

圧延機用大物鑄鍛鋼品について
Large-Sized Cast and Forged Steels for Rolling Mills

宇 和 野 晃 三* 星 昌*
Kōzō Uwano Akira Hoshi

内 容 梗 概

日立製作所は1915年にロールの製作を開始してから、まもなく圧延機の製作も始め、それ以来40年の圧延機製作の経験を有しているが、圧延機の著しい進歩と化学、電子工業など各種工業の発達に伴う板の品質の高度な要求に対応するため常に研究と改良を行い、4段可逆式大形冷間圧延機や20段センジマー式圧延機などをはじめ熱間、冷間圧延機の機器を製作して内外需要者の好評を博し斯界に貢献している。これらに使用される鑄鍛鋼部品はすべて日立製作所水戸工場で製作し、鋼の熔解吹製より鑄鍛造、熱処理、機械加工までの一貫した作業には常に技術的な研究と改善とによりすぐれた品質を得ている。

1. 緒 言

圧延機用部品の種類は圧延機の形式に関係なくほぼ共通である。たとえば冷間圧延機に使用される鑄鍛鋼部品を例にあげると、ロール以外の主要部品としてはロールハウジング、圧下ネジ、メタルチョックなどのロールハウジングに組み込まれ直接材料の圧延に関与する部分、減速ギヤ、駆動軸、ピニオンおよびそのハウジング、スピンドルおよびカップリングなどの圧延機の駆動機部品、さらに圧延機付属機器部品としてテンションロール、リールシャフトおよび同部品などがある。ロールハウジングに組み込まれる鑄鍛鋼部品は圧延の際の材料の変形抵抗に抗して生ずる強大な力に十分に耐え、かつ精密圧延にも狂いのまったくないよう剛性の高いものが要求される。したがって材料としては抗張力が高く、かつピンホール、キャビティ、不純物などのない高度の品質が保証されたものでなければならない。

日立製作所水戸工場では多年にわたり研究と改良を続け圧延機用鑄鍛鋼部品を製作し、斯界に貢献している。以下圧延機用大物鑄鍛鋼部品の中で特に主要部品について述べる。

2. 鍛 鋼 品

圧延機用鍛鋼部品の種類は多いが、それぞれの

部品の目的、仕様および大きさなどによって適切な鋼種を選定する必要がある。第1表は圧延機関係の主な鍛鋼部品の鋼種と材力およびそれらの部品の調質方法を示したものである。

鍛鋼品としての特質が十分製品に与えられ、強靱性が得られるためには健全な鋼塊を使用し鍛錬効果がその内部までよくきき、調質処理のすぐれた内外ともに細い均質組織であることが望ましい。脆性、疲労、折損の原因となる偏折やピンホール介在物などを極力少なくするためには熔解精錬にあたって製鋼原料はきわめて処女性の高い純良な原料を厳選し、十分な酸化精錬と還元精錬とを行い、完全な熔湯を製造せねばならない。なお製作中および完成後には本体の確性試験、超音波探傷試験などの検査を行うことが必要である。

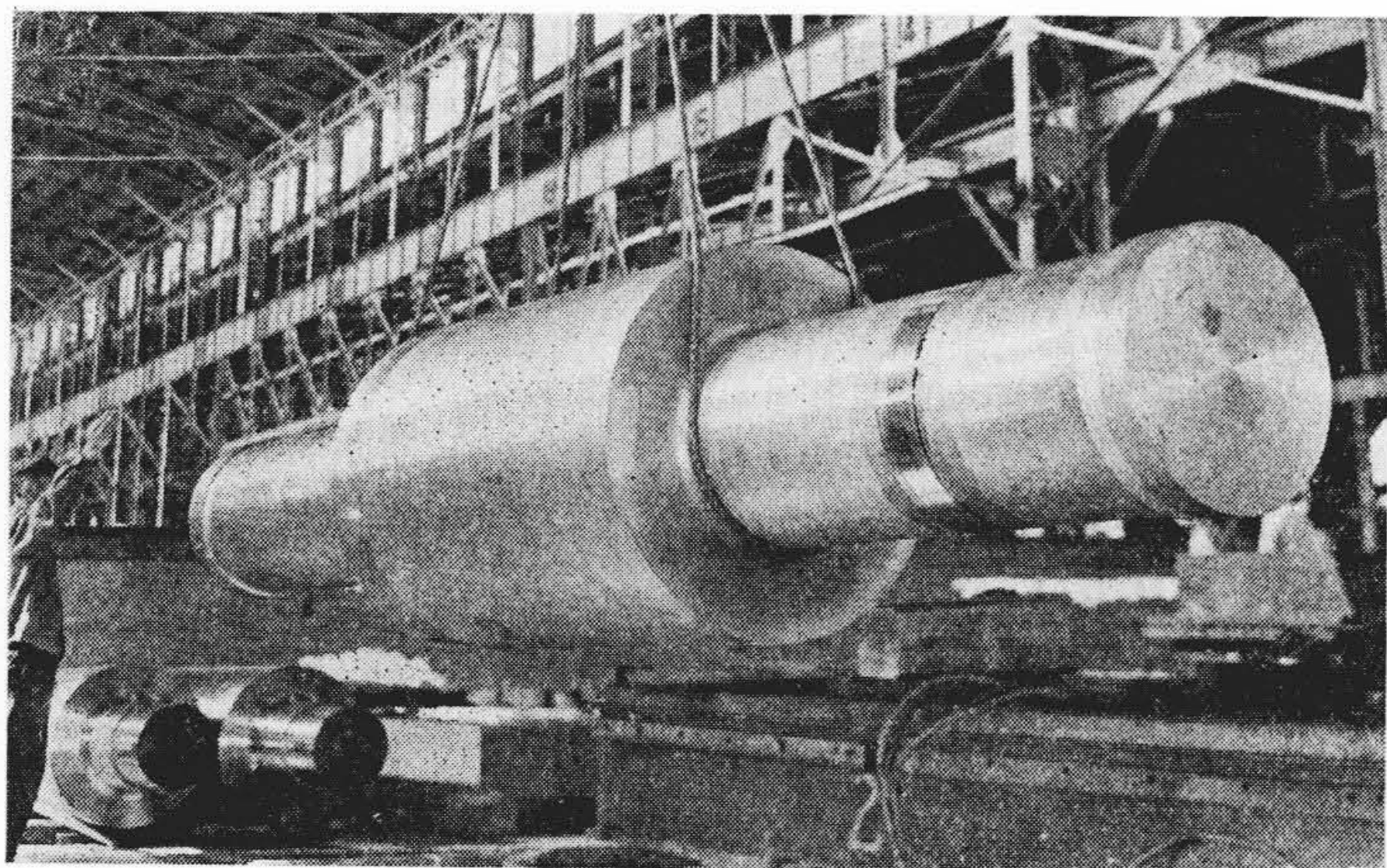
2.1 普通鋼鍛鋼部品

所要の板厚に板を延ばすためにロールの位置を決定する圧下ネジには抗張力 60 kg/mm² 程度の普通鋼が使用されるが、圧延機の進歩とともに圧下ネジの使用条件は苛酷となってきているので調質した普通鋼を用いて過負荷や摩耗に対する抵抗性の増大をはかっている。原動機とピニオンを接続する駆動軸や、ピニオンとロールとを接続するスピンドルも主に普通鋼が使用されるが、高速運転や苛酷な圧延条件の圧延機のスピンドルには強靱性のあるクロム・モリブデン鋼(C: 0.35~0.45%, Cr: 0.8

第1表 圧延機用主要鍛鋼部品一覧表

類 別	部 品 名	材 質	抗 張 力 (kg/mm ²)	硬 さ (シ ョ ア Hs)	調 質 方 法	備 考
ロールスタンド内部品	圧 下 ネ ジ	普 通 鋼	58~68	30~40	焼準一焼戻	—
	ベ ア リ ン グ	高炭素クロム鋼	—	>90	焼入一焼戻	必要に応じ肌焼鋼を使用
駆動装置関係部品	延 長 軸	普 通 鋼	58~68	30~40	焼準一焼戻	—
	ピ ニ オ ン	ク ロ ム 鋼	>80	35~45	焼入一焼戻	必要に応じニッケル—クロム—モリブデン鋼あるいは表面焼入
	ス ピ ン ド ル	普 通 鋼	55~65	25~35	焼準一焼戻	必要に応じクロム鋼を使用
圧延付属機器関係部品	テンションロール	高炭素クロム鋼	—	>90	焼入一焼戻	—
	リールシャフト	普 通 鋼	58~68	30~40	焼準一焼戻	必要に応じクロム・モリブデン鋼あるいは軸部のみ表面焼入

* 日立製作所水戸工場



(960φ×1,153/×3,490 t1)

第1図 大形ピニオン (Cr-Mo 鋼)

～1.2%, Mo: 0.15～0.25%) を調質して使用することが望ましい。板の巻取り装置としてのリールシャフトは抗張力 60 kg/mm² 程度の普通鋼が一般に使用されるが、軸部の摩滅により板の巻取りの整調性を欠き、絞り込みや板切れの原因とならないよう耐摩耗性のすぐれた上述のクロム・モリブデン鋼を使用するか軸部のみを表面焼入して硬さを付与する場合もある。

2.2 ピニオン

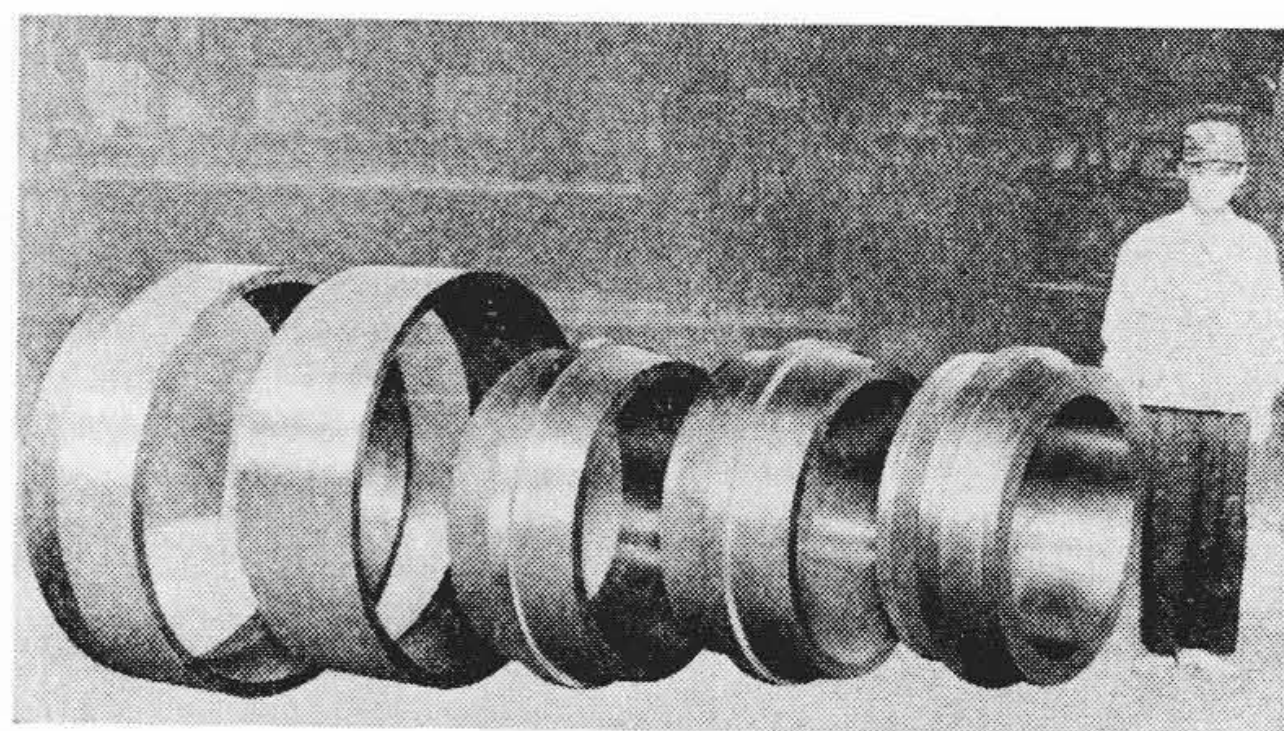
原動機とロール機の間において減速機から伝えられる動力を2本または3本のロールに分けロールに反対方向の回転を与えるピニオンには十分に焼入、焼戻を施した特殊鋼を使用する。ピニオンの歯は強大な動力を伝達することと、さらに熱間圧延の場合には鋼材の噛込みごとに衝撃を受けるものであるから、耐摩耗性と強靱性が要求される。圧延機が大きく、動力が大となるに従い歯面にかかる圧縮力も大となるのでピニオンを大形にして歯を厚くするとともに歯数を少なくかつ歯面の硬さを高くすることが必要となってくる。このためには歯が調質後機械切削された場合にも歯面は所要の高硬度を満足するよう焼入性の良好なクロム・モリブデン鋼を使用するのが良い。圧下率の大きな、したがってかなりの衝撃を

受けるものにはニッケル・クロム・モリブデン鋼 (C: 0.25～0.35%, Ni: 1.6～2.0%, Cr: 0.8～1.0%, Mo: 0.15～0.25%) を使用することが望ましい。

第2表はピニオン材の化学成分と本体材力試験結果の一例である。最近ではあらかじめ歯を機械切削して後表面焼入を施し、高硬度を与え耐摩耗性を付与しているものも多いが、この場合の鋼種は大体において C: 0.35～0.45% 程度の普通鋼である。ピニオンの事故として多いのは疲労に伴う折損であるが、これの一因子として考えられる切欠感受性の大きな介在物は極力少ないことが望ましい。

2.3 ベ어링

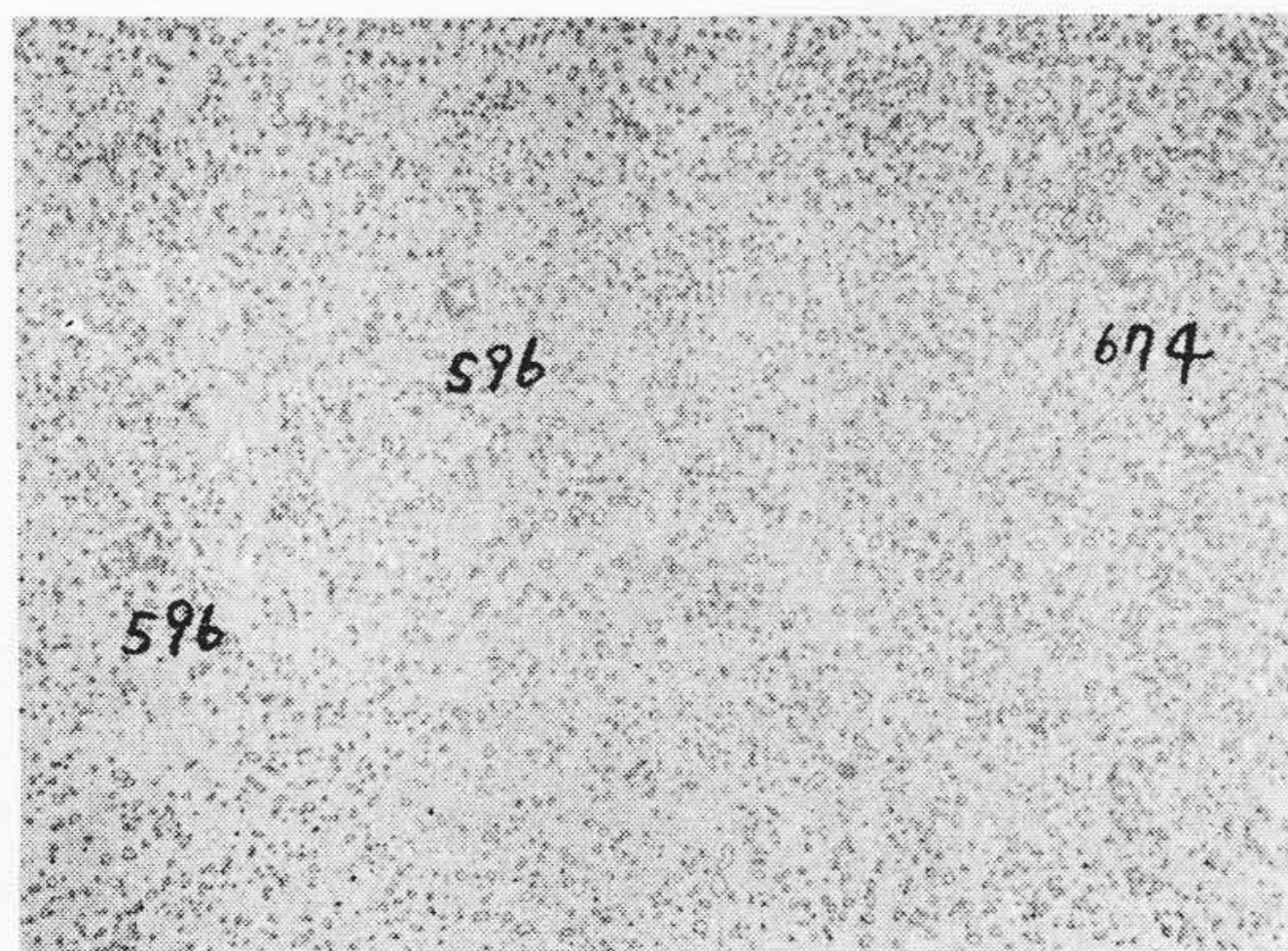
ロールネックをささえ、ロールを正しい位置におくベ어링はプレーンベ어링よりもローラベ어링が多く用いられているが、最近では大形のものに油膜ベ어링が盛んに用いられている。モーゴイルベ어링はその代表的なものである。圧延機の進歩に伴い、圧延機の圧下力が増大して、ロールの回転は補強ロール駆動が用いられるようになり、補強ロールのベ어링は全圧下力をすべて受けるので、苛酷な使用条件下の作動にも十分な耐摩耗性と耐疲労強度を持ったものでなければならない。高炭素クロム鋼はローラベ어링鋼として



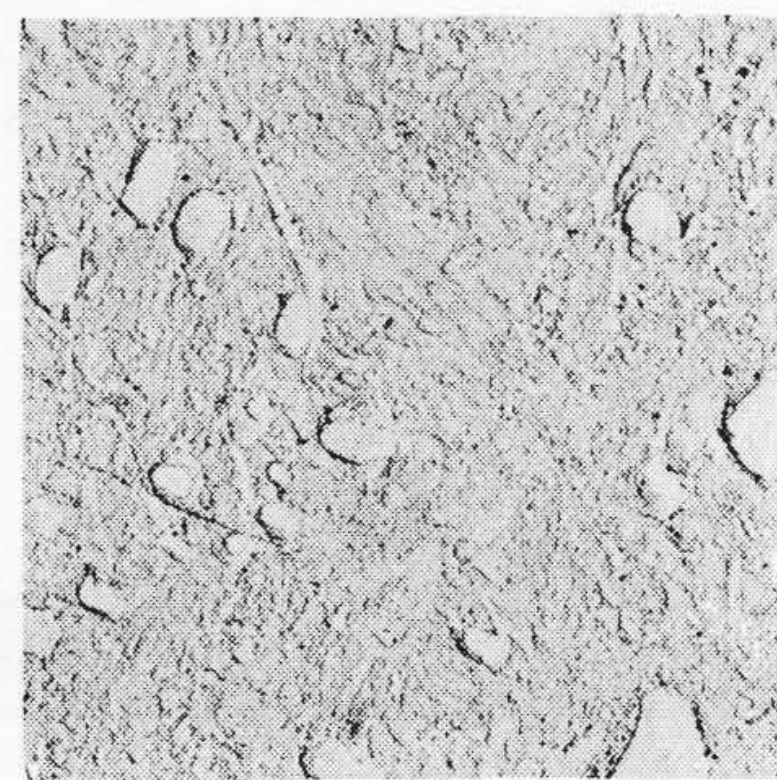
第2図 大形ベ어링レース材 (Cr 鋼)

第2表 ピニオン材の機械的性質

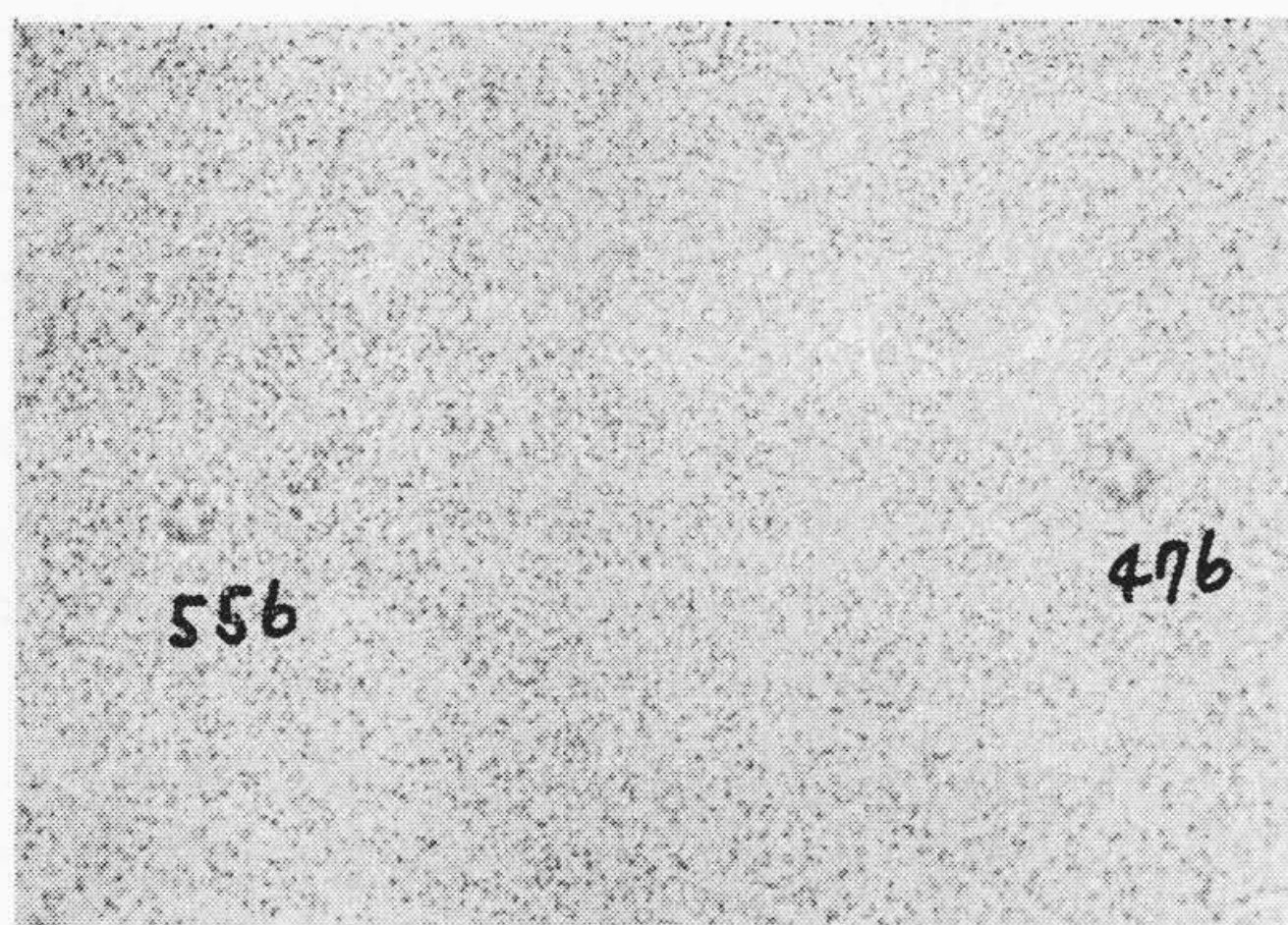
寸 法	化 学 成 分 (%)					引張り強さ (kg/mm ²)	降 伏 点 (kg/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)	衝 撃 値 (kg/cm ²)	硬 度 (ブリネル)
	C	Mn	Ni	Cr	Mo						
胴径 720 φ 胴長 1,433 全長 3,820	0.47	0.75	—	0.99	0.27	94.2	73.7	18.8	42.7	4.66	285
	0.46	0.76	—	1.17	0.45	95.5	78.0	21.0	54.0	8.33	269
胴径 424 φ 胴長 566 全長 2,652	0.38	0.89	1.76	0.90	0.25	78.0	63.0	25.8	54.0	8.33	229
	0.34	0.56	1.64	1.02	0.30	78.0	63.0	24.0	50.0	8.66	229
胴径 521 φ 胴長 921 全長 2,395	0.41	0.64	—	1.06	0.27	83.8	63.7	20.0	40.5	6.13	235
	0.40	0.60	—	1.05	0.30	83.2	61.7	21.8	50.0	6.75	235



表面より 2 mm ミクロ組織 (×400) (A) SKF製



表面より 2 mm 電子顕微鏡組織 (×4000)



表面より 2 mm ミクロ組織 (×400) (B) 日立製



表面より 2 mm 電子顕微鏡組織 (×4000)

第 3 図 SKF 製と日立製大形レース材の組織

最適な鋼種である。わが国では小形のベアリングやコロ材には SUJ-2, 大形のベアリングにはマンガンの高い焼入性の良好な SUJ-3 が使用されている。ベアリングの硬度は一般にショア硬度90以上におさまられている。ベアリングはレース表面にかかる圧縮応力によって、転り接触面下のある深さに最大の剪断応力を作り、繰返し応力のための疲れを生じて剥離の原因となるので、この疲れ強さを大にして寿命の長いベアリングをうるには剪断応力に対して抵抗性があり、弾性変形やクラックの生じにくい材料が必要である。このためには繰返し剪断応力に対する抵抗性に最も影響を及ぼすマルテンサイト強度が高いことが望まれる。また応力の集中を起し、疲れを促進するような切欠効果のある介在物やピンホール、高炭素クロム鋼に発生しやすい網状炭化物は極力少ないことが必要である。ベアリングの寿命に影響を及ぼす因子を類別すると、機械精度上の問題は別として鋼の清浄性、鍛造組織、結晶粒、ミクロ組織などが考えられる。スウェーデン SKF 製のベアリングは国産のものに比べてすぐれているとの定評があるが、最近では国産のものでも素材メーカーと機械加工メーカーとの共同研究によってまったく遜色ないまでに発展している。第 3, 4 表お

第 3 表 SKF 製と日立製大形レース材の化学成分 (%)

試 料	C	Si	Mn	P	S	Cr
S K F 製	0.99	0.58	1.09	0.012	0.015	1.04
日 立 製	0.98	0.56	0.92	0.015	0.012	1.11

第 4 表 SKF 製と日立製大形レース材の非金属介在物

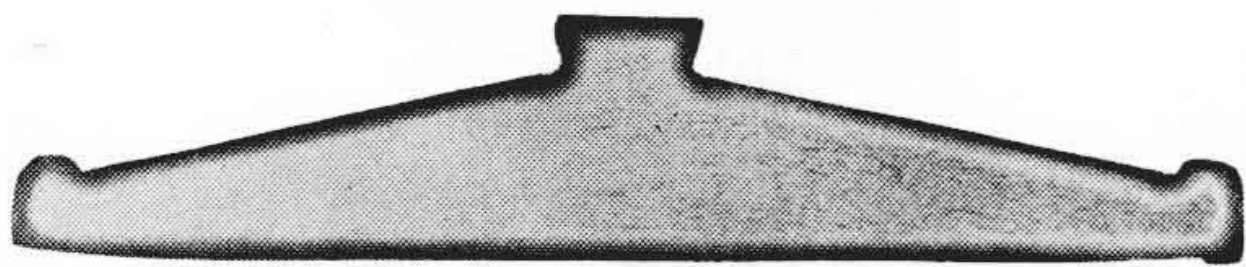
試 作	測定位置	A 系		B 系		点算法による清浄度
		清浄度	平均厚 (μ)	清浄度	平均厚 (μ)	
S K F 製	外層	1.3	4	0.18	3	dA _{60×400} =0.111 dC _{60×400} =0.025
	内層	1.3	4	0.18	3	dA _{60×400} =0.111 dC _{60×400} =0.025
日 立 製	外層	0	0	1.3	3	dA _{60×400} =0.012 dC _{60×400} =0.038
	内層	0	0	1.4	3	dA _{60×400} =0.021 dC _{60×400} =0.038

よび第 3 図は大形レース材について SKF 製と国産のものを比較したものである。

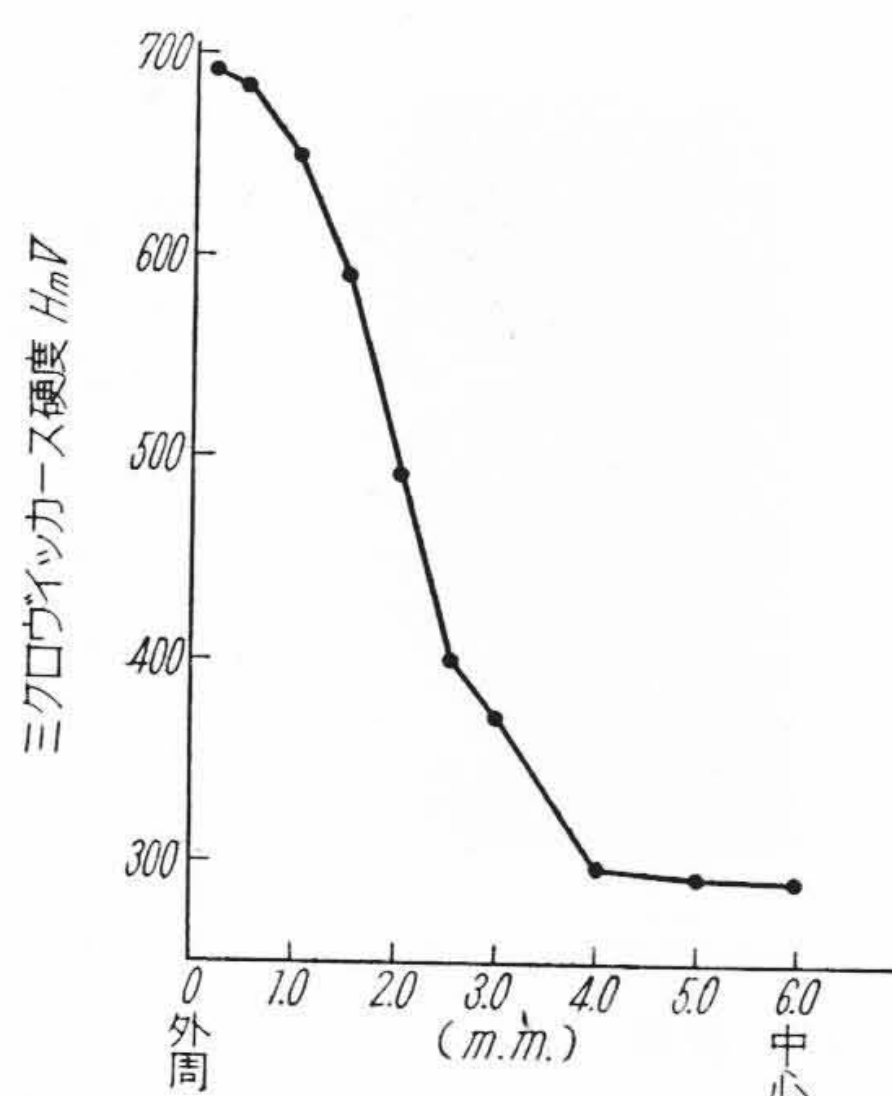
圧下率の大きなかつ高速度の圧延機ではラジアル荷重とスラスト荷重を受けながら同時にベアリングの取り付けであるメタルチョックあるいはロールからの不時の衝撃あるいは複雑な振れ荷重を受けることが多いので、耐摩耗性と強靱性がともに付与されたベアリングが望まれ

第5表 肌焼鋼レース材の成分例

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	備考
SNCM 26	0.12	0.34	0.42	0.010	0.013	3.52	1.45	0.15	SAE 3310H相当
SNCM 23	0.21	0.34	0.57	0.012	0.015	1.72	0.51	0.26	SAE 4320 相当



第4図 肌焼鋼レース材の滲炭層



第5図 肌焼鋼レース材の滲炭硬度

る。ニッケル・クロム・モリブデン鋼の肌焼鋼(C: 0.15~0.25%, Ni: 1.5~2.5%, Cr: 0.5~1.0%, Mo: 0.15~0.30%) はこのような目的に対して合理的である。すなわち表面は滲炭硬化され内部はニッケル・クロム・モリブデン鋼の靱性がそのまま保存されるので今後盛んに使用される傾向にある。第5表および第4, 5図は肌焼鋼レース材の成分の一例と滲炭層および滲炭硬度を示す。

2.4 テンションロール

冷間4段調質圧延機にはミルの入口と出口側にストリップ材の絞り込み防止と製品の形状を良好にするためにテンションロールを設けている。テンションロールは鍛鋼焼入ロールとまったく同じ高炭素クロム鋼が使用され、硬度高く耐摩耗性の大きなようショア硬度90以上に焼入して使用する。この焼入は鍛鋼焼入ロールに準じて行っている。

作業ロールおよび補強ロールは圧延機用鍛鋼部品としては特に主要な部品であり、製造方法も上述の鍛鋼部品と二、三の大きな相異があるので本誌に別に論述してあるから、それを参考とされたい。

3. 鋳鋼品

圧延機用大物鋳鋼品としては、ロールハウジング、ピニオンスタンドハウジング、メタルチョックのごとく肉厚が非常に大きいものおよび減速ギヤのごとく形状が複雑でしかも歯切面硬度の均一性を要求されるものなどがある。ロールハウジング、ピニオンスタンドハウジング、メタルチョックは普通鋳鋼で作られ、ギヤは低マンガン鋳鋼あるいはクロム・モリブデン鋳鋼で作られる。

3.1 ロールハウジングおよびメタルチョック

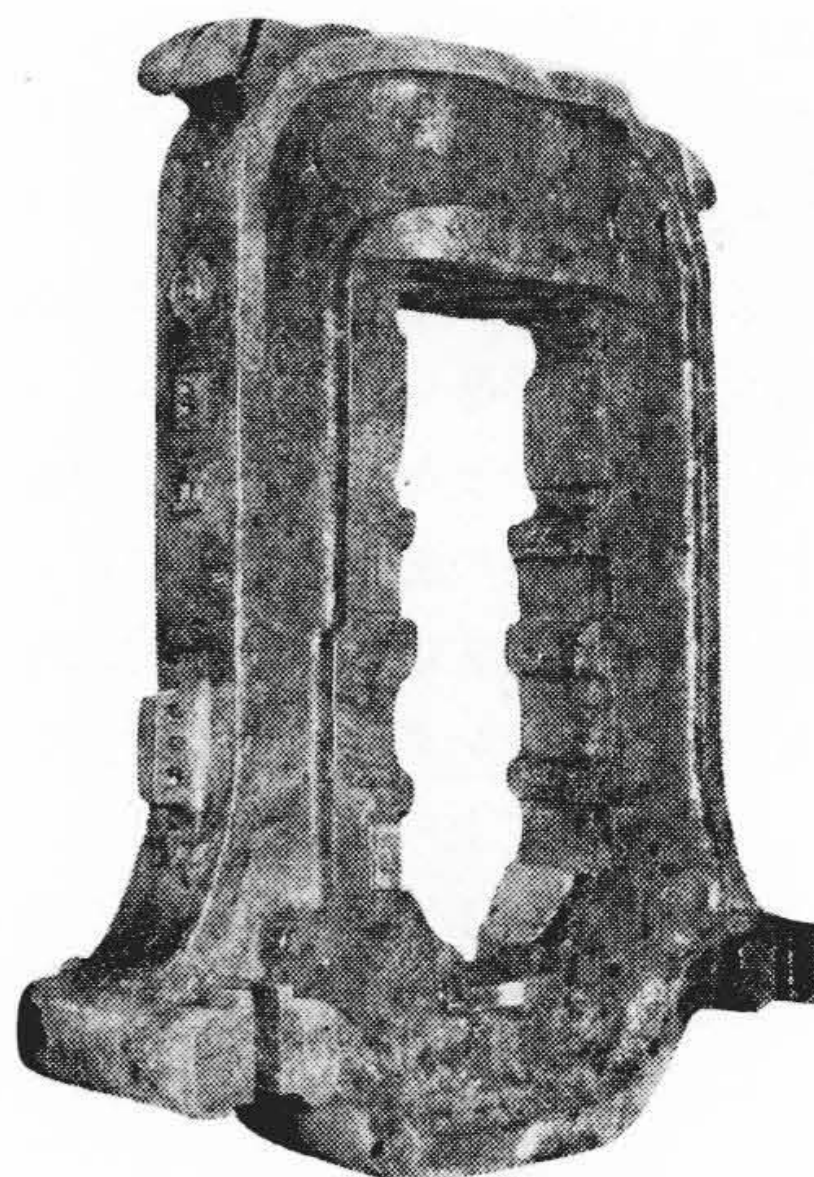
これらはともに肉厚大なる鋳鋼品であるから、内部にひけなどの欠陥が発生しないよう十分な押湯がつけられる。特にロールハウジングは圧延機を構成する最も重要な部品の一つで、冷間圧延のごとく精度を特に要求されるものではハウジングの伸びが極端に小さいことが必要である。そのためにも内外部とも一様で健全な鋳鋼品を作ることが先決である。

熱処理は Ac_3 変態点以上の温度に長時間加熱して拡散を十分行わせ、均質にするとともに徐冷し各部一様な組織を得ている。第6図にロールハウジングを示す。

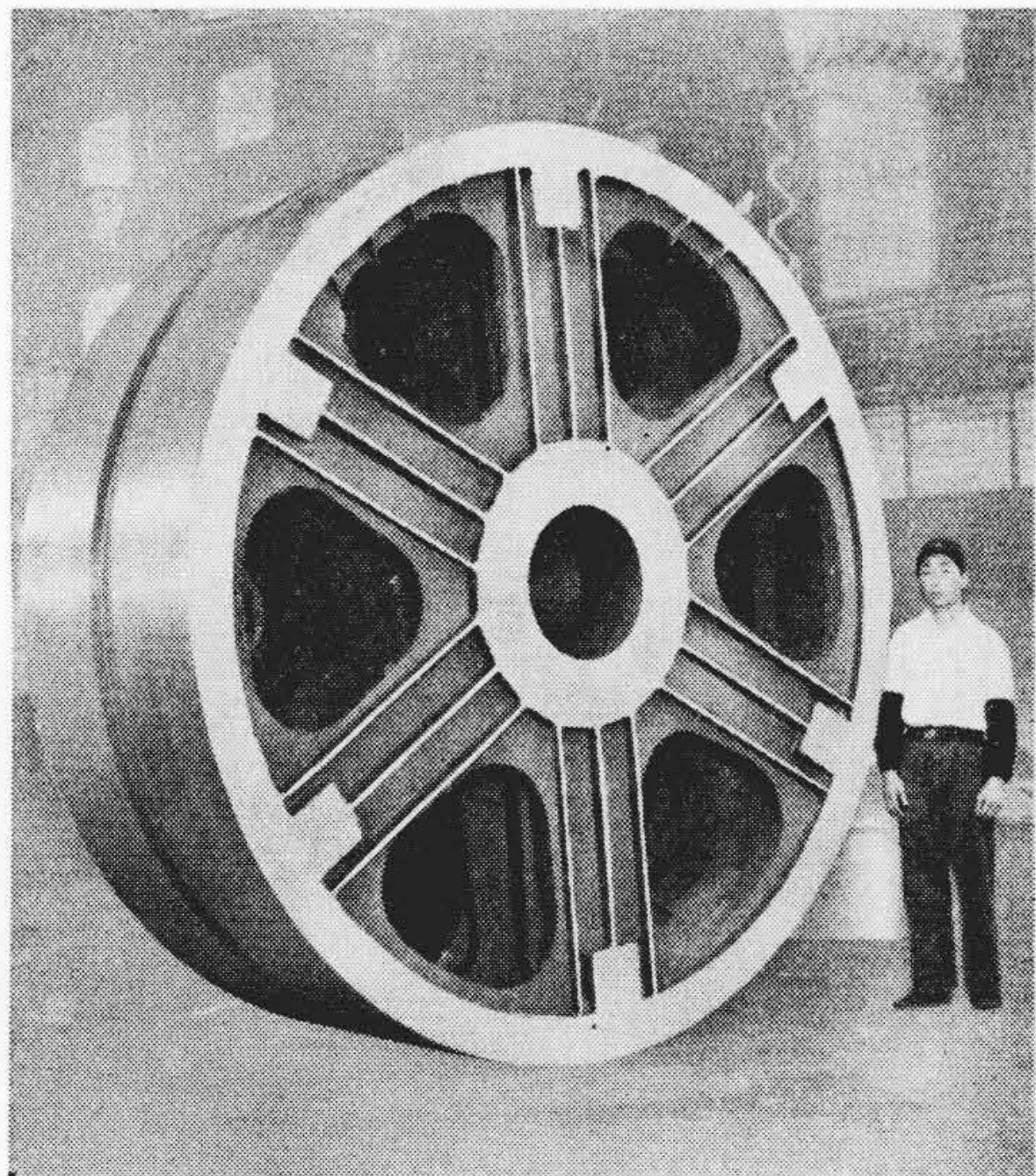
3.2 減速ギヤ

小形のものは鋳造上ほとんど問題にならないが、大形でしかもギヤの高さの高いものは歯切面に巣が出やすい。またリムとボスをつなぐアームが鋳造時に、中子の抵抗によって亀裂が入ることがある。このような鋳造上の欠陥を防ぐため、リムには十分なる押湯をつけ、その上押湯の下には駄肉をつけて押湯効果を増している。アームの亀裂に対してはリブを切るとかあるいは外冷しをあてるなどして防ぐ。

鋳造されたギヤはリム部の欠陥の有無を超音波探傷器



第6図 ロールハウジング



第7図 大形減速ギヤ

第6表 ギヤの仕様表

材 質	クロム・モリブデン鋳鋼
外 径	2,946mm
高 さ	1,050mm
重 量	15,600kg

によって検査する。

熱処理は Ac_3 変態点以上に長時間加熱して均質化後炉から取り出し、空気吹付けにより急速に冷却する。ついで所要の硬度を与えるため $620 \sim 680^\circ C$ に焼戻しを行う。第7図に大形の減速ギヤを、第6表にその仕様を示す。

熱処理後荒仕上げされたギヤはブランク仕上げをされ、ついで歯切が行われる。歯面の硬度は最も重要視され、通常ショア硬度 38 度前後に選ばれる。

3.3 センジマー式圧延機用ハウジング

センジマー式圧延機用ハウジングは肉厚がきわめて大なるため、ひけ、砂くいなどの鋳造欠陥が発生しやすく、その鋳造には高度の技術を必要とする。ハウジングにおいて補強ベアリングのはいる花形の部分は圧延荷重を受けるとともに、板の精度に最も大きな影響を与えるところであるから、機械加工に高い精度を要求されることはもちろん、鋳物においてはこの部分に欠陥を生ずることは致命的である。熱処理についても十分な注意を払わなければならない。すなわち高い圧延精度を必要とするため、鋳造応力、熱応力などが残留すると長期間使用中に変形を起しきわめて不都合である。したがって拡散および焼鈍処理を行う際の昇温速度、保持時間および焼鈍炉内の温度分布などについて特に考慮しなければならない。

4. 結 言

圧延機用大物鋳鍛鋼品について冷間圧延機を主な例にとりあげてその概要を述べた。圧延機の進歩は大形化と高速化とを伴い部品の使用条件をさらに苛酷なものとし、センジマー式圧延機などの多段式圧延機の発展はこれに使用される鋳鍛鋼部品にさらに高度の品質を要求するようになってきている。日立製作所水戸工場においてはこれに対応すべくたえず試作研究を行い、より高度の製品を製造すべく努力を続けている。

Vol. 41

日 立

評 論

No. 5

ガス分析機器特集

- ◎IGA-2 形 赤 外 線 ガ ス 分 析 計
- ◎日 立 RM-3 形 質 量 分 析 計 の 試 作
- ◎質 量 分 析 計 に よ る ガ ス 分 析 に つ い て
- ◎日 立 ガ ス ク ロ マ ト グ ラ フ
- ◎誤動作防止回路付新形変圧器差動保護継電方式と東電稲荷変電所における試験結果
- ◎変 圧 器 励 磁 突 入 電 流 と そ の 計 算 法
- ◎主蒸気管再熱気管のブローイングアウトについて
- ◎電気機関車の軸重移動とその補償法 (2)

- ◎90 度 V 形 圧 縮 機 の 共 振 実 験
- ◎カラー受像管 21CYP22 の構造および製法
- ◎カ ラ ー 受 像 管 21CYP22 の 試 験
- ◎導電用アルミニウム合金の熱処理効果
- ◎新大形疲労試験による鋼材の疲労強度に及ぼす寸法効果
- ◎熱間工具鋼 Si-Cr-W-V 鋼に及ぼす Cr の影響
- ◎指 数 分 布 の 順 序 統 計 量 と そ の 応 用
- ◎超 短 波 無 線 電 話 装 置 の 保 守

発 行 所 日 立 評 論 社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
取 次 店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番