元来、ロールに発生する熱亀裂はセメンタイトから出発するものであり、黒鉛は熱亀裂の発生と伸展を阻止する作用があるから、アダマイトロール組織中の初晶セメンタイトの一部または大部分を黒鉛粒により置きかえることによつて熱亀裂の軽減をはかることができる。しかしこのような方法によつて製作したロールは黒鉛の析出によつてそれだけセメンタイトが減少しているから、同一炭素含有量の普通のアダマイトロールより耐摩耗性が劣る欠点がある。

アダマイトロールは前にも述べたように、現在主として大型型鋼の中延仕上げ、中型型鋼の粗延などに使用されているが、今後ワイドフランジビーム用ユニバーサルミルが設置されるようになれば、その方面にもますます需要が増大していくものと思われる。

### III. ロールの選択について

鋼材の種類は多種多様であり、その圧延に使用されるロールの種類も多いから、個々の場合について使用条件に最も適合したロールの材質をここで指摘することは困難である。したがつて本文では、圧延製品の種類別に分類して、これら個々の製品圧延に最も広く使用されているロール数種類をあげ、その長所と短所、使用上の注意事項などを述べて、参考に供することにしよう。

#### 1. 製板用ロール



鋼板の仕上げ圧延はほとんどすべてプレーンロールで行なわれるからこれに使用するロールは、必要な外表層だけを耐摩耗性に富む組織にし、内部は強靱な材質にすることがのぞましい。この条件に適合するものとして板の圧延には古来主としてチルドロールが使用されてきた。しかしチルドロールには後に述べるような欠陥があるので、必ずしもあらゆる場合に好適であるとはいえない。圧延機が進歩し、高能率な圧延機がつぎつぎと設置稼働されるにともない、製板用ロールの種類も次第に増加し、現在ではそれぞれの圧延機および圧延方法に適合した材質のロールが使用されており、普通チルドロールの使用分野は漸次減少の一途をたどっている。以下、圧延方式別に分類し、現在、板圧延に広くもちいられているロールの材質について解説しよう。

薄鉄板は従来、主としてプルオーバーの2重圧延機によつて圧延されていた。また現在でも一部の薄板はこの種の圧延機によつて製作されている。この圧延機に使用されるロールはホットロールと称されて古くからチルドロールがもちいられてきた。ホットロールは胴部の温度を400~500°Cまであげて使用するので、従来、熱変化による折損が多く、これを防止するための研究が、ロール材質および使用方法の両面から進められ<sup>28)29)</sup>、現在では折損事故は減少し、径小廃却が増加している。ホットストリップミルの発達によつて、この種の圧延機は最近、極薄鉄板または特殊鋼板の圧延に使用される機会が多く、ロールの耐摩耗性と肌荒の防止が強く要求されている。したがつて普通チルドロールから次第に合金チルドロールに移行し、しかも漸次高合金化する傾向がある。しかしこのように合金成分を添加していくと、材料の熱伝導率は低下し、合金成分の増加にともなつて熱変化によるロール折損の危険性が增大してくる。したがつてロールの製造に際しては中抜法その他の方法を併用して折損を防止し、しかも耐摩耗性を向上せしめるような手段がとられている。

先にも述べたように、最近の薄板は大部分生産能率の高いストリップミルによつて圧延されている。ホットストリップミルは粗圧延機と数基の連続式4重仕上げ圧延機から構成されており、一般にワークロールに鑄鉄系、バックアップロールに鑄鋼系のロールが使用されている。仕上げ圧延に使用されるワークロールは普通 Hs 80°程度の硬度を有する高合金グレーンロールであり、チルド系のロールは最近ほとんど使用されていない。グレーン系ロールの表面に存在する微細な黒鉛は圧延製品の表面光沢に対して好ましくない影響を与えるが、その反面、熱衝撃や絞りこみによる局部的強圧に対して緩衝効果を発

揮しチルドロールのようなはげしいクラックを生じない。したがつて広幅薄物を行なうホットスリップミルでは、事故軽減の立場からグレーン系のロールが圧延条件に適しており、一般に広くもちいられている。

仕上げ圧延の後半スタンドに使用するロールは、摩耗、押疵、肌荒などの面から考えて高硬度のロールが好ましいけれども、不用意にただその硬度だけを高めていくとチル割やクラックなどの事故が増加し、圧延能率を低下せしめる原因になる。仕上げ圧延の前半スタンドに使用されるロールは、被圧延材から受ける熱衝撃がひどいから、後半スタンドに使用するような高硬度のロールをそのまま使用するとヒートクラックを発生し、これにスケールが押しこまれて肌荒を生じ、ついにはスケールバンディングにまで発展して製品の最終仕上げ面に悪影響をおよぼす。従来はある程度仕上げ後半スタンドに使用して径小になつたロールを前半スタンドにおろして使用するという方法がとられていた。しかし上述のように、仕上げの前半と後半ではロールに要求される性質が多少異なるので、最近ではロール材質を仕上げ前半用と後半用に分けて、異なつた材質のロールを使用する傾向が強くなつた。仕上げ後半用には従来どおり主として高合金中抜グレーンロールが使用されており、前半用には鑄鋼ロールまたは高合金球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されている。ここに使用される鑄鋼ロールは Hs 45°~50°で、鑄鋼ロールとしては比較的高硬度であるが、高合金球状黒鉛鑄鉄ロールと比較すると硬度が低く摩耗は多いけれども、ロール表面にスケールが付着しがたいので、最終製品に好結果がもたらされるといわれており、高合金の球状黒鉛鑄鉄ロールは Hs 70°前後の硬度を有しており、摩耗、肌荒に対して強いといわれている。ホットストリップの粗延には従来 Hs 70°前後の合金グレーンロールが使用されていた。ここでもヒートクラックと肌荒が最も問題になつており、あまり高硬度のロールはヒートクラックが原因になつてスケールバンディングをおこし、低硬度のロールは肌荒が進行し、ともに好ましからざる結果におちいる。したがつて組織中の黒鉛の形状や分布状態に注意をはらつて適当な硬度のロールを製作する必要がある。粗延の場合も仕上げ前半スタンド用ロールと同様な考え方で最近次第に合金球状黒鉛鑄鉄ロールがもちいられる傾向がある。

コールドストリップミルに使用されるロールは現在までのところ、ほとんど材質的に固定化しており、ワークロールは鍛鋼焼入、バックアップは鑄鋼または鍛鋼スリーブ焼嵌ロールが使用されていた。しかし鑄鉄系ロールの進歩によつて米国では一部高合金鑄鉄ロールが使用さ

れており、本邦でもその気運が次第に濃厚になりつつある。現にテンパーミルのバックアップロールとして特殊な高合金鋳鉄ロールが使用され、鋳鋼ロールの数倍の好成績をおさめている。

帯鋼も薄板の一種であり、製品板巾の狭いものをストリップミルによる製品と分類して帯鋼と称している。本邦における帯鋼の圧延設備は新旧種々の型式があり、これに使用されるロールもさまざまであるが、一つの共通点は仕上げスタンドに高合金チルドロールがもちいられていることである。帯鋼はホットストリップによる製品よりも製造原価が高くなるので、市場性の立場から是非とも製品の高級化をはかる必要があり、圧延製品表面の平滑度や光沢などを重視する傾向が強い。したがってホットストリップのような高合金グレンロールによる圧延肌では満足されず、本邦では主として高合金チルドロールが使用されている。そのため、チルド系ロールの欠点であるクラックやチル剥はしばしば発生しているようであるが、いまのところ、グレン系ロールまたは他種材質のロールにきりかえられていく傾向は見られない。帯鋼の酸洗後の肌の良否は、ただ仕上げロールの良否に影響されるのみではなく、中延、粗延ロールの肌荒の程度にも左右されるから、最近では中延、粗延にまで次第に高硬度のロールが使用されるようになってきた。たとえば従来鋳鋼ロールが使用されていた粗スタンドには球状黒鉛鋳鉄ロールが使用され、グレンまたは普通チルドが使用されていた中延スタンドには中抜合金チルドロールなどが使用されている。

本邦の中板は一部、ホットストリップミルによつて生産されるものもあるが、多くはラウト式3重圧延機によつて圧延されている。この3重圧延機には従来主としてHs 60~63°のチルドロールが使用されてきたが、この程度の硬度では押疵が出やすいので、一部では合金チルドロールに変更して硬度を上昇せしめ、押疵と摩耗の減少をはかる試みがなされた。しかしチルド系のロールはチル剥やクラックが出やすいのみならず、しばしば中ロール胴端面の欠損事故が発生するので、次第に高合金グレンロールに変更されてゆく傾向がある。高合金グレンロールは押疵、クラックおよびチル剥に対してチルドロールよりたしかにすぐれた性質を有しており、摩耗の点でもチルドロールに遜色ないが、ロール表面まで微細な黒鉛が析出しているため、黒鉛の存在しないチルドロールに比較して圧延製品表面の光沢がいくぶん劣るといわれている。しかしHs 80°近い高合金グレンロールを使用すれば、この欠点もほとんど問題にならぬから、今

後はますます広く使用される可能性がある。

中板の一種に縞目鋼板があり、上ロールに縞目加工をほどこした3重圧延機で圧延される場合が多い。ラウト式3重圧延機は粗延から仕上げ圧延まで一台の圧延機で行なう関係上、縞目加工を施した上ロールも、圧延全工程中稼働し、かなり苛酷な条件で使用される。したがって従来主としてチルドロールが使用されてきたが、縞目欠損が多く、幾多の問題をはらんだまま今日にいたつている。試験的には合金グレンロールも使用されたが、思わしい結果は得られなかつた。最近にいたり、球状黒鉛鋳鉄ロールの強靱性をこのロールに応用する試みが行なわれ、合金球状黒鉛鋳鉄ロールが使用された結果、縞目欠損は発生せず、従来使用されていたチルドロールに比較して数倍の圧延成績をおさめている。

厚板の生産には一般に可逆式4重圧延機がもちいられており、そのワークロールはほとんどすべて高合金グレンロールである。このロールは粗または中延から仕上げまでの全圧延工程を同一のロールで行なう関係上、とくに耐摩耗性と耐熱性を必要とする。したがって、この二つの性質を具備せしめるためにHs 65°~75°の合金グレンロールが使用されており、耐摩耗性をとくに要望する場合は比較的高硬度のロール、耐熱性に重点をおく場合は比較的低硬度のロールが選ばれる。ロールは高硬度になるほどヒートクラックを生じやすく、とくにかみどめなどの圧延事故によつてはげしいクラックを生ずるから、しばしばこのような事故を発生する圧延機には、耐摩耗性を多少犠牲にしても、耐熱性に富んだ低硬度のロールをもちいることが好ましい。

## 2. 型鋼用ロール

型鋼の種類はかなり多く、その形状も種々雑多でありまれには、ほとんど板に近い形状のものもあるが、一般には立体的断面構造のものが多く、その大部分は孔型ロールによつて圧延されている。したがって型鋼圧延用ロールはその表面層だけでなく、かなり内部まで高硬度を保持せしめ、孔型内面に耐摩耗性をもたせる必要がある。しかも胴折れやフランジ欠損などの事故を防止するために強靱な材質にしなければならない。この2条件をともに満足せしめることが型鋼用ロール製作の要点である。チルド系のロールは前にも述べたように、表面白銹層(10~20mm)だけが高硬度であり、それより内部では急激に硬度の低下を生ずるから、深い孔型を削り出して使用する型鋼用ロールとして不適當であり、特殊な場合以外、型鋼の圧延に使用されることはない。本邦における初期の型鋼はほとんどすべて鋳鍛鋼ロールまたはサンドロール

によつて圧延されており、現在でもなお一部の圧延機にはこれらのロールが使用されている。鑄鍛鋼ロールやサンドロールはカリバー全面ほぼ均一なる硬度ではあるが、全体的に硬度が低く、肌荒摩耗がはげしいので高級な圧延機、厳格な製品寸法を要求される製品には不向きである。今日、型鋼の圧延に広くもちいられているロールはグレーン系ロール、球状黒鉛鑄鉄系ロール、アダマイト系ロールおよび特殊鑄鋼ロールであり、このうち特殊鑄鋼ロールは主として粗圧延のみに使用されている。これらのロールにはそれぞれ一長一短があるので、この中から圧延設備、圧延条件、圧延製品に適したロールを選択して使用することが肝要である。

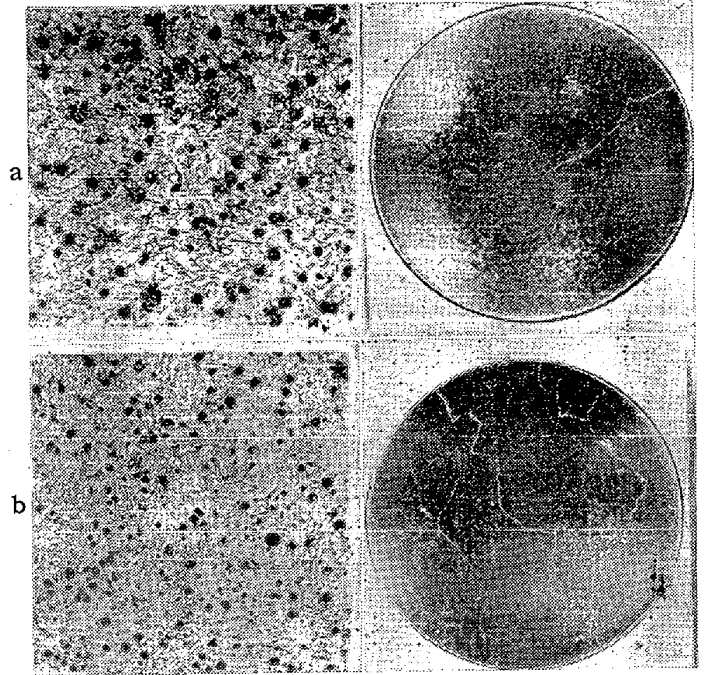
グレーン系のロールは片状黒鉛鑄鉄ロールであるから球状黒鉛鑄鉄系ロールおよびアダマイト系ロールに比較して抗張力が低く脆弱であり、高压延荷重をうけると折損する危険性がある。しかし合金を添加することによつて硬度を上昇せしめることが可能であり、成分の調整と適当な鑄造方案によつて内部硬度の低下をある程度抑制することができるから、カリバーが極度に深くない限り優秀な耐摩耗性を示し、しかも同一硬度の球状黒鉛鑄鉄ロールよりもヒートクラックを発生しがたいから、中形小形型鋼の仕上げ圧延に適しており、ロール折損の心配がないところには好んで使用されている。

球状黒鉛鑄鉄系のロールはグレーン系ロールよりも強靱で、約2倍強の抗張力を有し、高压延荷重に耐えるという特長を有している。

ロール表面から内部にいたる硬度低下の状況はグレーン系ロールに類似しており、孔型内面の耐摩耗性はグレーン系ロールと大同小異である。したがつて球状黒鉛鑄鉄ロールは、高压延荷重のためグレーンロールが折損するような圧延条件のところに使用して、その真価を発揮するものであり、グレーンロールと同様に非常に深いカリバーを削りだすロールには不向きである。

したがつて球状黒鉛鑄鉄系のロールは現在主として中形小形型鋼の中間圧延や仕上げ圧延に広くもちいられており、とくにその強靱性がかわれて、従来中小形圧延機では製造不可能とされていた大形製品の圧延に活用されている。

球状黒鉛鑄鉄ロールは遊離セメントイトを増量せしめることによつて硬度を高め、耐摩耗性の向上をはかることができるが、その反面材質的に脆弱になり、ヒートクラックを生じやすくなるとともにフランジ欠損などの事故も増加する。したがつて型鋼圧延には一般に Hs 60° 以下の球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されている。しかし最



a: 遊離セメントイトは少なく合金成分で硬度を高めた試料の組織とヒートクラックの状況 (Hs 65°)  
b: 多量の遊離セメントイトを有する試料の組織とそのヒートクラックの状況 (Hs 62°)

第5図 球状黒鉛鑄鉄ロール試料の熱衝撃試験結果

近、ヒートクラックの軽減と内部硬度低下の抑制を目的として、合金元素を添加し、マトリックスの硬度を上昇せしめた球状黒鉛鑄鉄ロールが製作試用されており、球状黒鉛鑄鉄系のロールは、今後の研究改良によつて型鋼圧延の分野でもますます広範囲に使用されるものと思われる。第5図は多量の遊離セメントイトを含有した低合金球状黒鉛鑄鉄ロール材と、セメントイトの少ない高合金球状黒鉛鑄鉄ロール材に同一熱衝撃を繰り返して発生せしめたヒートクラックの状況を示したものである。高合金ロール材は高硬度であるにもかかわらず発生したヒートクラックは軽微である。

アダマイトロールは、他の鑄鉄系ロールに比較するとその表面硬度はいくぶん低いが、全体ほとんど均質で深いカリバーを削り出しても溝底の硬度が低下しない。しかも片状黒鉛鑄鉄系のロールより強靱で折損の危険性が少ない。したがつて深いカリバーをほつて使用する大形および超大形鋼の圧延に適しており、主としてこれら鋼材の中間圧延、仕上げ圧延に使用されている。このロールは組織中に遊離セメントイトが存在するので特殊鑄鋼ロールよりも耐摩耗性があり、しかもカリバー全体が比較的均一に摩耗するので圧延製品に対して好結果がもたらされる。一般に低炭素のアダマイトロールは強靱でヒートクラックにも強いから粗圧延、中間圧延に使用され、高炭素のものは耐摩耗性を必要とする仕上げ圧延

に使用されている。

この他、特殊な例として一部の型鋼圧延にカリバーチルドロールが使用されることがある。前に述べたようにチルドロールの表面部には黒鉛がまったく存在しないから、耐摩耗性を有するとともに、このロールで圧延した製品は美肌で光沢を有している。チルドロールのこの特長を型鋼圧延に利用するため、カリバー鑄出し中抜鑄造法によつてカリバー底まで完全白銑層を形成せしめたロールがカリバーチルドロールである。この種のロールは小形山形鋼などの圧延に一部使用されて好成績をおさめているものもあるが、突き出したカリバー頂部にチルドロールの欠陥ともいふべきヒートクラックを発生しがちであり、しかもフランジが衝撃荷重に対して弱いから大形型鋼の圧延にはほとんど使用されない。

### 3. 分塊用ロール

分塊圧延機は鋼塊を圧延してビレットまたはスラブに加工するものであり、ここで圧延された製品はそのまま使用に供されることなく、再加熱後、他の圧延機で再度圧延されるから、分塊では製品肌の良否よりも圧延能力の向上に主眼が置かれている。したがつて生産をあげるために許容範囲内で高圧下が加えられるから、これに使用するロールははげしい繰りかえし熱衝撃と、高圧延荷重に耐えうるものでなければならない。従来主として鋼系のロールが使用されており、なかでも特殊鑄鋼ロールが広くもちいられてきた。しかし鋼系ロールの一つの欠陥は、熱衝撃がひどい場合、部分的にかなり深いヒートクラックを発生し、これが起点になつて疲労破損をおこすことであり、他の一つの欠点は鋼材と焼きつく傾向があり、摩耗肌荒がはげしいことである。これらの欠陥を補うべく、材質熱処理の両面から改善策がとられているけれども、現状では必ずしも満足すべき状態ではない。最近、球状黒鉛鑄鉄の強靱性と耐熱性を分塊ロールに応用する研究が進み、Hs 30~40° のロールが製作され、各所でその実用圧延試験が行なわれている。現在までに判明していることは、鋼材のかみこみに多少難点がある場合もあるが、ヒートクラックの発生、鋼材との焼き着きなどの点では鑄鋼ロールよりすぐれており、圧延後のロール肌も美麗である。圧延機の種類や圧延方法などによつて多少の不同はあるが、一般に鑄鋼系ロールの1.5~2倍の圧延成績をおさめている。おもしろいことは、機械的性質の面で鋼系ロールよりいくぶん劣っているにもかかわらず、耐熱性に富んでいるから、ヒートクラックの伸展によつてロールがしばしば折損するような場合には、球状黒鉛鑄鉄系の特殊ロールが鋼系のロールよりもむし

る強力であるという結果が得られている。したがつて今後は分塊圧延の分野においても球状黒鉛鑄鉄ロールがかなり広範囲に使用されるものと考えられる。

### 4. 棒鋼用ロール

棒鋼は中小形の圧延機で圧延される場合が多く、製品の寸法やロールの大きさによつて使用されるロールの種類は変わつてくる。小径の棒鋼仕上げ圧延には、耐摩耗性と製品肌を重んじて、主としてチルド系のロールが使用されており、一般に高炭素のチルドロールが好んでもちいられている。しかし生産量が多く、とくに耐摩耗性を必要とする場合は高硬度の合金チルドロールが使用される。大径の棒鋼を圧延するロールは、かなり深いカリバーをほる必要があるから、普通の鑄造法によつて製作したクリヤーチル 10~20mm のチルドロールでは溝底硬度が低下して使用に耐えない。従つて大径棒鋼の仕上げ圧延には深硬性のあるグレン系ロール、とくに合金グレンロールが広く使用されており、強さを必要とする場合は球状黒鉛鑄鉄系のロールが使用される。またとくに良好な圧延肌が必要な時は、中抜鑄造法で製作したカリバー鑄出しのチルドロールが使用されることもある。棒鋼の中延用ロールは仕上げロールと同様に、カリバーの深さやロールの強度などを考慮してきめられるが、比較的カリバーがあさく圧延荷重が軽い場合にはカリバー鑄出しのグレン系またはチルド系ロールが使用され、圧延荷重が高い場合は球状黒鉛鑄鉄系のロールがもちいられる。粗圧延は一般に高荷重になるから、特殊鑄鋼ロールが特殊球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されている。

### 5. 線材用ロール

最近各所に連続式高速線材圧延機が設置稼働され、線材の生産能力は急激に上昇している。圧延機の能力を十分發揮せしめるためにはロールの組替や孔替を極力はぶく必要があるから、高速圧延機ではとくにロールの耐摩耗性が要求され、仕上げ圧延には高硬度の合金チルドロールが好評を博している。中延には一般に合金球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されているが、圧延荷重が軽い場合は中抜鑄造法で製作した比較的チルの深いチルドロールが使用されることもある。粗圧延はかなりはげしい熱衝撃の繰りかえしをうけるので、ヒートクラックの防止のため一般に低硬度の球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されておりとくに1, 2番スタンドでは従来の鑄鋼系ロールにかわり、特殊球状黒鉛鑄鉄ロールが好成績をおさめている。

### 6. 製管用ロール

鋼管は大別して継目なしと溶接管に分類することが

できる。また継目なし鋼管はマンネスマン法またはその他の方法で穿孔した中空円筒形粗材を特殊なロールによつて圧延する方法と、押し抜きによつて製作する方法とに分けられる。

継目なし鋼管の圧延に使用されるロールは、その圧延方法によつて 2, 3 の形式に分類することができる。たとえばピルガロール圧延法では、かなりはげしい衝撃荷重をうけるので特殊鑄鋼ロールが使用されており、プラグミル圧延法では鑄鉄系のロールが使用される。プラグメーンロールは丸棒圧延用ロールと外見的にほぼ類似しており、摩耗と肌荒が最も問題になる。したがつて現在はカリバー鑄出しのチルドロールまたは合金グレーンロールが使用されており、とくにカリバーチルドロールによる製品は肌の美しさの点で好評を得ている。これらの圧延機でのばされた鋼管は、合金チルド製のリーラーロールによつて内外面を仕上げられ、引続きサイザーまたはレデューサーによつて外径を定寸まで絞られる。サイザーまたはレデューサーロールは比較的低温度になつた鋼管を圧延し、しかも製品寸法と製品肌を決定する最終圧延工程に使用されるから、耐摩耗性を最も重要視する。

したがつて、ここでもカリバー鑄出しのチルドロールが最も好評を博している。しかしサイザーロールは胴部外径に比較してカリバー溝底径が小さいので、その製作にはとくに高級な技術を必要とする。

鍛接管または溶接管は帯鋼をまげて円筒型にした後、その接合部を鍛接または溶接して製作するものであり、ロールは主として帯鋼のまげ成形に使用されている。熱間鍛接用の成形ロールには現在主として球状黒鉛鑄鉄ロールが使用されており、冷間溶接用には一般に鍛鋼焼入ロールが使用される。

#### IV. 結 言

鋼材圧延に今日広くもちいられているロールの種類とその特性について概説し、ついで各種の鋼材を圧延するためにおもに使用されているロールの材質を紹介した。ロール選択使用の参考になれば幸いである。

本邦の鋼材生産は今後とも長足の進歩を示すものと思われる。したがつて、これを圧延するロールの生産設備も、これと歩調を合わせて順次更新増強されている。またロール製造技術の研究改良も日々続けられており、今後とも改良材質や新材質のロールが登場し、鋼材生産の

伸長に寄与しうるものと期待している。

(昭和 36 年 5 月寄稿)

#### 文 献

- 1) J. E. JOHNSON: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 50 (1915), p. 344
- 2) JOMINY: Trans. A.F.A., 32 (1924), p. 476
- 3) E. PIWOWARSKY: Trans. A.F.A., 34 (1926), p. 914 (translation)
- 4) P. OBERHOFFER: Stahl u. Eisen, 44 (1924), S. 113
- 5) O. KERL: Arch. Eisenhüttenw., 7 (1933~1934) S. 579
- 6) J. R. ECHMAN: Trans. A.F.A., 33 (1925) p. 431
- 7) 宮下: 鉄と鋼, 21 (1935), 5
- 8) 〃: 日立評論, 昭和19年 6 月
- 9) 神居, 川村: 鉄と鋼, 39 (1948), 135
- 10) 〃: Cast Metal Handbook, A.F.A., 3rd, Ed., p. 544
- 11) J. ROXBURG: Foundry Trade J., 11 (1935), April, p. 52
- 12) 谷口: 鉄と鋼, 18 (1932), 952
- 13) 〃: 金属便覧, 昭和 32 年第 5 版
- 14) O. W. ELLIS: Trans. Amer. Soc. Metals, 30(1942), No. 2, p. 249, 286
- 15) W. F. HIRCH: Metal Progress, 34 (1938), p. 230~232
- 16) Cast Metals Handbook, A.F.A., 3rd Ed, p. 549
- 17) C. R. AUSTIN: Foundry., 77 (1949), July, p. 74~77, 228, 230, 233
- 18) J. CHALLANSONNET: Mém. Scient., Rev. Mét., 27 (1930), p. 573~603, 654~671
- 19) 〃: Metal Handbook: A.S.M., (1948), Ed. p. 57
- 20) 〃: 鉄と鋼, 38 (1947) 11,
- 21) M. NEUVILLE: Circ. Inform. Techn., 10 (1953), Nr. 12, p. 1937~1941
- 22) W. SCHLÜTER: Stahl u. Eisen, 73 (1953) Nr. 24, p. 1605~1607
- 23) Iron Age., October (1953), 15
- 24) F. H. ALLISON and C. E. PETERSON: Iron & Steel Eng., (1954) Dec.
- 25) K. H. WRIGHT: Iron Coal Trades Review, 169 (1954), Sep. 5. p. 571~577
- 26) BELA KÖRÖS: Erzeugung von Walzenguß aus Mg-behandelten Gußeisen
- 27) HARTGUSS und WALZENGUSS: Heinrich Poether Veb Verlag Technik Berlin 1953
- 28) 河原: 日立評論, 33 (1951) p. 47~53
- 29) 〃: 日本機械学会論文集, 19(1953), No. 87, p. 54~59