

厚板用 鑄鋼補強ロールの製造

Manufacture of Cast Steel Back up Roll for Plate Mill

清野 信二* 蜂須 幹雄*
 Nobuji Kiyono Mikio Hachisu
 安齋 栄太郎* 黒沢 忠男*
 Eitarô Ansai Tadao Kurosawa

内 容 梗 概

本ロールの製造に当たっては溶解、鑄造、熱処理上各種の問題点が多かったが、特に鑄造と熱処理に重点をおき予備実験を重ねた。鑄造では鑄込み重量 160 トンにも及ぶ巨大な湯圧に耐え、冷却を促進して内外部の欠陥防止のため金型鑄造を採用した。また合せ湯を行なうため湯道に改善を加え各炉の成分、温度の調整に万全を期した。

熱処理では素材ロール重量 120 トンもあり、かたさ 45 Hs の高い要求に対し残留応力による熱割れの起こらぬよう加熱速度、焼入速度および焼戻し作業に特別の注意を払った。

製造ロールの性状は従来輸入ロールに劣らぬ良好な結果が得られ、現在好調に稼働中である。

1. 緒 言

最近の四重圧延機の傾向として補強ロールの径を大きくするようになり欧米ではすでに 1,800 mm 径のものまでできている。補強ロールを大きくすることはロールのたわみが少なく、偏差の小さい製品が得られると同時に圧延圧力を大きくでき、生産量も増加するので、国内各製鉄所でもこの種のミルは大形化する傾向にある。

これらの大形ロールは今日では特殊鑄鋼で製造されるのが世界的すう勢である。これはひとえに最近における鑄鋼ロール製造技術の進歩によるものである。

鑄鋼ロールの製造法は一般に砂型鑄造法が用いられているが、日立製作所勝田工場では数年前より特殊金型鑄造法を採用し、鑄込み重量 160 トンにおよぶ巨大な湯圧と冷却の不均一による鑄造欠陥を完全に防止するとともに、凝固冷却の促進を図り、外層健全部の深度を増すことができた。

また日立研究所と密接な連携のもとにかたさ、組織の均一、残留応力の低減など製鉄所における使用条件を満足させるに十分な性質を付与させる熱処理法によって、世界最大級の厚板補強ロールを製造したので以下に概要を述べる。

2. ロールの仕様と材質の選定

富士製鉄広畑製鉄所および川崎製鉄千葉製鉄所納入の厚板補強ロールのおもな仕様は第 1 表に示すとおりである。

従来、勝田工場では鑄鋼製補強ロールとして日立製作所材質記号 CB および CBS 系を研究開発しているが、要求かたさ 50 Hs 以下の場合はその熱処理性と原料単価からして一般に CB 系を広く使用しており、また過去に圧延中に重大事故もなく順調な圧延実績を収めている。

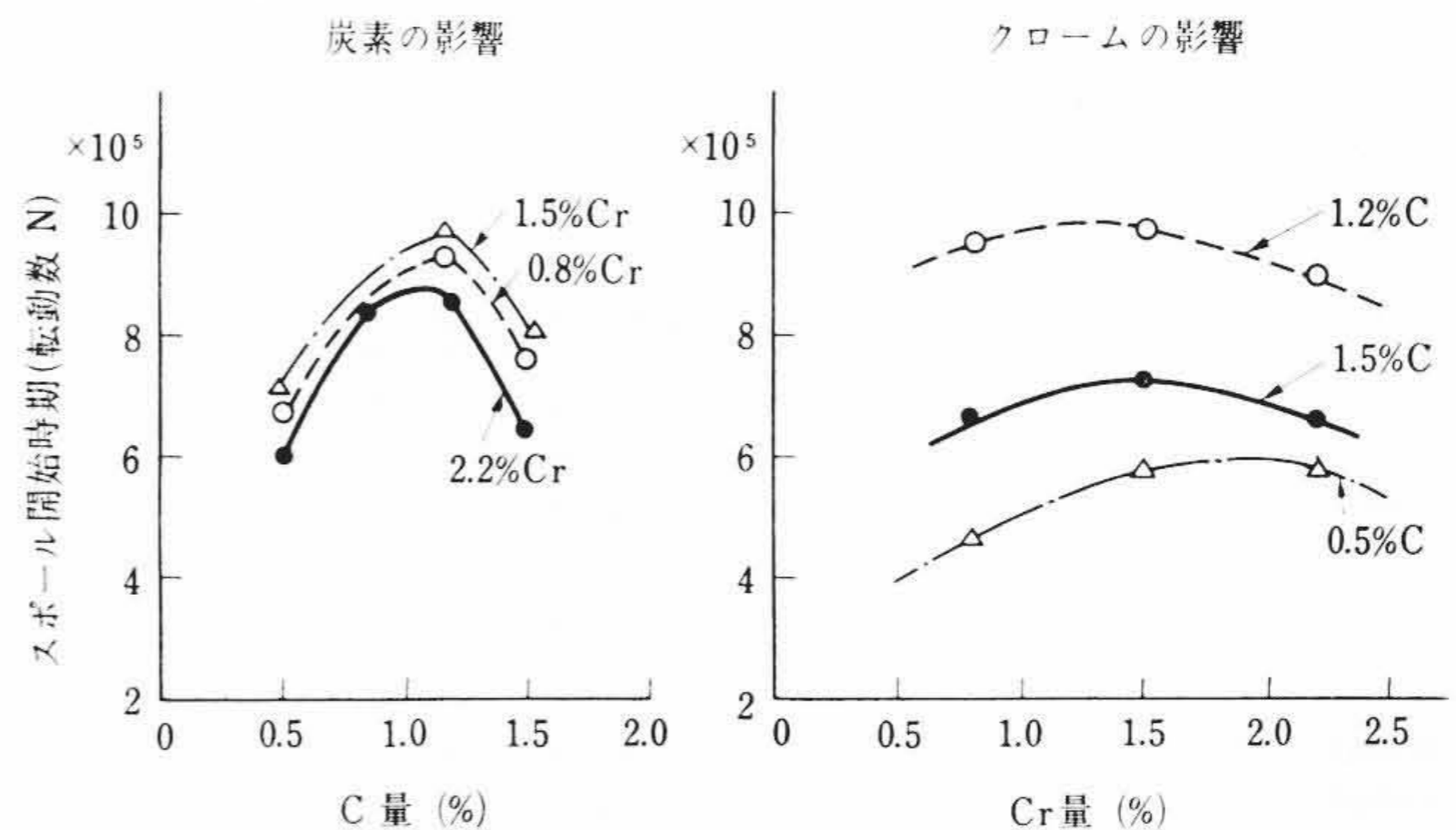
このような実績から上記厚板補強ロール材として十分使用に耐えうると判断される。もちろんロール使用上発生する問題点についても数多くの現地調査を行ない、この結果からロール内部に大きな鑄造欠陥が存在することはきわめて危険であることを確認している。したがってロール製造上の問題点はいかにして健全な鑄物を製造するかという鑄造技術の問題と、かたさ、組織などにバラツキがなく、かつ残留応力の少ない均一な性質を得るような熱処理方法に絞られるわけである。

使用上からみた厚板補強ロールは直接鋼材を圧延しないが、作業

* 日立製作所勝田工場

第 1 表 厚板補強ロール

納先	材質	ロール寸法 (mm)			重量 (t)	かたさ (Hs)	
		胴最大径	胴長	全長		胴部	ネック部
広畑製鉄所	特殊鑄鋼	1,534.0	4,064.0	7,327.9	72.39	40~50	35~45
千葉製鉄所	特殊鑄鋼	1,711.3	4,216.4	7,442.2	94.25	40~50	35~45



第 0 図

ロールが圧延により大きな力を加えられた際たわみや衝撃によって偏位するので強じんではなければならない。また耐スポーリング抵抗が大きいことも重要なことである。スポーリングは圧延中のロール表面の一部が薄片状になってはく離する現象で、スポーリングが発生すると作業ロールの表面を傷つけ、圧延製品の品質を低下し、またロール改削量を増大し著しくロール寿命を短くする。スポーリング発生原因には諸説があり、一般には強大な圧延荷重によって生じたロール表面のせん断応力による疲労破壊と考えられている。

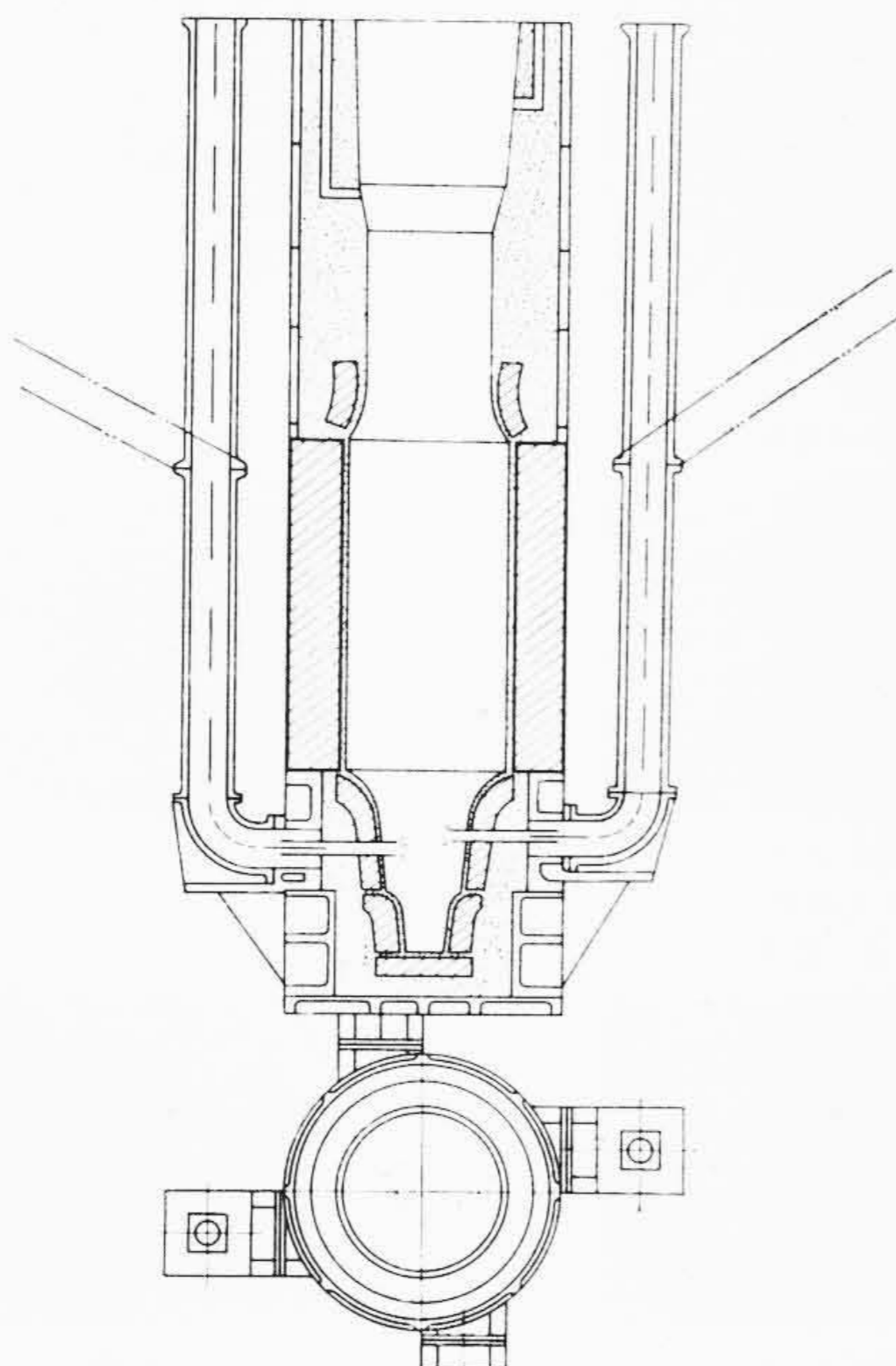
したがってロール材に要求される内容はかたさ、組織などにバラツキがなく、非金属介在物、不純物などの少ないことである。もちろん圧延時の使用条件によってもスポーリングの早期発生をみることもあり、これは表面疲労層の早期除去によって防止が図られる。

成分的にみた耐スポーリング向上策は実験的には次のような結果が得られており、今回のロールにもこの内容を取り入れ耐スポーリング性の向上を図った。

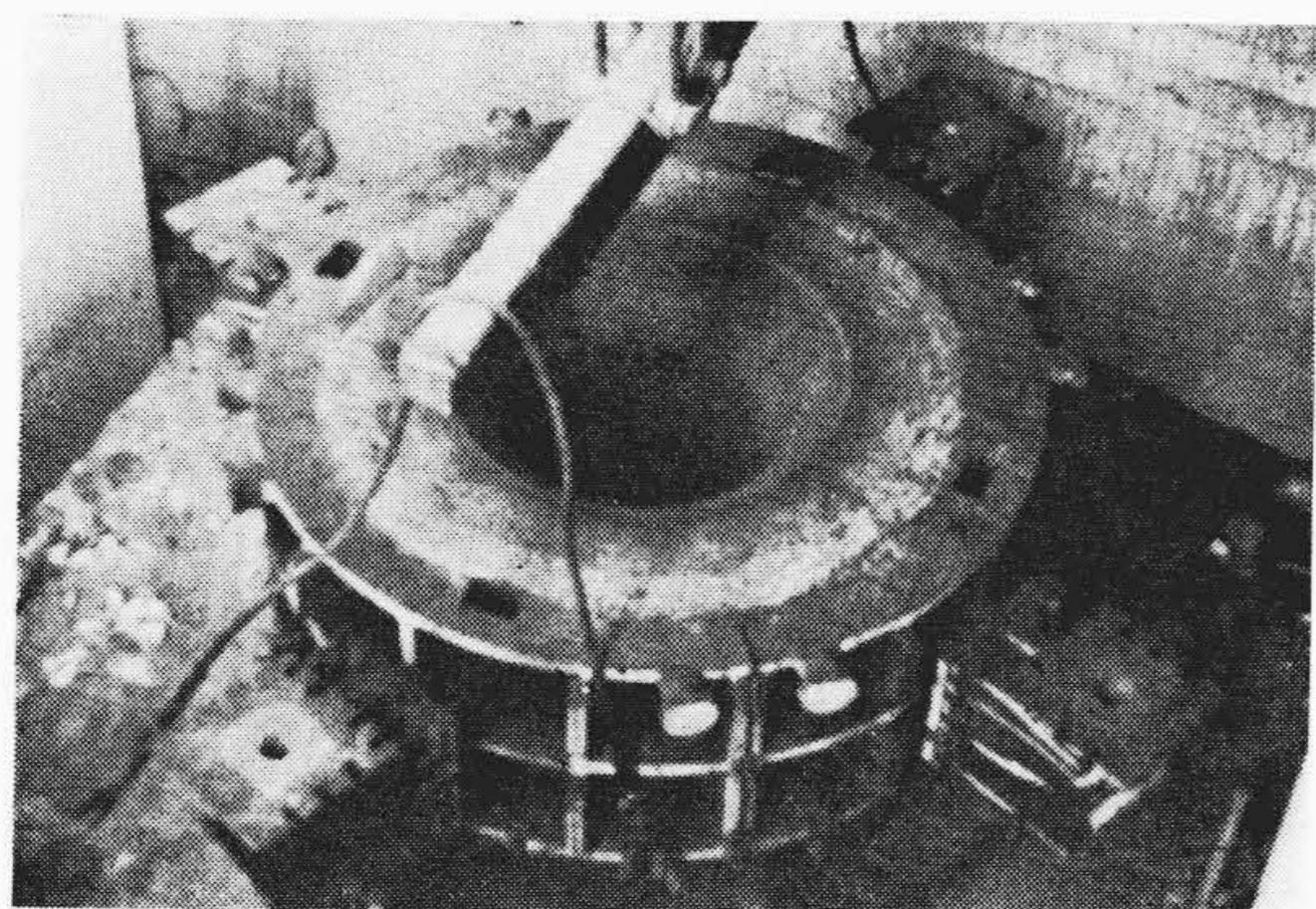
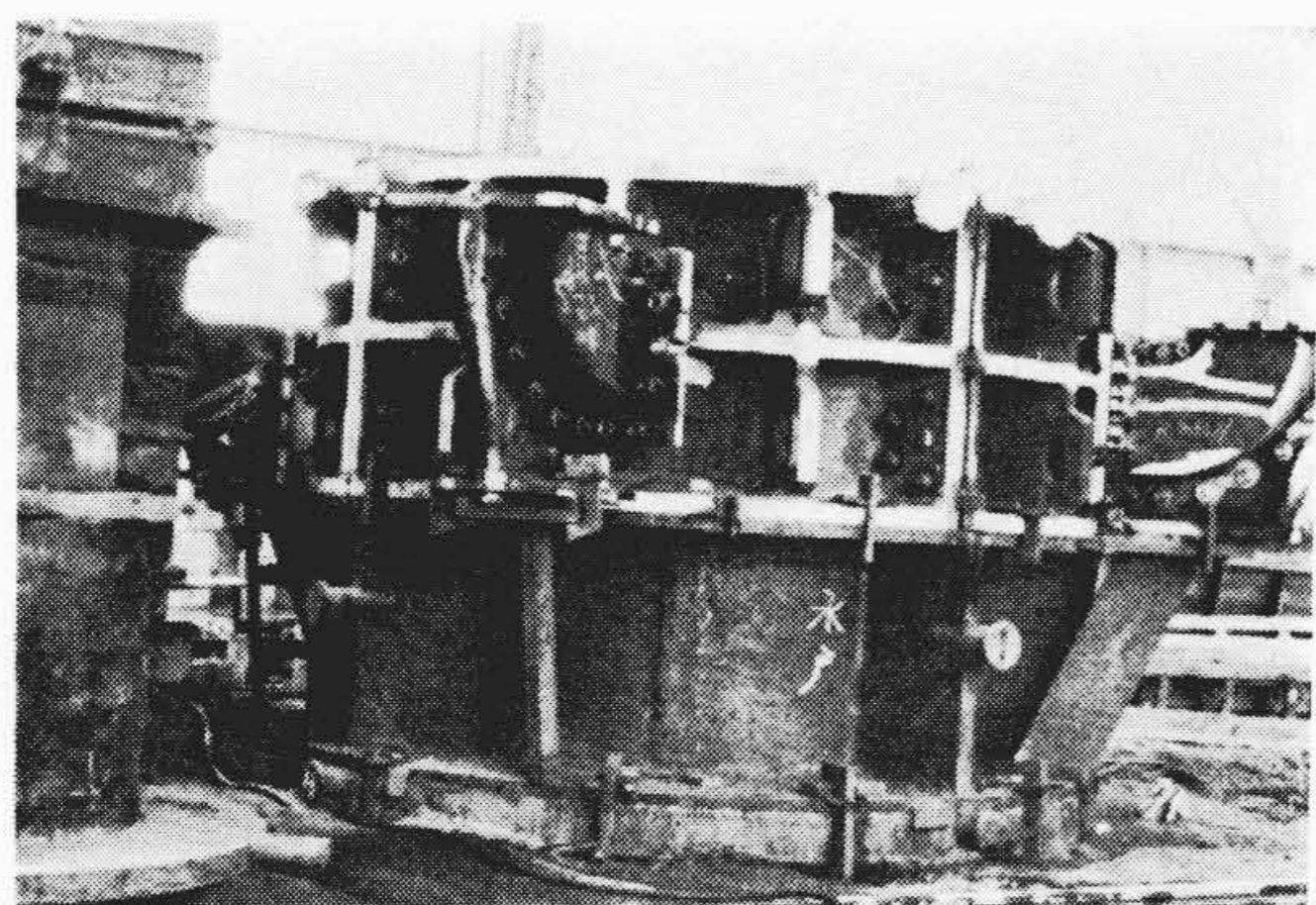
3. 鑄 造

3.1 造 型

鑄造様式を第 1 図に示す。鑄型を大別して下部ジャーナル、胴、



第1図 厚板補強ロール製造方式の概要



第2図 下部ジャーナル

上部ジャーナル、押湯および湯道に分けて造型し乾燥後組み立てる。

3.1.1 下部ジャーナル鑄型

第1図に示すように2段の朝顔形冷し金を重ねせき先を4箇所つける。冷し金の内側には40mm厚の肌砂をつけ木型を用いて成型する。塗型材はけい石をミルで長時間水ずりしたけい石塗物を約1mmの厚さに塗る。

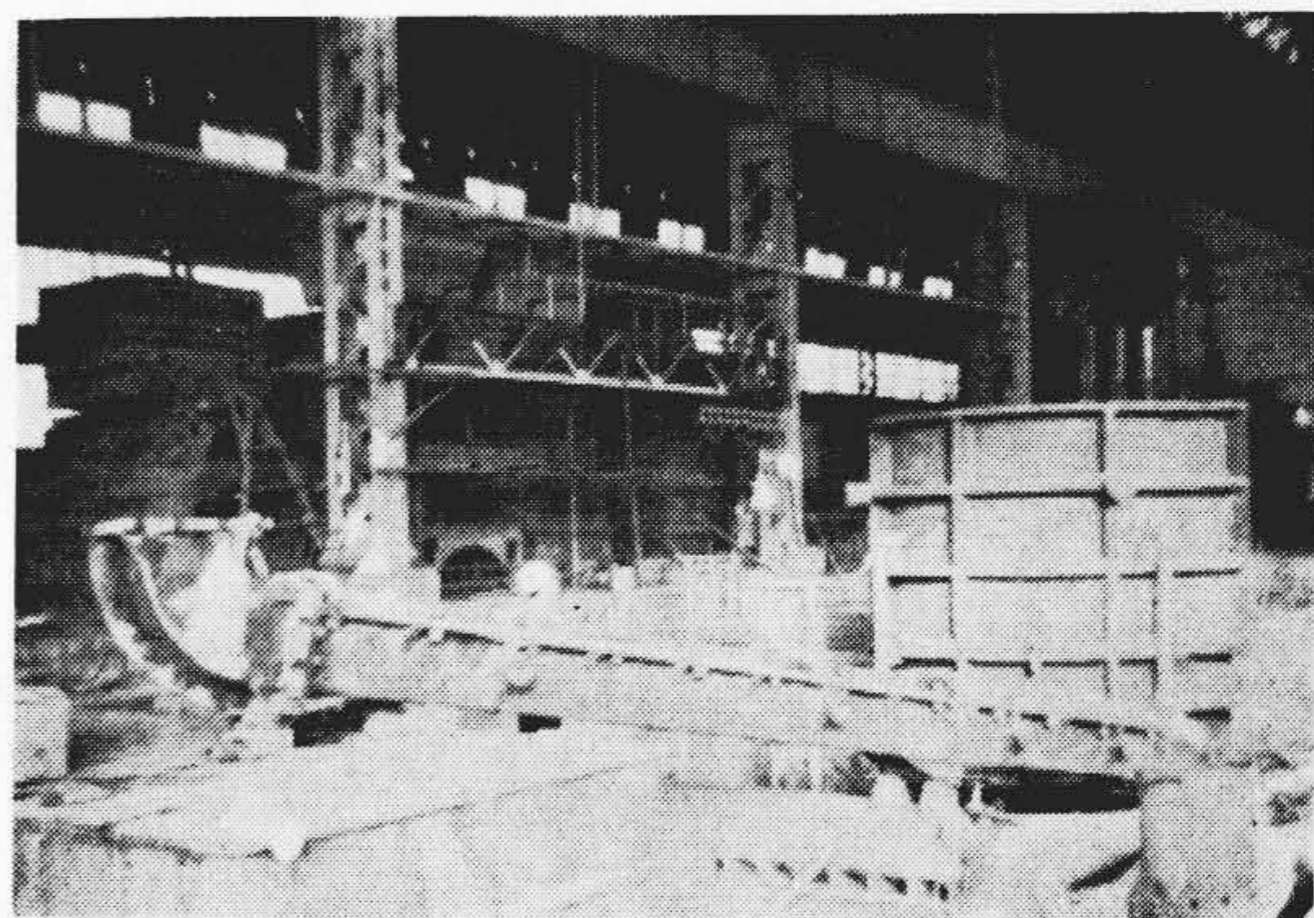
下部ジャーナルの外観を第2図に示す。

3.1.2 胴部鑄型

厚さ180mmの円筒状金型を横にし、両端面に砂付き厚さの基準となる円板状案内板を当てかき板で成型する。

第2表 肌砂の配合と物理的性質

天然中荒けい砂	木節粘土	木粉	パルプ廃液	水分	湿度通気度 (A.F.S.)	湿度抗圧力	乾燥せん断力
100%	9.6%	0.2%	1.76%	7.0%	900	0.75 kg/cm ²	5.0 kg/cm ²



第3図 湯道の一部

肌砂の配合および性質を第2表に示す。

肌砂の厚さは20~30mmであるので溶鋼の熱は薄い肌砂を通して金型に吸収され、その吸収熱はすぐ大気中に放散して従来の砂型に比べ著しく急速な冷却が行なわれロール外周部の健全層は砂型よりもはるかに厚くできる。凝固中のロール温度こう配は正常化し、内部に生じやすいひげ巣は皆無となる。

3.1.3 上部ジャーナル鑄型

初期凝固時胴部と極端な温度差を生じないよう肌砂の裏に100mm厚の冷し金を入れて成型する。凝固収縮の際鑄型の抵抗によりつり切れが生じないよう第2表の肌砂内に木粉を2%加えた肌砂を使用し、肌砂の高温強度を低くしている。

3.1.4 押湯鑄型

押湯の高さも非常に高くなるので押湯の下端部は鑄込み後3~6時間経てから砂をくずし押湯の収縮を容易にするため金わくの一部はあらかじめ解体できるようにしておく。押湯鑄型には第1図に示すように2段の押湯湯道をつけ、押湯はこの湯道から静かに注いで温度が正こう配となるようにする。

3.1.5 湯道鑄型

ロール本体の鑄込みは4本の湯道から行なわれる。溶解炉出鋼量と起重機容量の関係上、鑄込み開始時には押湯を注ぐ取鍋を含め起重機5台が取鍋をつって並ぶので、両端の取鍋に対する湯道は非常に長くなり溶鋼の流速がおそくなることを極力少なくするため傾斜を大きくして取り付ける。第3図に湯道の一部を示す。

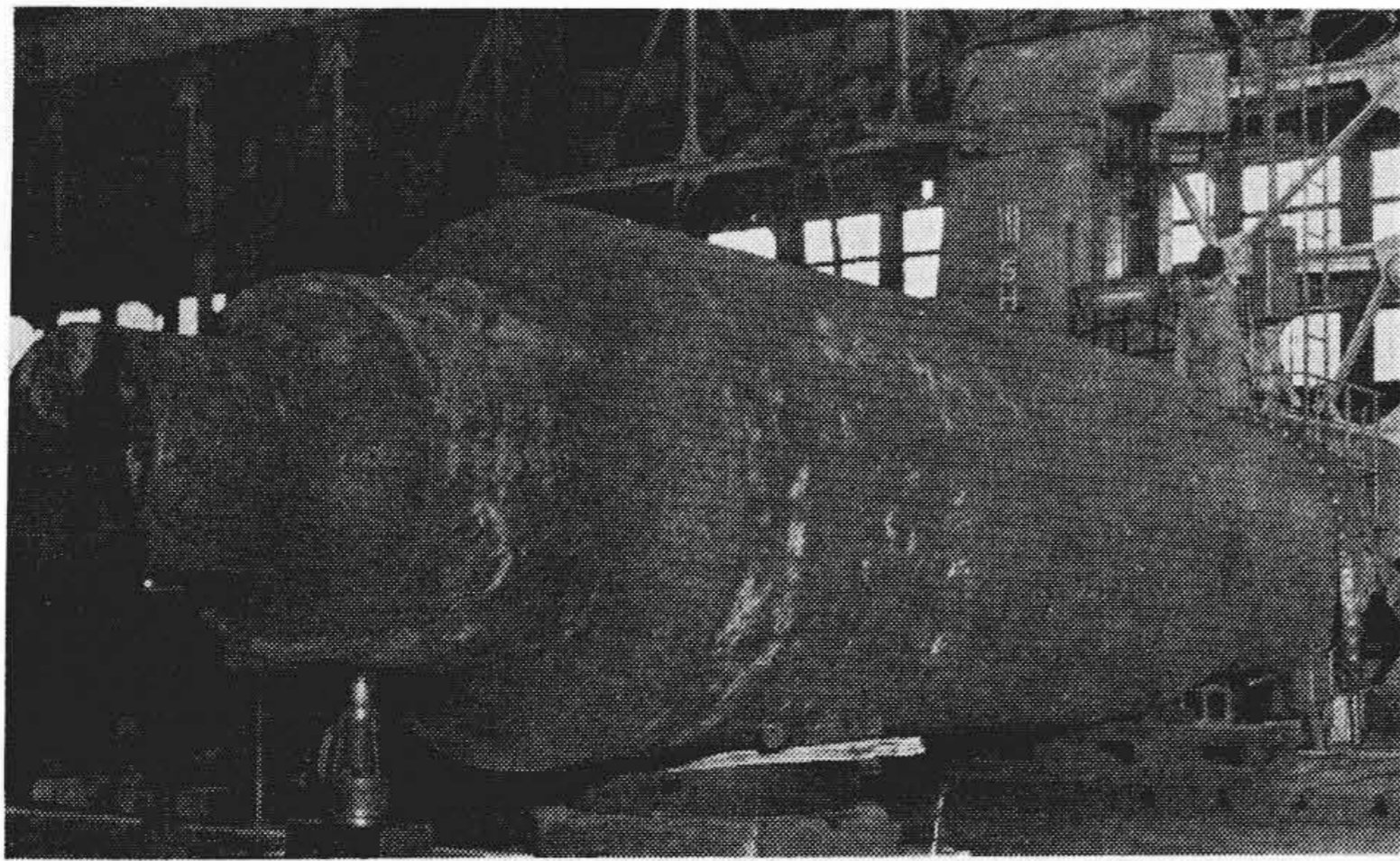
3.2 溶解および鑄込み作業

溶解には15~60トン塩基性エルー式電気炉を用いる。装入材料は特に厳選し超特級鉄板くずと特殊電気銑を主体とする。非金属介在物対策としては入念な製鋼法と誘導かくはん装置による溶解を行ない、さらに鋼浴中に含まれるガストに水素に対してはアルゴンガス吹込みを行ない含有量の低減を図る。各炉は出鋼時、成分、温度ともに規定範囲内とし出鋼後は溶鋼中に巻き込まれる溶さい(滓)を完全に浮き上げさせるに十分な鎮静を行なってから鑄込む。本体の鑄込みは4本の湯道から同時に注入しきわめて短時間に注ぎ終わらせる。

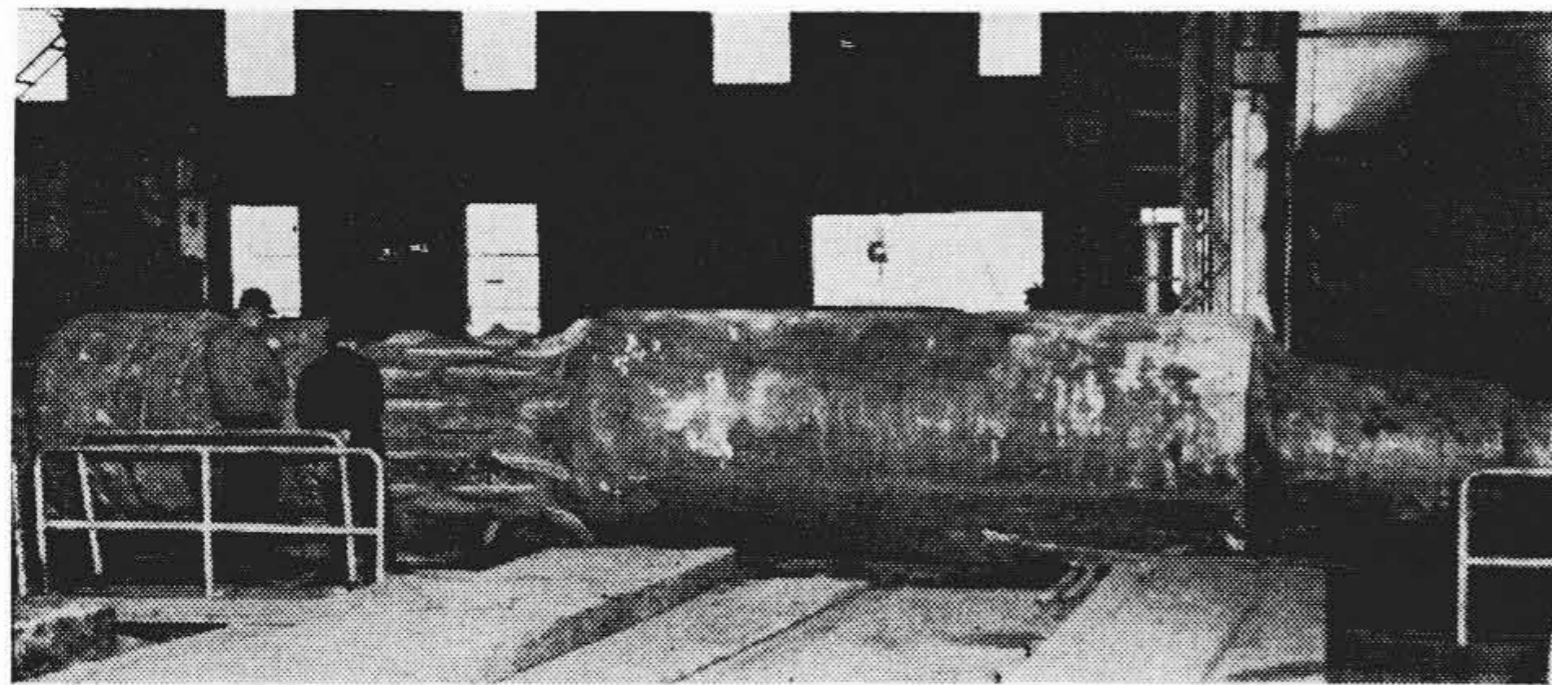
3.3 ロール外観と顕微鏡組織

第4図は厚板補強ロールを鑄型から取り出したあとの外観を示し第5図は鑄造時の胴部中央の顕微鏡組織である。

この組織から胴部は微細なパーライト組織で、方案で考慮していた急速冷却の目的を十分達成したと考えられる。

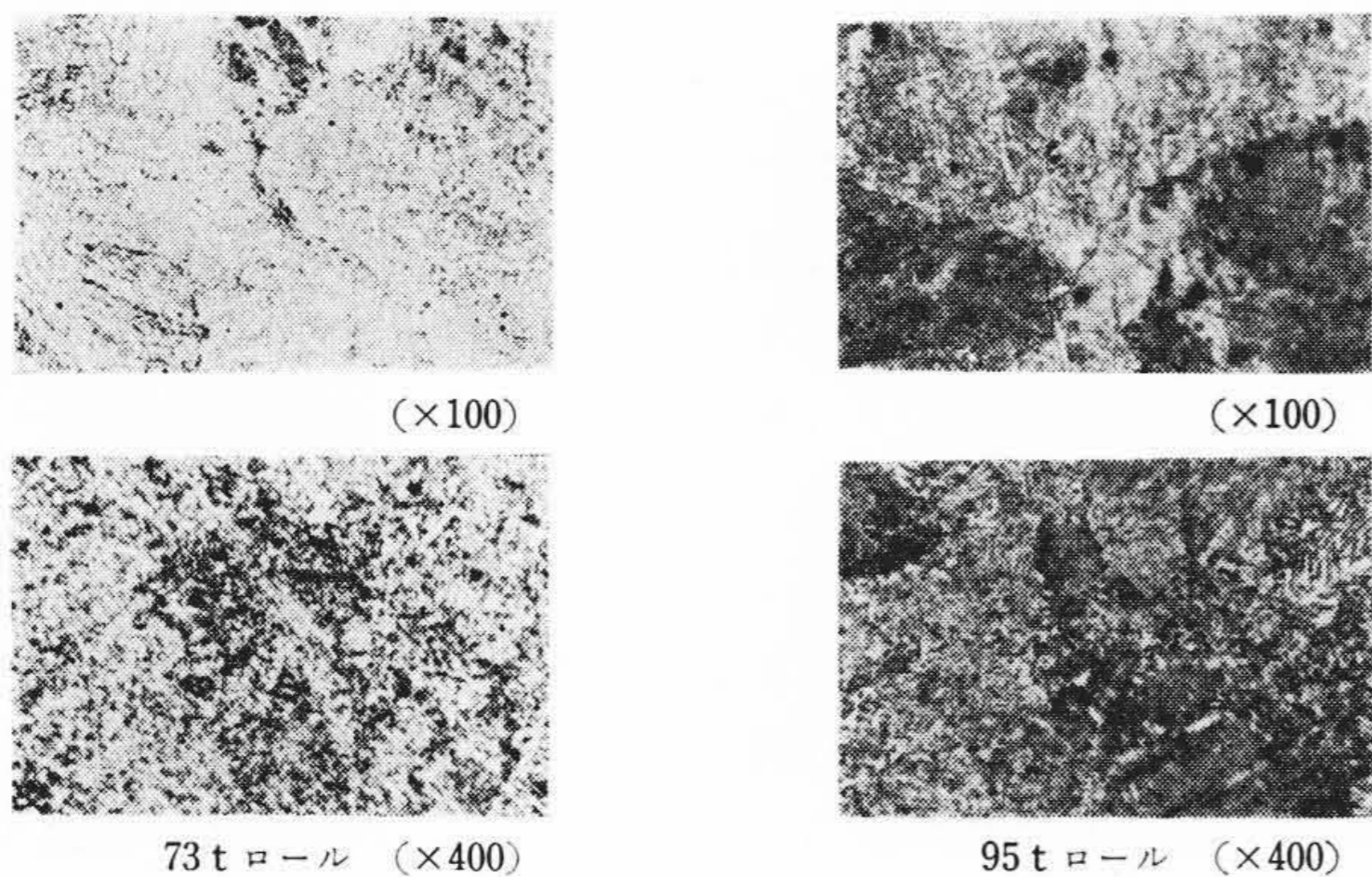


仕上り重量 95t



仕上り重量 73t

第4図 鋳形たたき出し後のロール



第5図 鋳造時の胴部組織

4. 熱処理法および機械加工

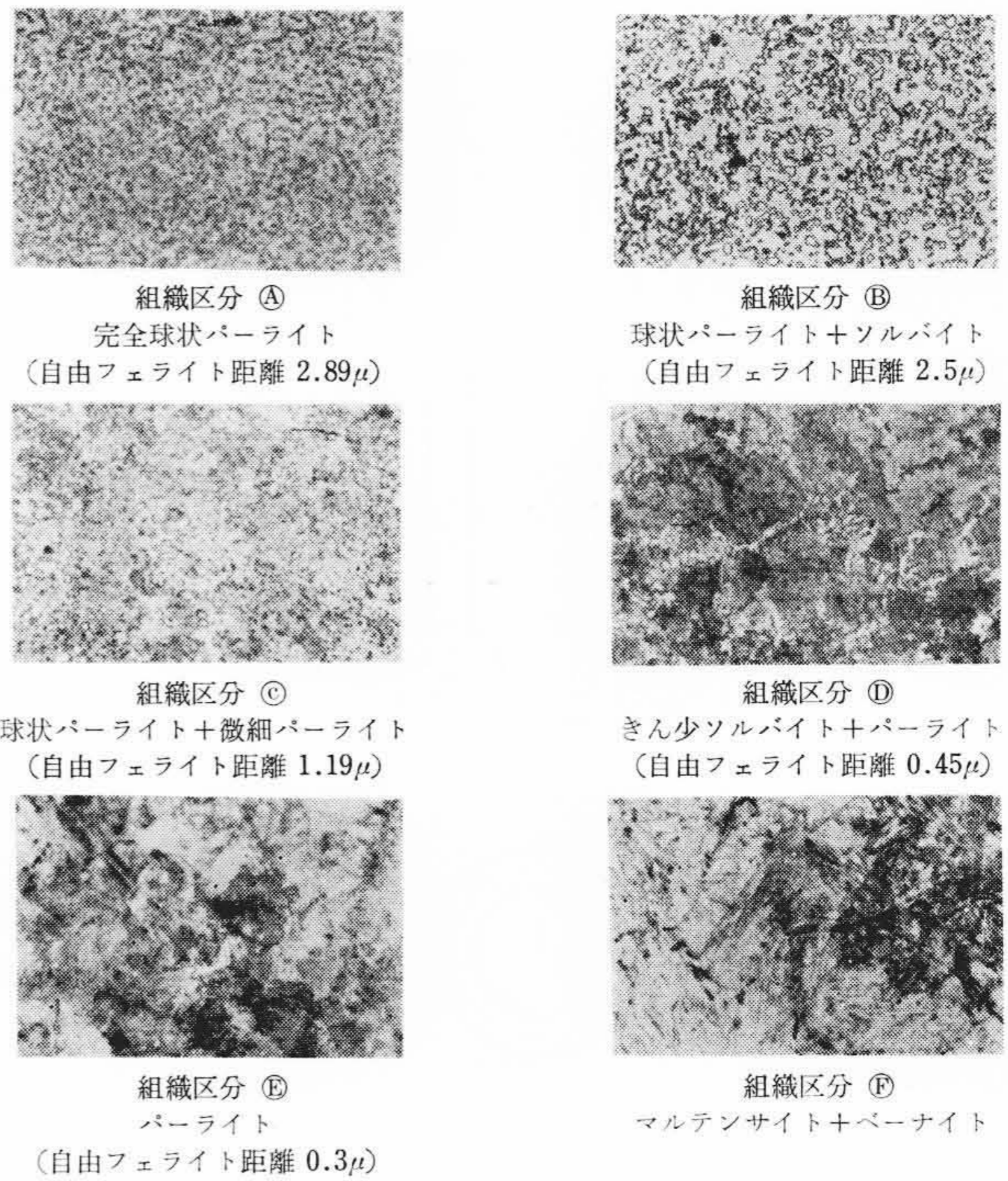
一般に鋳鋼ロールは熱処理いかんによってそのロール性能が著しく左右されるといってよく、その扱いはきわめて慎重を要する。特に超大形ロールではその鋳造応力と熱処理時に発生する残留応力を完全に除去することが必要であるためにきわめて長時間の熱処理を要する。鋳鋼ロールの熱処理の基本形としては

- (1) 二重焼ナマシ法
- (2) 焼ナラシ焼モドシ法

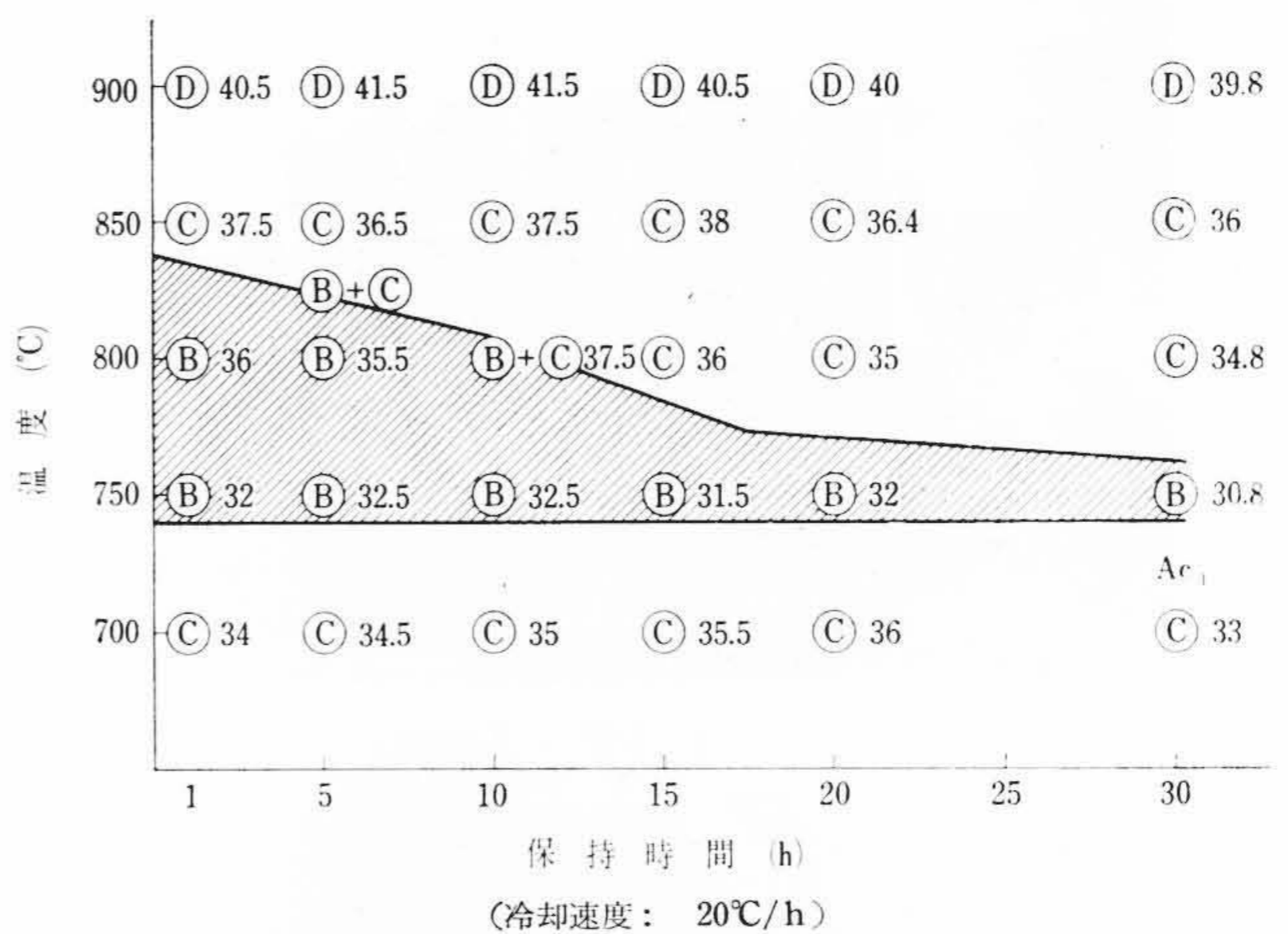
があり、厚板補強ロールではこの双方を採用する特殊な熱処理を行なっている。すなわち鋳造時の偏析および荒い鋳造組織を改善するために拡散焼ナマシを1,000℃以上の高温で行ない、ついでロール内外部を強じんにする球状化焼ナマシをA₁変態点直上で行なう。しかる後(2)の焼ナラシ焼モドシ処理を行なうのであるが、この処理によってロールの使用上要求されるかたさと硬化層を調整するとともに、焼ナラシ時に生じた応力および組織安定化のための焼モドシ処理を長時間行なうわけである。つぎに材質CB-1で得られた二、三の実験結果を述べる。

4.1 球状化温度範囲

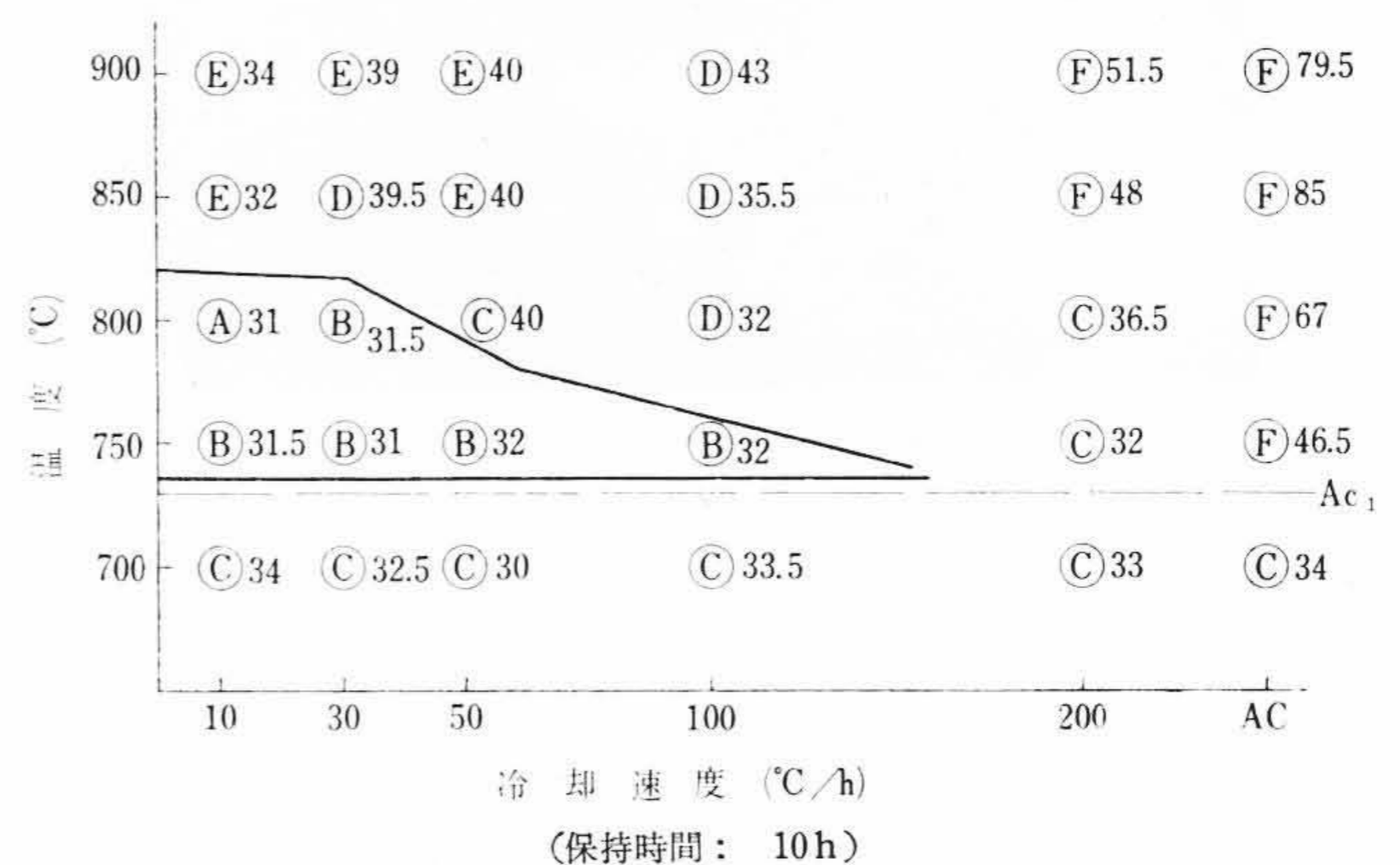
ロール本体の一部から採取した試験材CB-1を20mm角寸法に機械加工して、850℃で5時間保持後300cc/hの冷却速度で冷却し



第6図 実験における球状化組織区分



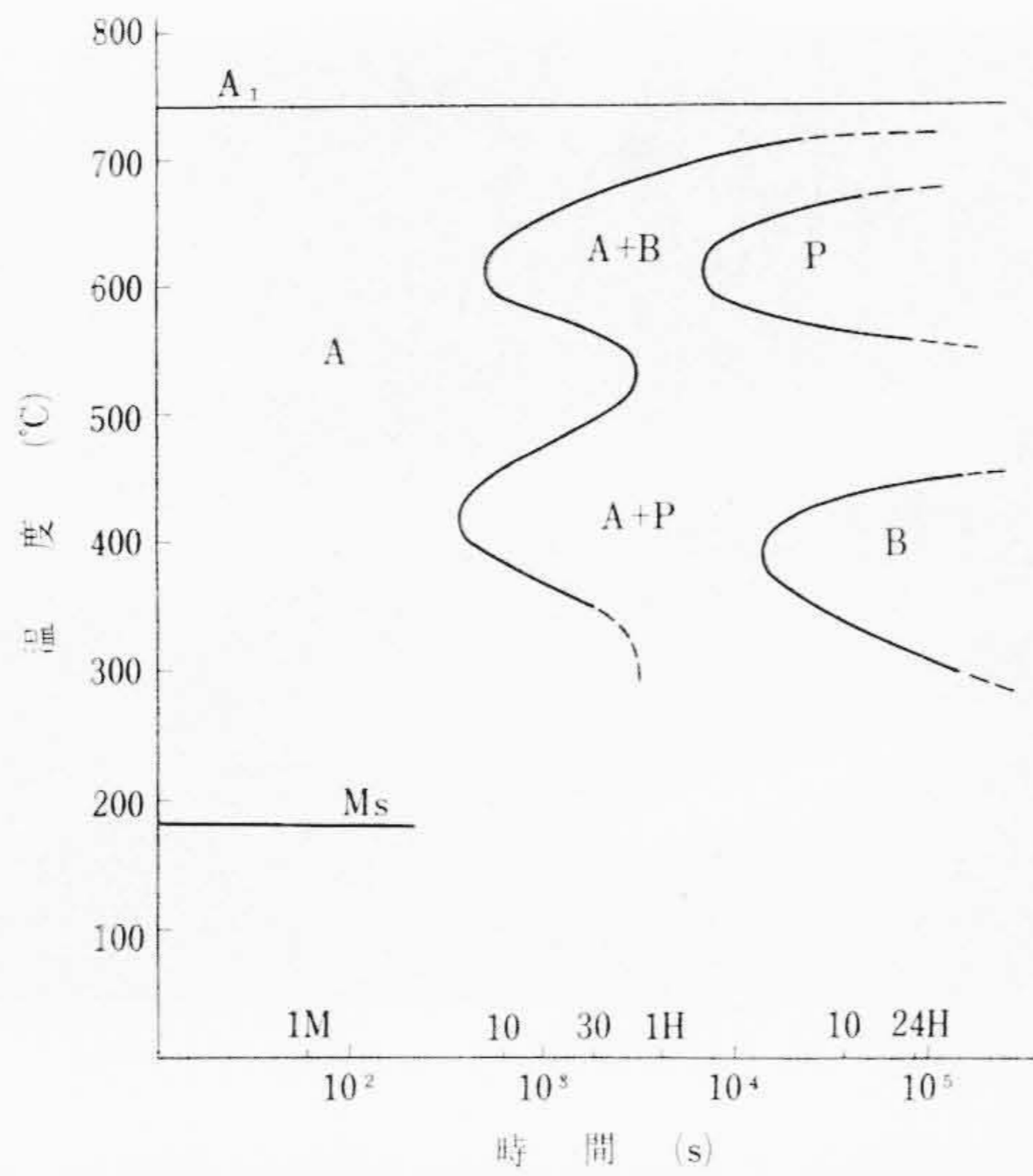
第7図 球状化範囲に及ぼす温度保持時間の影響



第8図 球状化範囲に及ぼす温度冷却速度の影響

てパーライト組織に調整し、球状化に及ぼす加熱温度、保持時間および冷却速度の影響について実験し、最適球状化温度範囲を求めた。

この球状化温度範囲を求めるための組織基準(A~F)を第6図に、実験結果の一例を第7、8図に示す。これらの結果から



第9図 CB系ロール材の恒温変態図

- (a) 球状化温度範囲は A_1 変態点直上にあつて保持時間が長くなれば低温度側に狭くなる。このことはいったん球状化した球状パーライトが再度オーステナイト中に溶け込み、その後の冷却によってパーライト変態するためであろうと考えられる。
- (b) 球状化後の冷却速度が速くなると球状化温度範囲は急速に低温度側に狭くなり、 $200^\circ\text{C}/\text{h}$ 冷却では最適球状化温度に保持しても球状化しない。このため厚板補強ロールの球状化焼ナマシ処理に当たっては、ロール内部の球状化促進のためにも相当、長時間保持が必要とされるので球状化温度の選定はきわめて重要なことである。

4.2 焼ナラシ焼モドン処理

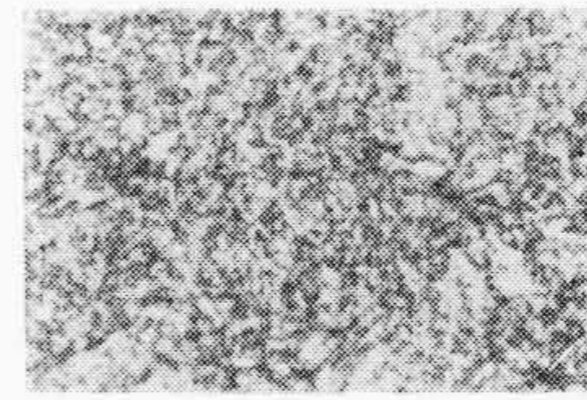
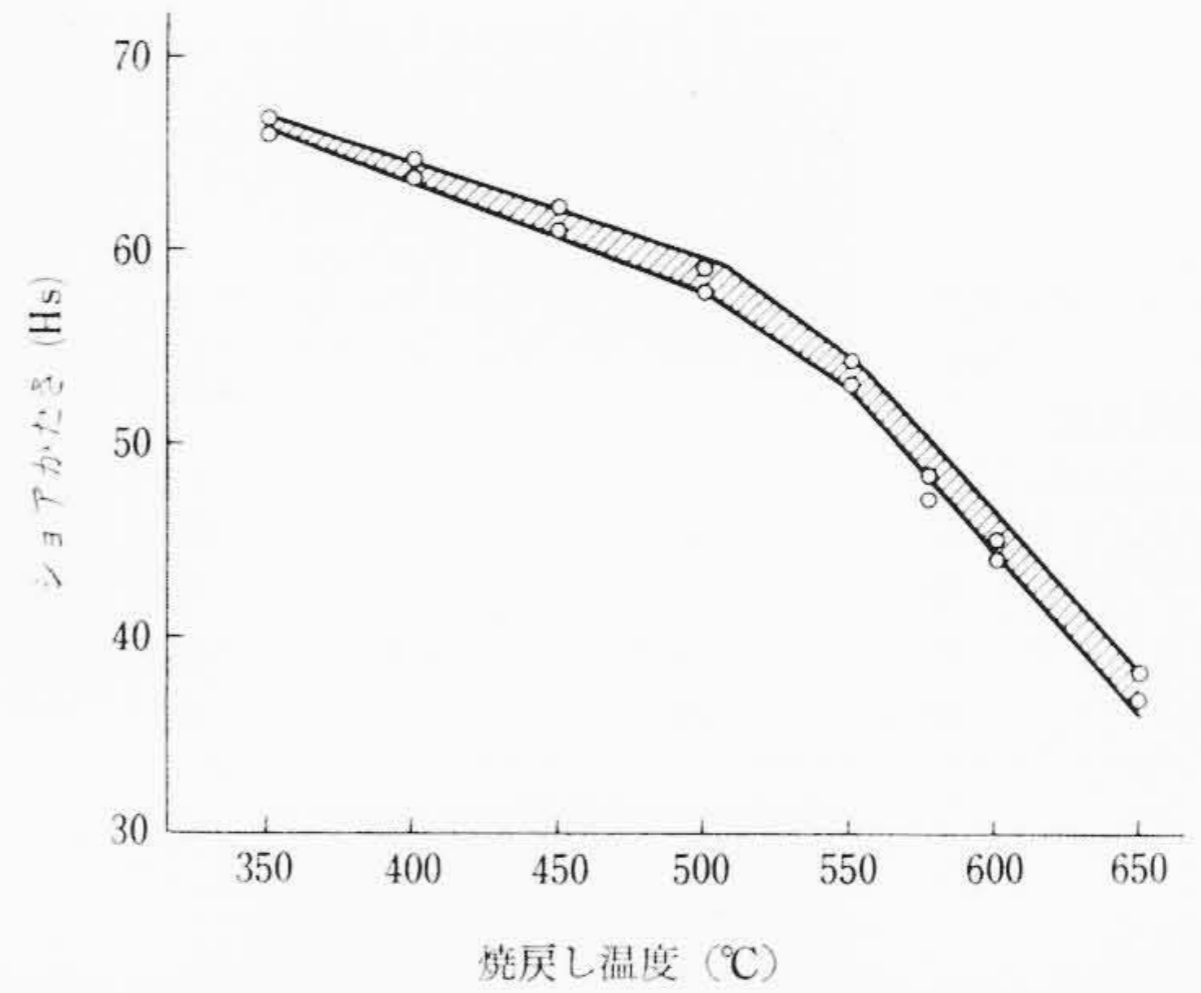
厚板補強ロールの焼ナラシ焼モドン処理は前述のように、ロール使用上必要とされるかたさを一定表層部に付与するための焼ナラシを行ない、ついで応力除去および組織安定化のために十分な高温焼モドン処理を行なうわけである。これらの熱処理法の基本は、一般に恒温変曲線によって決定されるものである。

第9図は材質CB-1の恒温変態図で加熱温度は 850°C である。厚板補強ロールの焼ナラシは一般に衝風冷却あるいは一部に噴霧冷却が行なわれているが、急速冷却に際してはロール内外部に発生する熱応力の問題、Ni添加に伴うオーステナイトの安定化などいずれもロールに致命的な欠陥を誘発させる要因が潜在していると同時に冷却むらに伴うかたさ、組織のパラッキなどむずかしい問題を含んでいる。このため厚板補強ロールの熱処理では恒温変態図中、パーライトの臨界冷却速度より速く冷却して後、ロール内外部の温度こう配を極力低下するよう徐冷し中間変態を完了させて焼モドン処理を行なっている。

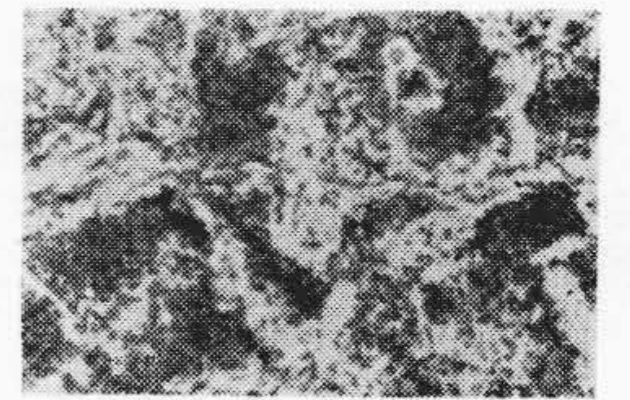
一般的にNi-Cr-Mo鋼は、焼入れ性が良好のため焼ナラシ冷却速度が大きければ、かたさ、焼入れ硬化層を増大するので高温焼モドンが可能となる。しかし焼入れ硬化層については保持時間の影響も大きいので、厚板補強ロールではこの保持時間を適宜調整して使用上適切な硬化層を得ている。

焼モドン処理は前述のように、焼ナラシ時の応力除去、かたさ、組織の安定化および圧延使用条件に適正な材力強度などを付与するため行なわれるものである。

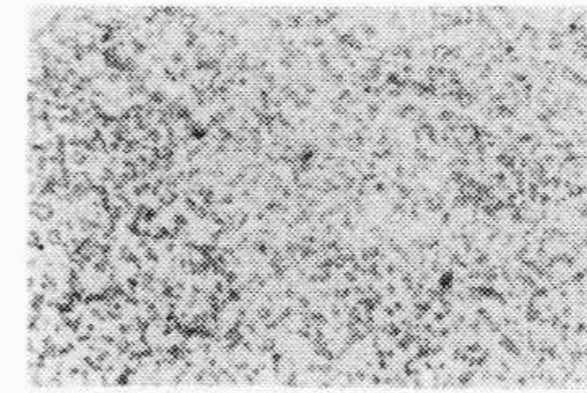
第10図は20mm角試験片を実体ロールと同一条件で 900°C から焼ナラシし、その冷却速度も実体ロールに近い状態に調整して後、各温度焼モドン後のかたさ曲線と焼モドン組織の一例を示したもの



550°C 焼戻し組織



600°C 焼戻し組織



650°C 焼戻し組織

第10図 焼戻し温度とかたさおよび組織の関係

である。この結果から目標かたさに対する焼モドン温度の選定ができるわけである。一方、厚板補強ロールは使用面から冷延用と熱延用の2通りに分類され、おのおののロールに要求される仕様も多少異なる。その一例を示せば冷延用補強ロールでは圧延使用中ロール表面に発するスポーリング(表面はく離現象)に耐えるためと、ワークロールのいかたさから耐摩耗性が必要となるのでロールは当然高いかたさで使用されるのである。しかし熱延用補強ロールの場合にはワークロールも比較的かたさが低いため冷延用補強ロールよりかたさは低いが、耐スポーリング性には強いロールが使用される。

厚板補強ロールは上述の区分によれば、熱延用ロールに相当するものである。その熱処理に当たっては焼ナマシ冷却速度を一定に調節し焼モドン温度によってかたさ組織の均一化調整を行ない耐スポーリング抵抗の増大をはかっている。

4.3 熱履歴

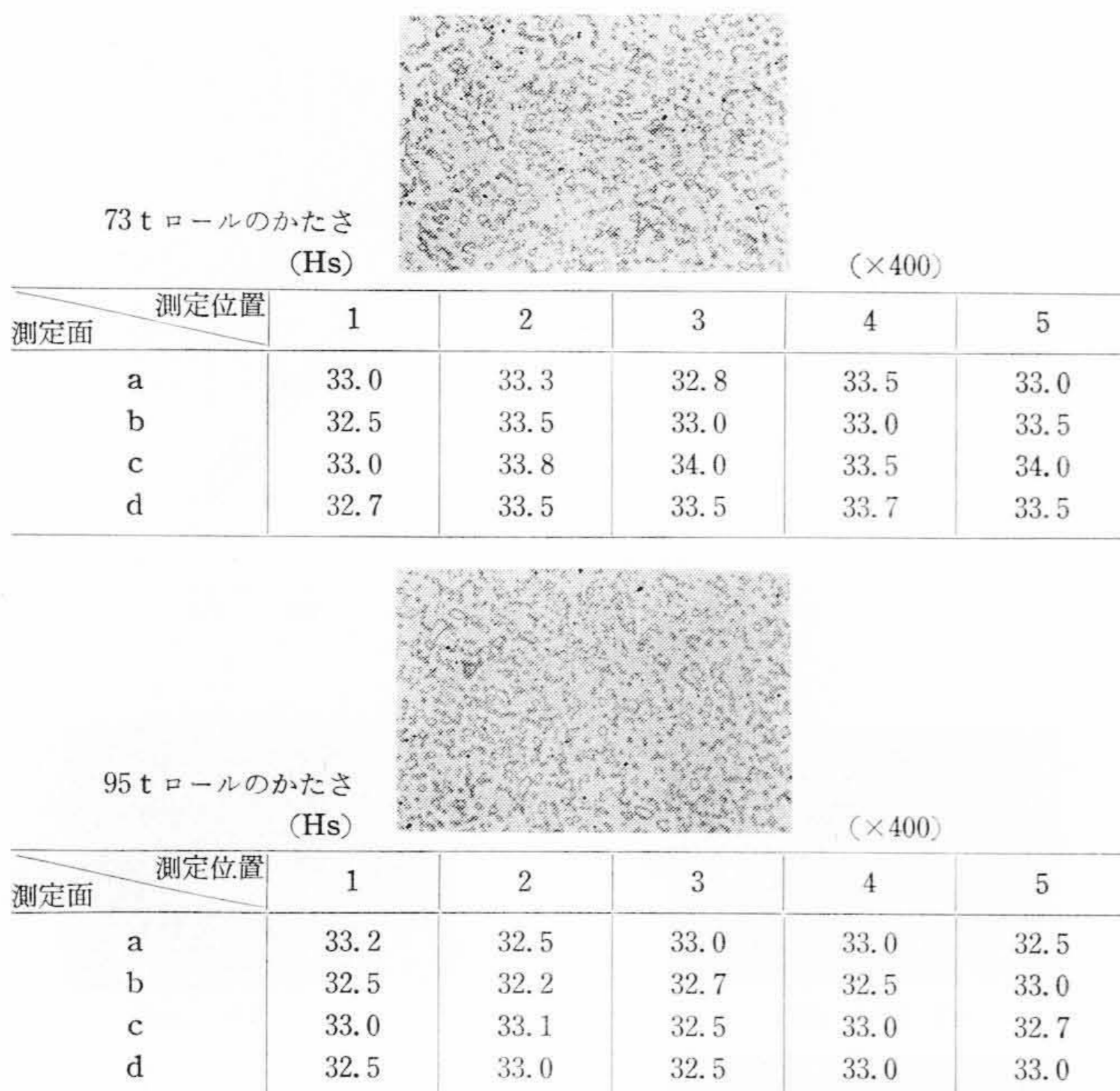
CB-1ロール材の熱処理方法の実験ならびに従来の鋳鋼補強ロールの熱処理サイクルを検討して、各厚板補強ロールの熱処理方法を決定した。

熱処理炉はすべてプログラムコントロールされ、低温度分布特性の良い2,100kW大形電気炉を使用している。この電気炉は積載能力150t以上、ロール胴径2,500mm、ロール長さ15m以上まで操業可能なものである。

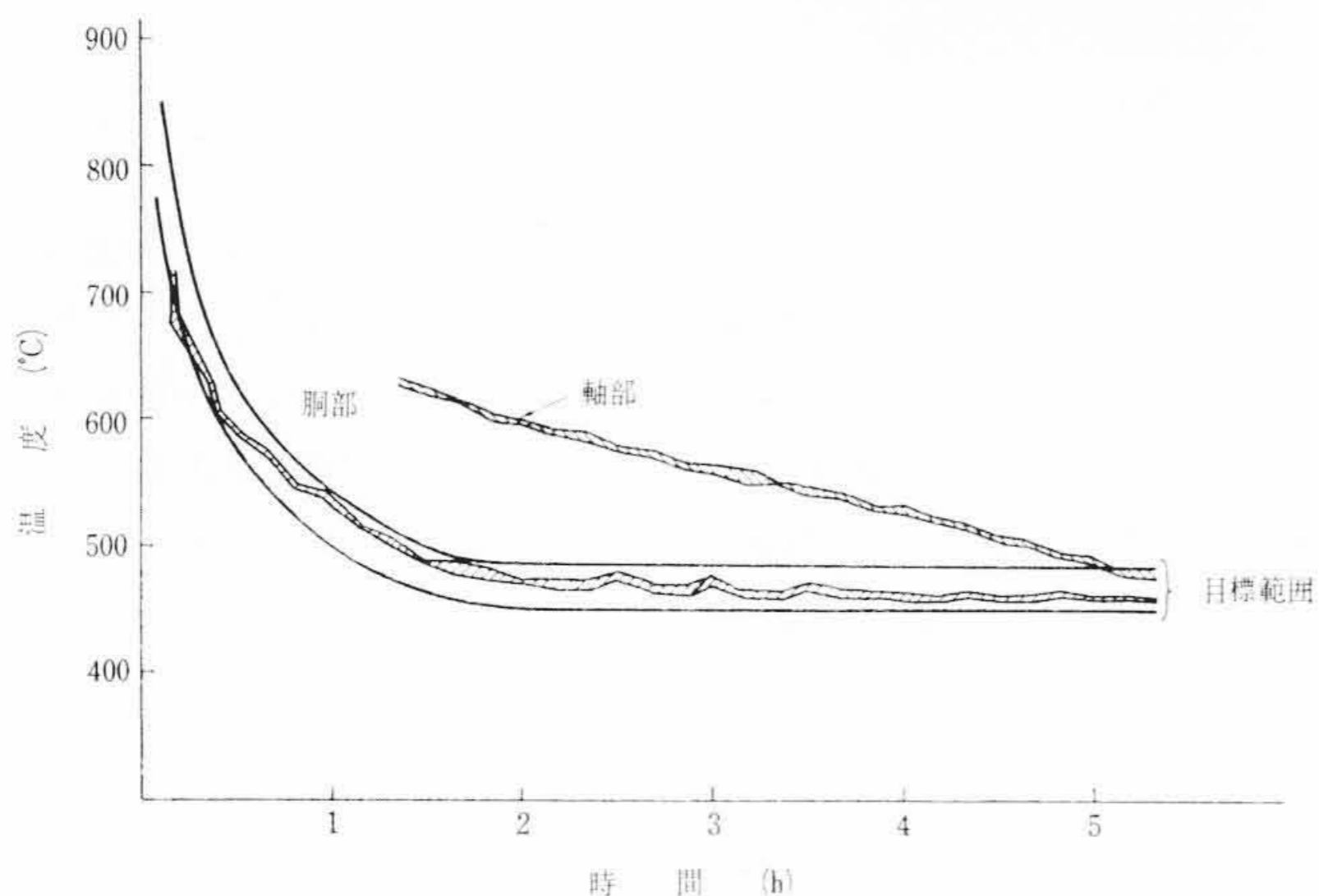
第11図は各厚板補強ロールの拡散焼ナマシ、球状化処理後のロール胴部かたさと顕微鏡組織写真例を示す。拡散、球状化処理後の胴部組織は完全な球状セメントタイトでそのかたさもショアー33Hs前後となり実験結果とよく一致し満足できる結果が得られた。

以上の熱処理完了後、各厚板補強ロールは機械で荒削り加工しておのおのの仕上り寸法に対して今後の熱処理上、必要最小限のだ肉を付けた。これは熱処理操作の容易さ、胴部かたさと硬化深度の増大ならびに熱処理時の偏心などを考慮したうえで中間旋削寸法の決定を行なうためである。

焼ナラシ、焼モドン処理の使用炉は拡散、球状化処理の場合と同様2,100kWの電気炉を使用し、ロール本体の上下左右4線上に10



a~d: 胴部円周4等分線上 1~5: 胴長5等分位置
第11図 球状化焼戻し後の胴部かたさと顕微鏡組織



第12図 放射線温度計記録による焼ナラン冷却速度曲線

数本の特殊熱電対を埋め込み、この指示温度を基準として熱処理操作を行なったものである。各ロール胴部の焼ナラン冷却速度は自動記録装置を持つ放射線温度計、赤外線温度計および、ふく射温度計などにより各部分を精密に測温記録するとともに規定の冷却速度が得られるよう特殊な冷却装置を使用した。

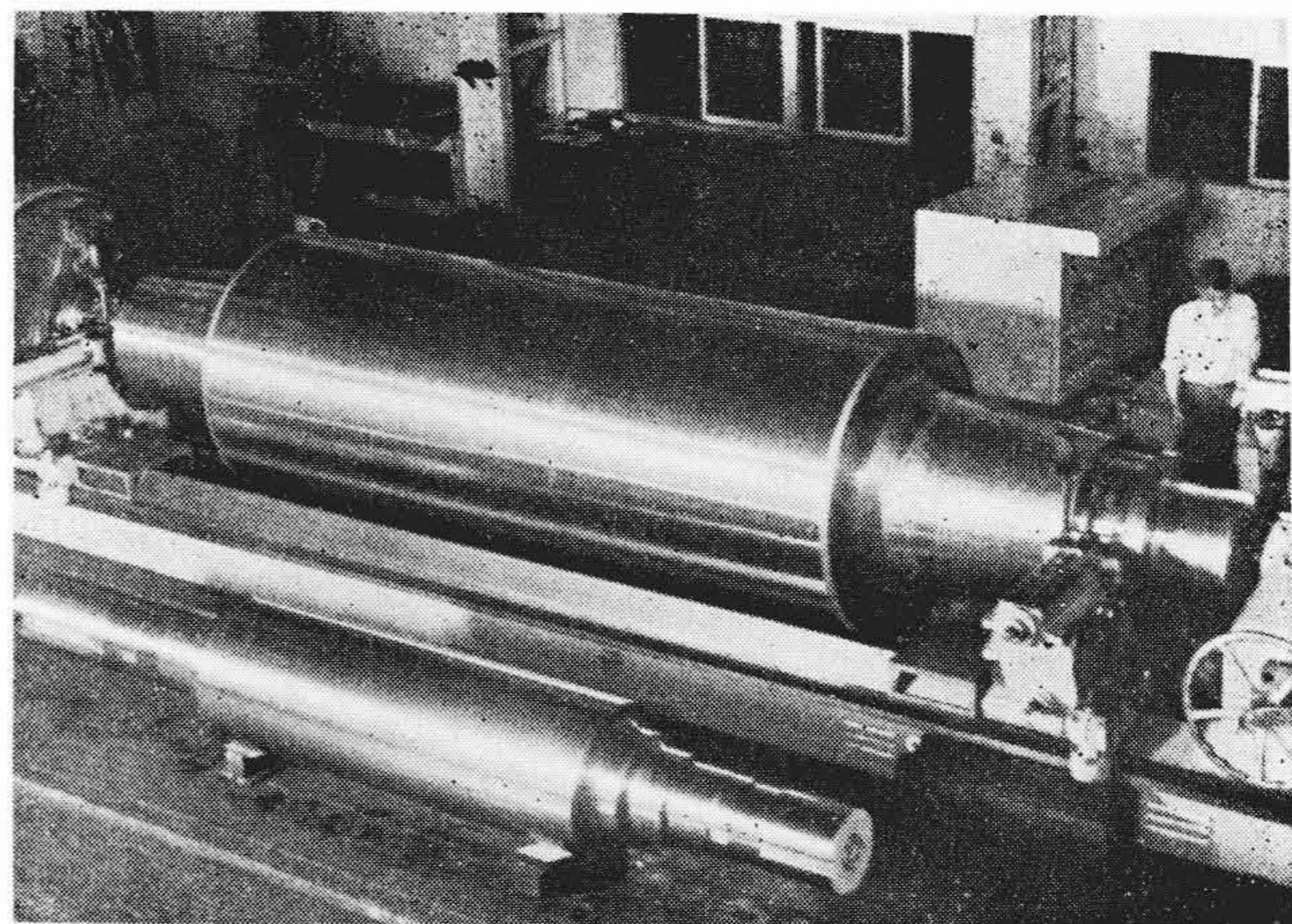
第12図は厚板補強ロールの焼ナラン時の冷却基準曲線と実測で得られた胴部、ジャーナル部の測温記録の一例を示したものである。図中、ジャーナル部の冷却速度は胴部に比較して遅れているがこれはかたさ調整のために両ジャーナル部とも特殊な保温装置により被覆し、冷却速度を押えているためである。

一方、焼モドシ処理は600°C以上の高温で十分保持し、焼ナラン時の残留応力除去ならびに組織の安定化を図った。なお熱処理操作中の温度差を±5°C以内に押え、とくに保温中は±3°C以内に全部分がはいるよう温度調整を行なっている。

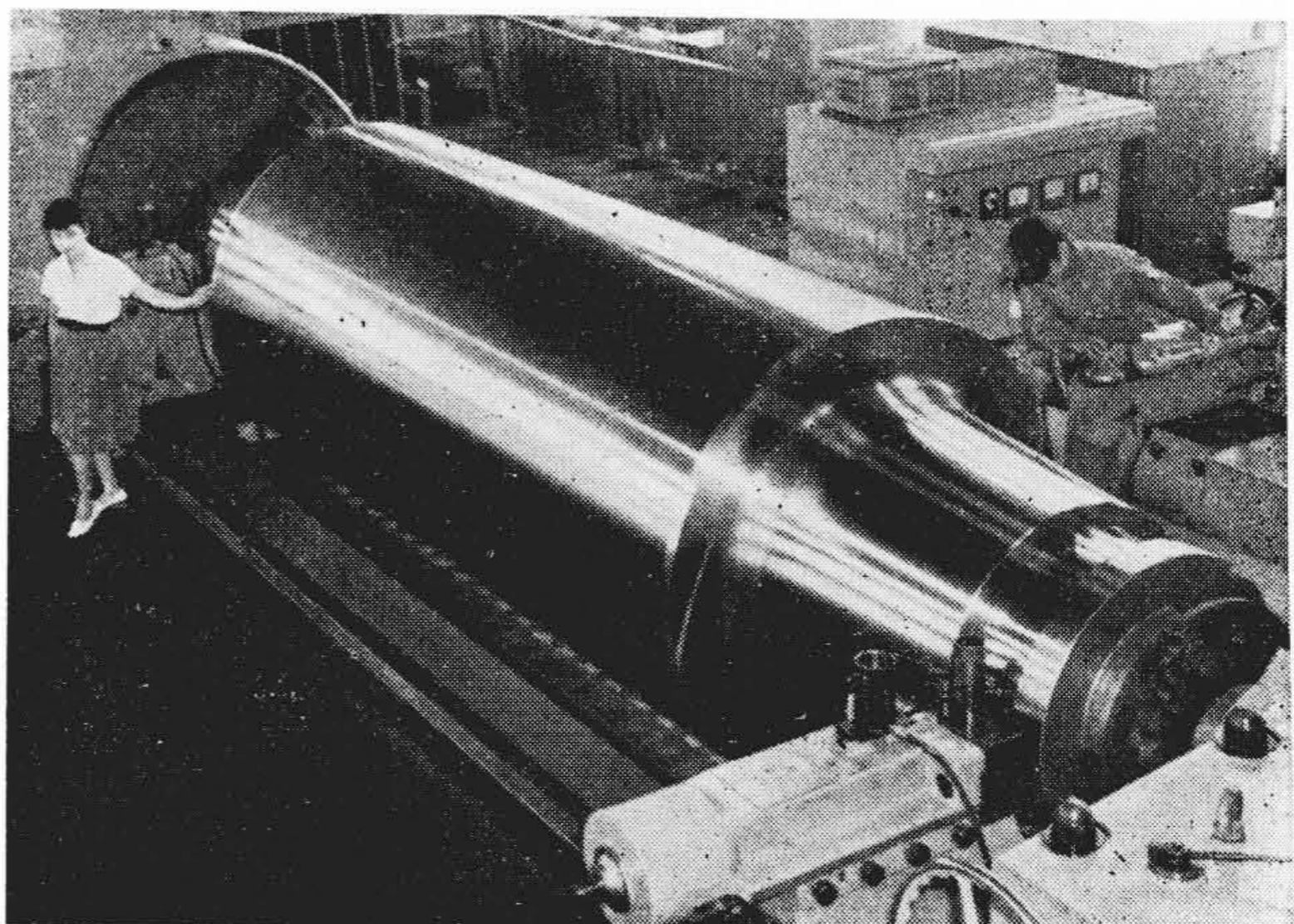
4.4 機械加工

厚板補強ロールは前述のように質量効果を十分に考慮して熱サイクルを分割し、使用上適切なる諸性質を付与して後、機械仕上げ加工を行なったものである。

厚板補強ロールの鑄放し重量は、大約110~170 tにも及ぶものであるから、特殊旋盤を使用して荒削りを行なった。荒削り加工で



第13図 73 t厚板補強ロールの機械仕上げ加工



第14図 95 t厚板補強ロールの仕上げ加工

第3表 各厚板補強ロールの胴部仕上りかたさ例
73 t ロールのかたさ (Hs) 95 t ロールのかたさ (Hs)

測定位置 測定面	73 t ロールのかたさ (Hs)					測定位置 測定面	95 t ロールのかたさ (Hs)				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
a	43.0	43.5	43.0	44.0	44.5	a	42.0	42.0	41.0	41.5	43.0
b	43.5	43.5	43.5	44.0	44.5	b	41.0	41.5	41.0	41.5	42.0
c	44.0	43.0	44.0	43.5	44.0	c	41.0	41.5	42.0	42.0	42.5
d	44.0	43.0	43.0	43.5	44.0	d	42.0	42.0	42.0	42.0	43.0

a~d: 胴部円周4等分線上
1~5: 胴長5等分位置

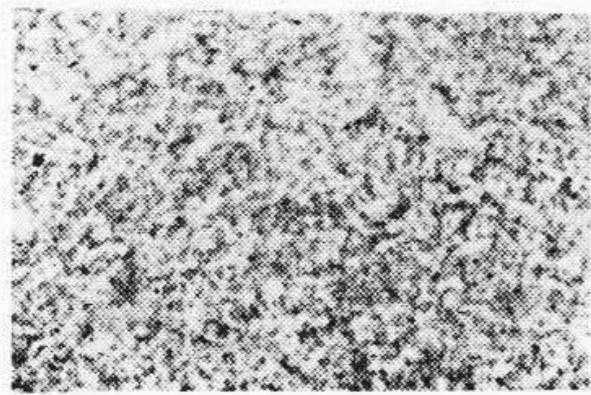
はとくに旋盤の主メタルに対する負荷荷重の軽減、および給油方法に改良を加えるとともに切削バイトにも特殊のものを使用している。

一方、仕上げ加工の研摩作業においては従来センター作業で加工を行なっていたが、今回の各厚板補強ロールには無心センターで加工を行なっている。さらに研摩作業中、ロールの回転力および振止めの給油法の問題を解決し、グラインダ仕上げ後の精度は真円度2/100mm以内、円筒度誤差は全長に対して1.5/100mm以内の高精度を有する厚板補強ロールを製作することができた。

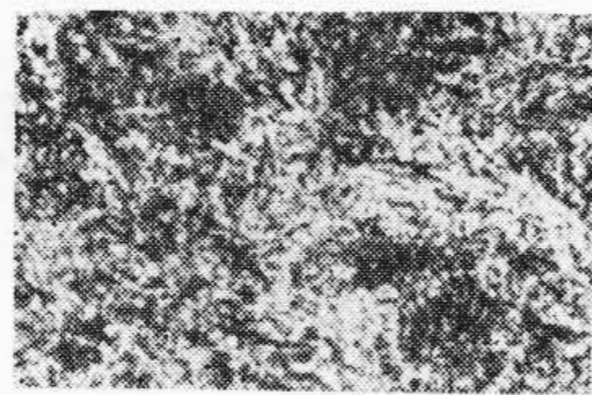
第13,14図は大形研摩盤で研摩加工中の各厚板補強ロールの外観である。

5. 厚板補強ロールの性状

胴部仕上りかたさは第3表に示すように、4面20箇所を測定した。結果はショアー・かたさ40~44 Hs範囲で各厚板補強ロールともかたさのパラツキの少ないものが製造できた。胴部の顕微鏡組織



73tロール (×400)



95tロール (×400)

第15図 納入時の胴部顕微鏡組織

は第15図に示すように、ソルバイト+パーライトの微細均一組織となり初期の目的を果たした。

各厚板補強ロールの内部性状についてはスペリー形超音波探傷器を使用し、探傷周波数 0.5 Mc と 1 Mc, 接触媒質にマシン油を使用してロールの軸方向ならびに半径方向より精密な探傷試験を行なっ

た。この結果各探傷位置とも底面波が1~5回ほど返っているため内部欠陥のない健全なロールであることが明らかである。

6. 結 言

厚板補強ロールの製造に際し主要工程である鋳造、熱処理および機械加工などについて履歴の概要を取りまとめた。従来このような厚板補強ロールを国内で製造することは不可能とされ輸入に依存していたが、日立製作所勝田工場における長年にわたる研究が功を奏し、今回国内においてこの種鋳鋼ロールの製造を可能にし得たことは欣快に耐えない。納入ロールは順調に稼動中であり、外国ロールに劣らぬ優秀な成績を示すものと信じている。

今後ともいっそう、国産技術の向上を図り、高品質のロールの製造を行なっていく所存である。



特許と新案



最近登録された日立製作所の実用新案(その1)

登録番号	名 称	氏 名	登録年月日	登録番号	名 称	氏 名	登録年月日
587211	荷 役 車	山崎 勇	39. 2. 29	732299	防 食 重 鉛 消 耗 警 報 装 置	和 知 保 幸	39. 2. 17
587475	ド ラ ム ブ レ ー キ	村田 師正	39. 3. 11	732300	防 食 重 鉛 消 耗 警 報 装 置	和 知 保 幸	"
587216	超 音 波 送 受 波 器	高橋 一博	39. 2. 29	733969	カ ム ス イ ッ チ	谷 口 尾 昭	39. 3. 11
587469	自動式構内交換機に於ける発信者識別装置	水野 昭義	39. 3. 11	733983	線型電子加速器用組立式加速管	逸 齋 見 文	"
587470	ワイヤマルチリレー用アバラタスプランク	水野 昭好	"	733990	小 型 ス イ ッ チ	松 村 司 榮	"
587471	塗 装 装 置	小林 吉庸	"	733993	ブ レ ー キ 付 電 動 機	今 井 利 秀	"
587476	波動の反射を利用する目標物探知装置	林田 中	"	733994	放 電 極 重 錘 支 持 装 置	逸 谷 田 生	"
587474	標 準 雑 音 源 装 置	西大 山	"	733942	直 流 発 電 機	土 前 島 和	"
587210	繰返型アナログ計算機用積分器	大 山 賀 正	"	733943	半 導 体 整 流 装 置	曾 根 田 喜 久	"
587464	ウォークキー・ルッキー・カメラ	鈴 木 喜 久	39. 2. 29	733981	荷 電 粒 子 加 速 器 用 加 速 管	武 安 田 康	"
587465	ウォークキー・ルッキー・カメラ	三河 重文	"	733944	回 転 軸 軸 封 装 置	安 島 昭 夫	"
587217	サイラトロンによるパルス送出装置	安 藤 川 俊	39. 2. 29	733946	鋼 塊 転 回 装 置	照 斎 藤 美 正	"
587463	プログラム調節計に於ける定値調節設定装置	山 内 陽	39. 3. 11	733949	堅軸回転電機の軸電流防止装置	伊 星 利 正	"
587466	多 点 式 記 録 計	河 三 細 徹	"	733950	交 流 電 動 機 の 回 転 子 巻 線 導 体	田 村 賢 治	"
587467	電 磁 流 量 計	明 谷 珍 英	"	733952	油 切 り 装 置	和 知 保 幸	"
587468	電 磁 流 量 計 電 極 部	松 植 原 一	"	733962	端 子 台	新 井 修	"
587472	記 録 計 器	佐々木 良一	"	733963	電 車 モ ー タ の 小 歯 車	佐々木 義 雄	"
587214	変 位 伝 達 装 置	新 井 健 郎	39. 2. 29	733964	電 車 モ ー タ 釣 掛 装 置	佐々木 義 雄	"
587473	記 録 ベ ン 装 置	藍 光 郎	39. 3. 11	733898	遠 心 型 ポ ン プ の マ ウ ス リ ン グ	飯 土 井 博	"
587212	テレビジョン受像機の選局表示装置	新 中 了 治	39. 2. 29	733906	ロ ー タ ー 回 転 装 置 の 安 全 装 置	安 保 勝 夫	"
587215	ポ ー タ ブ ル ラ ジ オ 受 信 機	片 桐 雄 司	"	733907	使 用 済 燃 料 搬 出 装 置	安 島 賢 二	"
587213	電 空 ポ ジ シ ン ナ ー	高 山 越 倉	"	733911	燃 料 棒 取 り 扱 い 装 置	後 村 安 弘	"
732328	コ イ ル 捲 取, 捲 出 機	山 越 持 石	39. 2. 25	733914	水 銀 ス イ ッ チ 保 持 装 置	角 田 勝 美	"
732322	直 流 機 の 電 機 子 巻 線	是 藤 安 喜	"	733915	遠 心 力 開 閉 器	谷 口 俊 昭	"
732325	車 両 用 電 動 機 の 軸 受 装 置	遠 藤 茂 男	"	733922	ポ ル ト 締 付 装 置	浜 吉 田 邦 雄	"
732326	同 期 機 制 動 巻 線 短 絡 環 保 持 装 置	佐々木 義 雄	"	733925	整 流 器 故 障 検 出 装 置	前 田 武 幸	"
732333	シ ー ト 送 込 機 用 ス ト ッ パ ー	田 北 附 野	"	733927	弁 装 置	細 見 正 一	"
732372	ブ レ ー キ 付 電 動 機	北 谷 敏 滋	"	733966	自 動 チ ョ ー ク 弁 付 氣 化 器	桜 井 正 一	"
730982	切 断 装 置	平 杉 井 勸	"	732306	放 射 線 治 療 装 置 に お け る 安 全 装 置	松 口 博	39. 2. 25
730987	回 転 体 取 付 装 置	青 井 利 秀	"	732307	放 射 線 治 療 装 置	柏 原 恵 太	"
730988	切 替 ス イ ッ チ	佐 藤 直 夫	39. 1. 22	732315	変 圧 器 巻 線 支 持 装 置	大 西 真 史	"
		佐 藤 友 多	"	732316	変 圧 器 巻 線 支 持 装 置	大 西 真 史	"
		白 角 忠 勝	"	732324	単 相 運 転 防 止 装 置	大 井 田 浩	"
		高 島 治 美	"	732345	配 線 用 遮 断 器 の 端 子 装 置	大 井 田 浩	"