

図 IV - 1 - 2 - 6 容量制御フローダイアグラム

負荷容量調節を吸入弁によって行う方式は、一般に行われており、作動要領も適切と考  
える。

吸入弁の形式がバタフライ弁であるので、制御空気シリンダと連結しているリンク機構  
の作動不安定が心配される。また、作動の信頼性を向上させ、規定の圧力にて負荷運転、  
無負荷運転の自動制御を確実にさせるためには、補助的な制御機構を追加したほうが良  
いと考えられる。

#### 1 - 2 - 5 冷却系統制御

設計仕様は、油温度 60℃、吐出空気温度 80～100℃となっている。

油の冷却はオイルクーラによって行われている。また、油温度が 30℃以上になると圧力  
扇が自動起動して油温度を下げるというシステムが付加されている。しかし、油温度の異  
常上昇時、圧縮機を停止する保護システムはない。

吐出空気系統にはエアクーラが装備されておらず、吐出空気の冷却が行われていないの

で、高温の空気が吐出される恐れがある。

#### 1-2-6 潤滑油

推奨されている潤滑油の銘柄は、中国スクリュ油HY 701、N32、及びN68である。

このうち、N32の性状は以下のとおりである。

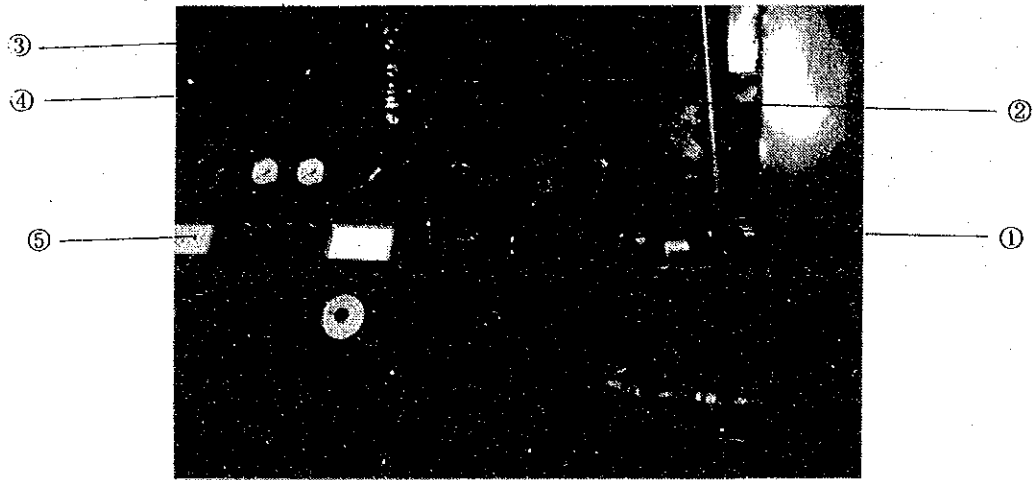
動粘度 (cSt) :	40 °C	34.97 mm <sup>2</sup> /S
	100 °C	5.89 mm <sup>2</sup> /S
粘度指数	:	111
凝固点	:	-26 °C
引火点	:	222 °C
全酸価	:	0.2 mg KOH/g
残留炭素分	:	0.04 %

ただし、現在はこれらの潤滑油は、入手困難であるため、工場内での試運転時はタービン油が使用されている。

図IV-1-2-7～10には、LGY20-14/10.5の主要機器配置図を、また図IV-1-2-11には配管系統図を示す。

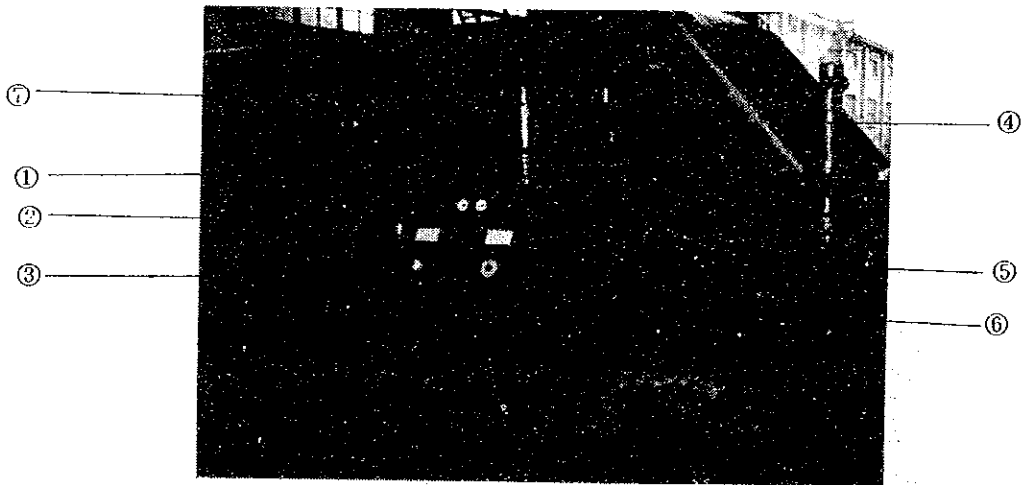


図IV-1-2-7 LGY20-14/10.5



- ① 圧縮機本体      ② 制御空気シリンダ      ③ 吸入フィルタ
- ④ 吸入弁          ⑤ コントロールパネル

図 IV - 1 - 2 - 8 機器配置：LGY20-14/10.5



- ① 電動機      ② 圧縮機本体      ③ コントロールパネル      ④ 安全弁
- ⑤ 最小圧力弁      ⑥ 油分離器      ⑦ 吸入フィルタ

図 IV - 1 - 2 - 9 機器配置：LGY20-14/10.5



① 圧縮機本体    ② コントロールパネル    ③ 吸入フィルタ    ④ 電動機

図 IV - 1 - 2 - 1 0 機器配置：LGY20-14/10.5

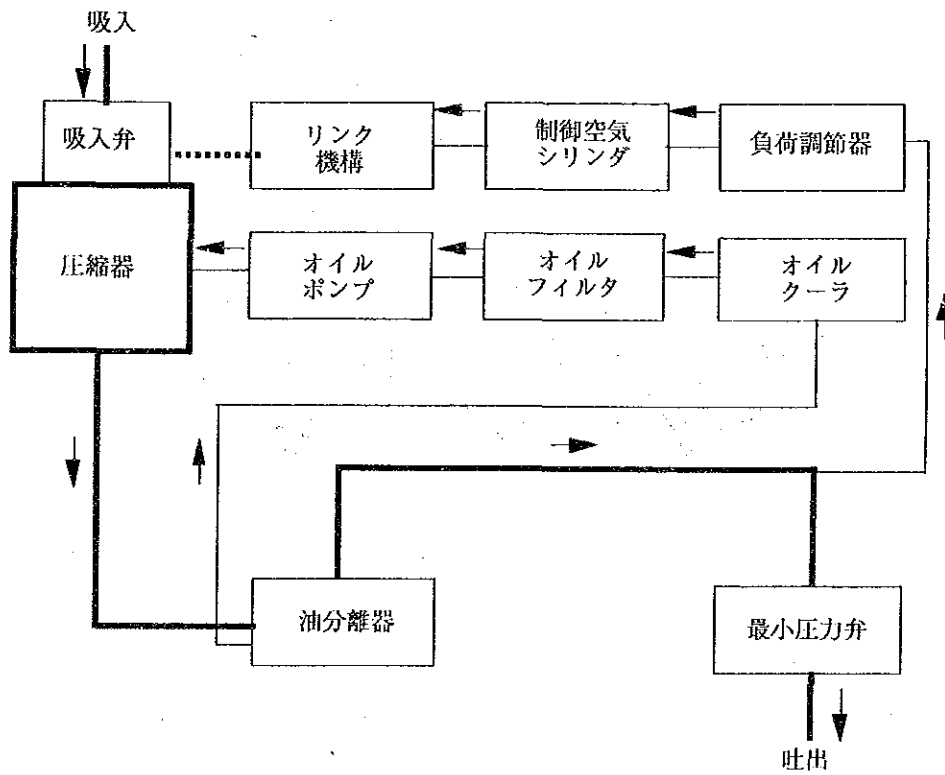


図 IV - 1 - 2 - 1 1 配管系統図：LGY20-14/10.5

### 1-2-7 問題点

移動式中圧スクリュウ圧縮機的设计について、次の項目の改善が必要である。

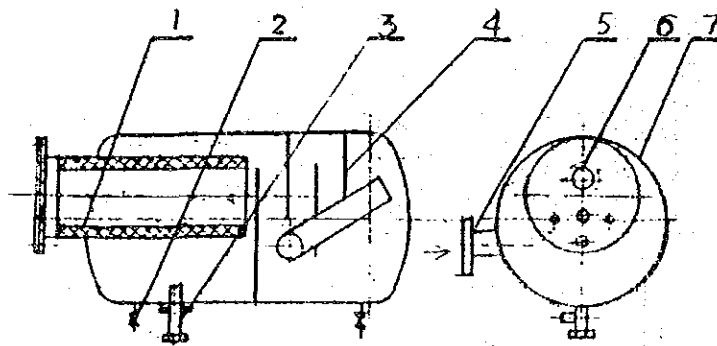
#### (1) 要求精度と工作レベル

現在、设计より出されている精度要求は無理のないところである。しかし、一方では現在の工場の加工精度レベルを超えたものであることも明らかである。製造部門の加工レベルの向上にも、積極的に情報収集と意見具申を行って、设计と製造部門共同で問題点を確認し合いながら機械設備、治工具、計測設備等々の改善策をことうじていく必要がある。特に精度確保に注力すべき所は以下のとおりである。

- \* ロータとケーシングの各部間隙
- \* おすロータとめすロータの歯面間隙
- \* ロータ軸芯と軸受け軸芯度

#### (2) 油分離器

現在採用されている油分離器は改善の必要がある。図IV-1-2-12に、概略の構造図を示す。



- |           |       |     |     |
|-----------|-------|-----|-----|
| ①分離用エレメント | ②ドレン弁 | ③油管 | ④隔板 |
| ⑤空気入口     | ⑥空気出口 | ⑦本体 |     |

図IV-1-2-12 油・空気分離器

油・空気分離器内の分離エレメントを、図 IV-1-2-13 に示す。



図 IV-1-2-13 分離用エレメント

分離用エレメントは湘潭圧縮機工場製で、円筒内にグラスウールが充填されており、その周りをメッシュの細かい金網でカバーしている構造である。分離用エレメントは、フランジ部で分離器本体に溶接で固定されており、取り外し出来ないようになっている。

現状では分離器からの吐出空気中にかなりのオイルミストが含まれているようであり、分離器本体、分離用エレメント双方とも、油の分離性に関して、構造の見直しと改善をする必要がある。

(3) 吸入フィルタ

吸入弁直前に装備されている吸入空気フィルタが満足すべき効果を発揮していない。フィルターエレメントの材質、及びフィルタ通過面積を再検討する必要がある。

(4) オイルクーラ

オイルクーラは冷却性能が十分でなく、潤滑油がしばしば異常高温になってしまうことがある。冷却面積に余裕が少ないのではないかと考える。

(5) 台車

台車の構造が、圧縮機本体の据え付け及び取り外し作業に、大変困難なものとなっているので、稼働後のメンテナンス(maintenance)が容易な構造に改造する必要がある。

## (6) 容量制御システム

容量の制御は、吐出圧力を検出することにより、吸入バタフライ弁の開閉を ON-OFF 制御することによって行われている。しかし、吐出圧を検出して制御信号を送り出す負荷調節器の作動が安定しないため、ON-OFF 圧力が一定しない。また、吸入バタフライ弁の開閉を駆動する制御空気シリンダもパワー不足が心配される。システム全体の見直しを行う必要がある。

## (7) 冷却システム制御システム

- 1) 冷却システムにオイルクーラは装備されているが、エアクーラは装備されていない。圧縮空気の使用目的や使用機器によっては、適正な吐出空気温度を保つ必要があり、エアクーラの装備が必要であると考えられる。
- 2) 油温度が異常に低下した場合は、オイルクーラをバイパスして油温の低下を防止する方法を採用する方法がある。
- 3) 吐出空気温度が異常上昇した場合に、スクリュウ圧縮機の損傷を未然に防止する保護装置が必要であると思われる。

## (8) 油及び空気配管

油及び空気配管が整然とした配置になっていないために、機能的とは言い難い外観を呈している。商品としての価値を高めるためにも機能性を保った外観が大切である。また、雑然とした配管の接合部に限ってリークが多いのも事実である。

## (9) 潤滑油

おすろータとめすろータの歯溝内に注入する潤滑油は、潤滑及び冷却効果に加えて、スクリュウ圧縮機にとって大切な、油膜による密封という大きな役目を持っている。しかし、現在湘潭圧縮機工場で試運転時に使用されているタービン油は、潤滑性と冷却性には優れているものの、密封性に劣るという性状を持っている。従って、是非とも設計が指定しているように、中国スクリュウ油HY 701、N32、N68の何れかを使用することを推奨する。密封性がないと各部の間隙から洩れが多くなり、性能の確保が困難となる。

### 1-3 定置式低圧スクリュウ圧縮機：LGFD-3/7-X

#### 1-3-1 開発の経過

定置式低圧スクリュウ圧縮機の開発に当たっては、研究所のみの現状人員では開発が困難と判断し、安徽省合肥市にある合肥汎用機械研究所と共同開発することとなった。湘潭圧縮機工場の研究所より1名の設計者と合肥汎用機械研究所の機械技術者4名、電気技術者2名で開発プロジェクトが結成され、開発が推進された。

開発は1986年に着手された。その後一時中断した後、1989年に再開された。試作第1号機は1989年11月に完成し、現在本工場に於て各部品の組立、配管、配線、外装作業中であり、1990年8月に総組立が完成する予定である。

現在の市場動向からみて、今後定置式低圧スクリュウ圧縮機は、小型往復動圧縮機の代替機として、広範な分野での需要増加が予想される。定置式低圧スクリュウ圧縮機の開発を、しかも動力用の小型仕様に絞って、手掛けたことは、国際市場動向にも一致しており経営戦略としても評価されるべきで、今後の発展が期待できる。

### 1-3-2 設計仕様

当機の設計仕様は以下のとおりである。

型名	: LGFD-3/7-X
型式	: 定置式防音型
圧縮方式	: 給油式一段圧縮
冷却方式	: 空冷
吐出量	: 3m <sup>3</sup> /min
吸入圧力	: 大気圧
吐出圧力	: 0.7 MPa
吸入温度	: 40 C° 以下
主機回転数	: 2940 r/min
ロータ寸法 (径×長さ)	: 125mm x 190 mm
軸出力	: 22 kw
騒音値	: 78 dB (A)
重量	: 460 kg
外形寸法	: 2055 mm x 670 mm x 895 mm
電動機型式	: 単相
電動機出力	: 22 kw
電動機回転数	: 2940 r/min
電圧	: 380 V

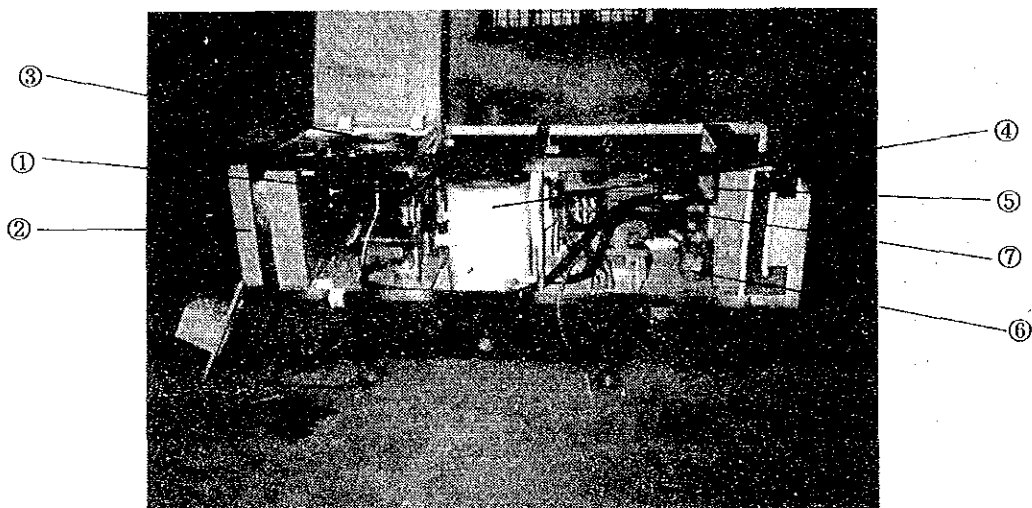
### 1-3-3 スクリュ圧縮機本体

図IV-1-3-1に、スクリュウ圧縮機本体の構造を示す、また図IV-1-3-2(a)、(b)に各機器の配置を、総組立中の写真の中で示す。

スクリュウ圧縮機本体は、5枚歯のおすロータと6枚歯のめすロータ、これを支持する軸

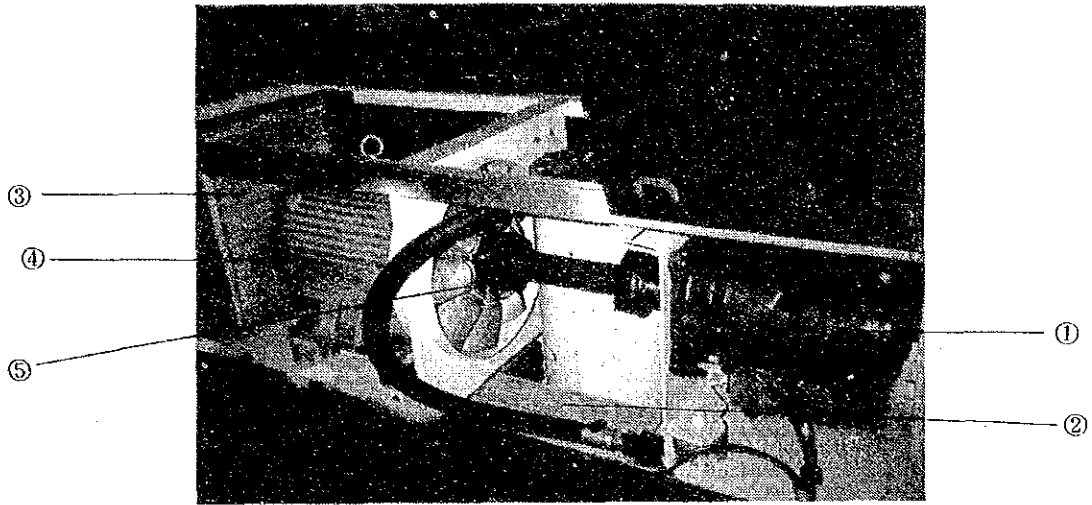


受け、軸封機構、及びケーシングより構成されている。電動機からおすロータへは、カップリングを介して動力が伝達される。ロータの吸い込みポートから吸入された空気は、おすロータとめすロータの噛み合いによってできる歯溝空間を減少させることにより圧力が高められる。圧縮行程中の歯溝内には、空気の冷却及びシール効果、潤滑効果を目的として、かなり多量の油が注入される。軸受けは、おすロータ及びめすロータ共に吸入側には各1個のローラ軸受け、吐出側にはアンギュラ玉軸受け2個の背面合わせの組合せとなっており、ロータ軸受け空気荷重、及び推力荷重をそれぞれ支持している。オイルポンプは装備されていない。ロータの歯溝内及び各軸受けへの注油は、油・空気分離器内の油をケーシング内の注油孔を通して送り込むことで行われる。



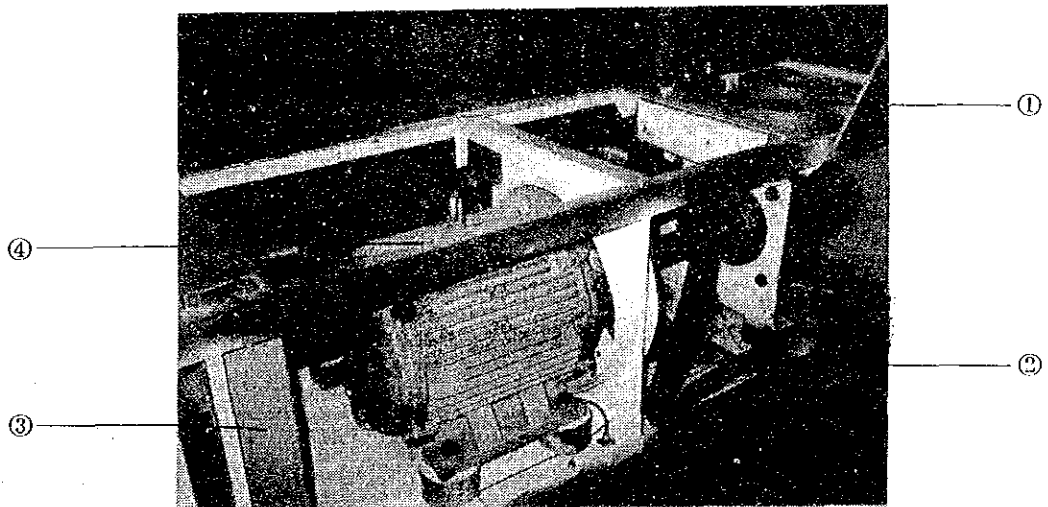
- |          |           |          |        |
|----------|-----------|----------|--------|
| ① 圧縮機本体  | ② 制御盤     | ③ 吸入フィルタ | ④ 油分離器 |
| ⑤ オイルクーラ | ⑥ オイルフィルタ | ⑦ 電動機    |        |

図 IV - 1 - 3 - 1 LGFD-3/7-X (試作機)



- ① 圧縮機本体      ② エアークーラ      ③ オイルクーラ      ④ 電動機  
 ⑤ 圧力扇

図 IV - 1 - 3 - 2 ( a )    主要機器配置



- ① 吸入フィルタ      ② エアークーラ      ③ オイルクーラ      ④ 電動機

図 IV - 1 - 3 - 2 ( b )    主要機器配置

- (1) おすロータ
- \* 125 mm (直径) x 190 mm (長さ)
  - \* 5 枚歯
  - \* 巻角 304°
- (2) めすロータ
- \* 100 mm (直径) x 190 mm (長さ)
  - \* 6 枚歯
  - \* 巻角 253°

(3) ロータ歯形形状

おすロータは5枚歯、めすロータは6枚歯で、異径ロータを採用している。図IV-1-3-3に歯形形状を示す。

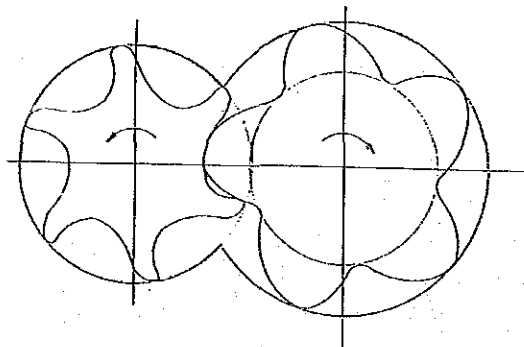


図 IV - 1 - 3 - 3 歯形形状

移動式中圧スクリュウ圧縮機の歯形形状は、おすロータ4枚歯、めすロータ6枚歯であり中国機械工業部標準規格に基づいて設計されているが、この定置式低圧スクリュウ圧縮機の歯形々状は、現在のところ、標準規格にはまだ規定されていない斬新な歯形であり、歯形の切削には高度な加工技術と加工精度が要求される。従って、湘潭圧縮機工場の現在の機械設備では、この要求を満たすことができないため、ロータの機械加工は、既に数多くの実績がある山東省煙台市のスクリュウ圧縮機式冷凍機製造工場に委託している。

(4) ロータ関連基準寸法

おす、めすロータの間隙の設計要求は、表 IV-1-3-1 に示すとおりである。

表IV-1-3-1 ロータ間隙設計要求

吸入端間隙	0.2 ~ 0.4 mm
吐出端間隙	0.06 ~ 0.116 mm
ロータ歯間々隙	0.05 ~ 0.12 mm
半径方向間隙 (片側)	0.04 ~ 0.07 mm
〃 (両側)	0.05 ~ 0.08 mm
軸受軸方向間隙	0.015 ~ 0.03 mm

(5) 軸受

圧縮機本体には、ローラ軸受2個及び単列アンギュラ玉軸受4個が使用されている。おすロータ及びめすロータは、各1個のローラ軸受けで支持されている。推力荷重に対しては単列アンギュラ玉軸受2個の背面合わせを使用して支持している。

[吸入側]

\* おすロータ ローラ軸受 : 1個 (中国製)

JIS規格 NU 2309相当

\* めすロータ ローラ軸受 : 1個 (中国製)

JIS規格 NU 2206相当

[吐出側]

\* おすロータ 単列アンギュラ玉軸受 : 7308 2個 (SKF製)  
(背面合わせ)

\* めすロータ 単列アンギュラ玉軸受 : 7306 2個 (SKF製)  
(背面合わせ)

#### 1-3-4 負荷容量調節

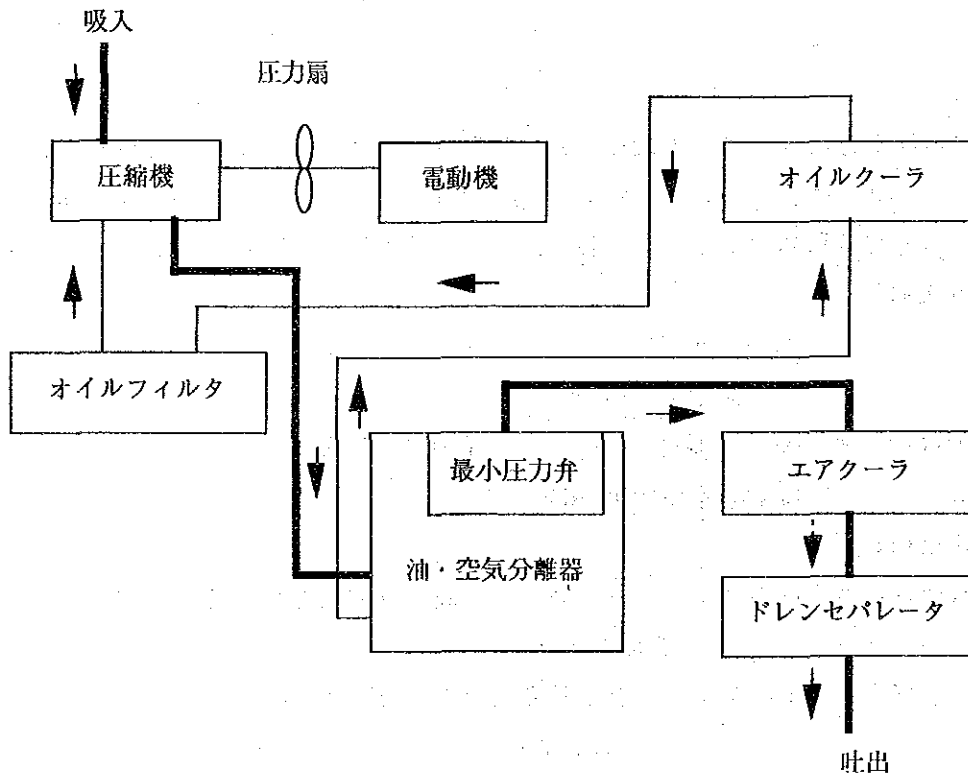
負荷容量の調節は、吸入弁の開閉によって行われる。

吐出圧力が0.7MPaになった場合、吸入弁は閉となり無負荷運転にはいる。また、吐出圧が0.2MPaになった場合、吸入弁は開となり負荷運転にはいる。最小圧力弁は0.4MPaで開となり、吐出圧は正規圧力まで上昇する方式である。

#### 1-3-5 その他

当機には、油・空気分離器、最小圧力弁、オイルクーラ、アフタークーラ、オイルフィルタ、ドレンセパレータ等といった、動力用スクリュウ圧縮機としての必要な機器は一応装備されていると言える。主な特徴を拾ってみると以下のとおりとなる。

- 最小圧力弁は、油・空気分離器の吐出側に内蔵されている。
- アフタークーラには、圧力扇の空気が直接は当たらないが、エンクロージャ(Enclosure)内部の温度が下降することによって間接的に冷却される。
- 制御システムにはマイクロプロセッサが使用されている。
- 配管系統図は図IV-1-3-4に示すとおりである。



図IV-1-3-4 配管系統図

### 1-3-6 問題点

#### (1) エアクーラ

配置上から、オイルクーラには圧力扇の風が直接当たり、十分な冷却効果が得られるが、エアクーラには圧力扇の風は直接当たらず、エンクロージャ(enclosure)内の温度を降下させることによりエアクーラを冷却する間接方式であるため、空気が十分に冷却されないことが考えられる。

#### (2) 軸受

この圧縮機では、おす、めす各ロータ端に取り付けられたローラ軸受けと、おす、めす各ロータの吐出端に取り付けられたアンギュラ玉軸受(背面合わせ1組)で、半径方向と軸方向の荷重がそれぞれ支持されている。

背面組合せアンギュラ玉軸受は、軸方向の位置を正確に保持するとともに、軸受け自体の剛性を高めるために、通常予圧を与える組付けがなされる。予圧を与えるために、予め差幅寸法または軸方向間隙を調整した組合せ軸受けを締め付けて使用する「予圧方法」が必要である。そのためには、軸受けの精度は精密級のものを使用する必要がある、今後この点に関して、軸受けメーカーとの間で技術的な検討を行って、より高精度の軸受けを採用する必要がある。

#### (3) 商品化への課題

この圧縮機はまだ試作の段階であり、これからも多くの改良がなされるものと思われる。今後、市場競争力のある魅力的な商品に育てて行くためには以下の諸点に対して、再度検討を加えていく必要がある。これらの事柄は、今後幅広く様々な分野で市場の開拓を行っていく場合に、ぜひとも重点を置かなければならない事柄である。

- 1) 温度上昇対策：現在の機器配置、エンクロージャの形状から考えて、運転中のパッケージ全体としての温度上昇は避けられないと思われる。試作機でのデータの積み重ねと、それに基づく冷却経路の見直しが必要であろう。
- 2) 騒音対策：設計仕様に示されている騒音レベルを達成させるためには、エンクロージャ自体にかなりの防音、遮音措置が必要であると思われる。温度と同じく、実験データに基づく十分な検討が必要である。
- 3) 装置の小型化：現在の機器配置を見直すことにより、パッケージ全体の小型化が図れると思われる。例えば、現在圧縮機と電動機は直結されているが、これをベルト駆動にすることで圧縮機と電動機を上下に配置することも可能となる。
- 4) 制御、保安システム：移動式スクリュウ圧縮機の場合と同様、機械の信頼性と安全性を向上させることが肝要である。今後試運転を中心として、あらゆる角度からの検証が必要であろう。

#### 1-4 設計管理

設計管理とは、本来狭義の意味として完成図面の製造部門への配布、技術資料の作成・管理、出図日程の計画・管理、工数・人員の計画・管理等々、設計作業そのものを側面からサポートしている活動であるといえることができる。

しかし、ここではこうした狭義の意味だけにとらわれるのではなく、むしろ広く設計業務全般を捉え、その効率的運営という観点から眺めることにより、近代化への問題点を探ることとした。

##### 1-4-1 設計の現状

設計業務は、現在2つの異なる組織により行われている。すなわち、研究所と技術課である。それには以下の経過がある。

1984年当時は、技術課内が設計担当と工芸担当に分けられており、設計作業はもちろん設計担当により行われていた。その後、1986年の組織改正で技術課は設計課と工芸課に分けられ、設計課は設計を、工芸課は生産技術をそれぞれ独立して担当するようになった。更に、1989年には、新たに研究所が発足し、設計課は研究所の一部になり、工芸課は名前を元の技術課と変えた。この時から、研究所は研究開発及び新設計を、技術課は、既に標準化され量産体制にある機種的设计作業及び工場全般の生産技術を担当するようになった。こうして現在に至っているが、1989年以降は研究所がスクリュウ圧縮機の開発及び設計を、また技術課が往復動圧縮機の設計をそれぞれ担当することとなった。スクリュウ圧縮機は、既に数台が実機として稼働を開始しているものの、未だ技術開発上の問題が多く、研究所の手を離れるに至っていない。技術課の担当は標準化機種に限られているために、その設計に関する業務はほとんどが図面の改善・修正といった作業である。

図面上での改善・修正が発生したら、まず技術課で改正図を作図する。次に、これを研究所に連絡し、更に最終的に技師長の承認を得た後に資料室に保管する。

設計管理上の指揮管理系統は図IV-1-4-1に示すとおりである。

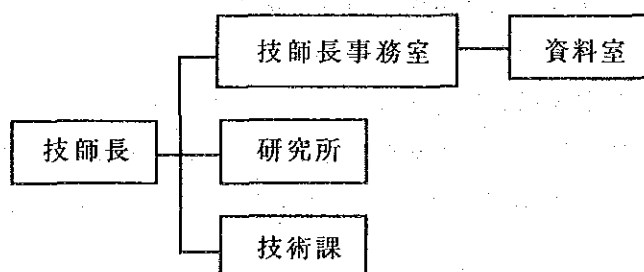
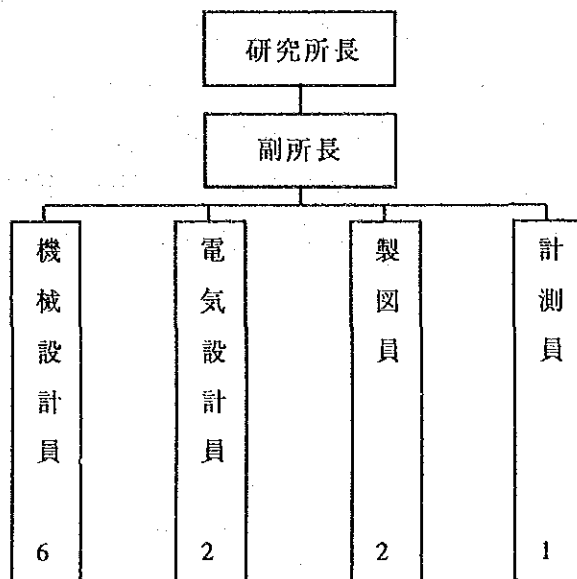


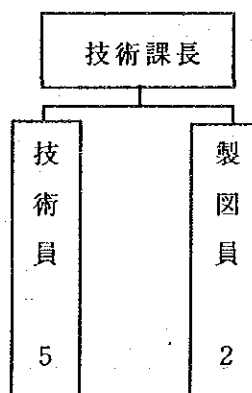
図 IV - 1 - 4 - 1 設計指揮管理系統

### 1-4-2 設計組織

図 IV 1-4-2 に、それぞれ研究所と技術課の組織を示す。



研究所



技術課

図 IV - 1 - 4 - 2 設計組織

研究所は、所長、副所長各1名のもとで、設計員8名に加え、製図員2名及び計測員1名から構成されている。

研究所のもっとも重要な業務は、新機種の研究開発であることは既に述べた。研究開発



工事は研究所が主導するが、工事の一部は、生産工場も分担する。つまり、研究所はまず、研究開発工事プログラムを作成し、これを総調度室に提出する。総調度室はそのプログラムに従って必要な工事命令書を作成し、生産工場に対して必要な協力を指令する。通常、生産工場は、試作機及び関連機材の製作組立から試験までを一括して分担することになる。もちろん、試験には研究所員が立ち会い、試験の指揮と計測及びデータ収集を行う。

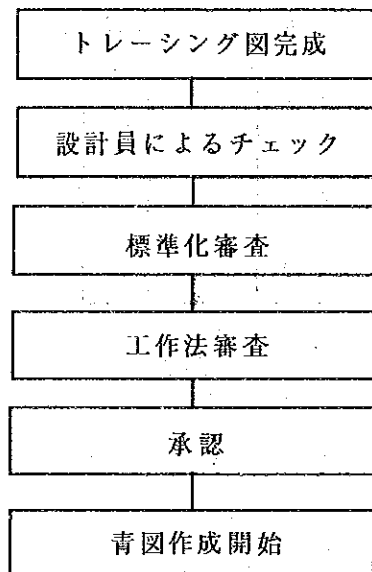
技術課は、課長のもと、技術員5名と製図員2名によって組織されている。既に述べた、標準化機種 of 図面の変更・修正作業という設計業務の他に、製作工程中に発生する技術的問題の解決、工程カードの作成、治工具設計、等々あらゆる生産技術に関する業務をこなしている。

### 1-4-3 図面管理

#### (1) 製作用図面

湘潭圧縮機工場では、設計作業は全て最終的には「元図」呼ばれている図面上に表現される。元図は設計員によって作成、保管される。元図に基づいて、製図員が墨入れを行い、トレーシング図（底図）を作成する。トレーシング図をコピーすることにより、青図（藍図）が作成され、生産工場に製造用として配布される。トレーシング図の作成までは研究所によるが、青図の作成は技師長事務室の資料室による。

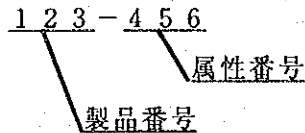
トレーシング図完成後の承認手続きは以下のとおりである。



通常、最終的な図面の承認は、課長あるいは必要に応じて技師長、工場長により与えられる。承認を受けたトレーシング図は、青図作成のために技師長事務室の資料

室に送付される。資料室は必要部数の青図をコピーした後、総調度室、生産課、技術課、研究所、検査課等に配布される。各部門に配布された青図は、それぞれの図面担当者によって管理される。

一方、コピーを終えたトレーシング図は資料室の整理箱に保管される。それらは全体図、組み立て図、部分図、部品図の4種類に大きく分けられると共に、更に図面番号によって細かく分類保管される。図面番号の構成は以下のとおりである。



## (2) 設計標準

設計関係の標準類は以下に示す種類がある。

- \* 製図標準
- \* 公差・嵌合標準
- \* 形状・位置標準
- \* 部品・構造要素標準
- \* 国家標準（ロータ径・ピッチ、シリンダ径、ピストン径等の圧縮機用標準）

これらの設計標準類を含めた、設計技術資料及び各機器の技術資料は、技師長公室の資料室が管理に当たっている。

設計に保管される資料類は、先の元図に加え、製品毎の青図一式、常用の設計ハンドブック、規格書及び関連資料がある。

### 1-4-4 図面改正

生産部門から設計に対する改善提案及び不具合のフィードバックは、それぞれの生産部門に備えられているフィードバック用紙に書き込まれてTQC室に提出される。TQC室は、これを整理編集した後、設計に送付する。設計では、それぞれの提案・フィードバック内容を検討した後、図面改正の必要性を認めたものには図面改正通知票を発行する。生産課では、図面改正通知票が発行される以前に、独自の判断で不具合を修正することは許されていない。

図面改正通知票の発行と同時に、設計はトレーシング図を修正し（改正点が明記されている）、資料室に送付する。その後は、新規図面と同じ手続きで関係部門への配布が行われる。生産課では、受け取った改正図を検討して、できるだけ改正前の部品・材料の流用を考える。

#### 1-4-5 問題点

設計管理に関し、以下のとおりの解決を要する問題点がある。

##### (1) 図面作成工数管理

図面製作時、各図面毎の作成予定工数及び全体の工数の管理が十分にされていないようである。現状に基づいた標準作図工数を把握し、作図開始以前に図面毎、及び全体の工数目標を設定することから始めて、目標管理を行っていくことが必要である。このことは、出図日程管理と工数削減の前提である。また、将来スクリュ圧縮機を増産するには設計工数削減はぜひ必要である。

##### (2) 設計内職務分担

現在、各設計員の職務分担は明確になっていないように見受けられる。少ない人員で、多様な職務をこなしている現状ではあるが、将来のスクリュ圧縮機増産体制をとるには十分と言えず、設計人員の増員、教育指導、及び職務分担の明確化が必要となろう。

##### (3) 設計マニュアル及び技術資料

設計標準は一通り整備されており、良い管理状態にあるといえる。しかし一方では、設計者が日常的に留意すべき基本的かつ実際的なノーハウ(know-how)を記した、設計マニュアルの整備が十分でないようである。例えば、各試験成績の性能分析のための技術資料、製造工程によって受ける設計上の諸制約、過去に製造過程で発生した設計に起因する諸トラブル、あるいは製品売却後に発生した諸トラブル、等々といった情報の蓄積は設計員の技術レベルを高める上で非常に有効であり、設計部門全体で共有すべき情報でもある。現在これらの情報は、せいぜい各個人の資料として所有されているに過ぎず、設計部門全体として、早急に設計マニュアル及び技術資料の整備をする必要がある。

##### (4) 取扱説明書

客先提出書類のうち、取扱説明書及び部品表の内容が十分でない。各機器の作動要領、機器の図面、スクリュ圧縮機一台当りの構成部品の数量、予備品リスト、油・空気系統図、等の記載が明確でない。サービスに重点をおいて顧客を大切にすることは近代化された企業にとって不可欠の要素である。

## 2 製造技術

工業生産とは、改めて述べるまでもないが、原材料や部品を、それぞれの企業が保有する固有の技術によって加工、製品化するという技術行為によって付加価値を生む手段である。それぞれの対象製品毎に、製造工程は異なるが、「製造仕様決定」→「手配」→「調達」→「作業」→「検査」→「出荷」というプロセス(process)のパターン(pattern)は共通である。製造技術に携わる人々がまず考えなければならないことは、このプロセスの中で、製造仕様決定(図面、仕様の完成)の時点からその内容を確認し、設計仕様にあった製品を、決められた品質で、より安く、より早く作れるように技術的考察と検討を行うということであろう。

更に、実際の生産段階に臨んでからは、設備、人、治工具、材料、その他について計画し、現場を指導していかなければならない。加えて、よりよい方法の研究や開発、改善といったところに至るまで、製造技術がカバーすべき部分は大変広い。工場経営にとって、非常に重要な位置を占めている。

以上の考え方にに基づき、将来の中圧スクリュウ圧縮機の量産を前提として、現存する製造技術について、工作設備、工作組織、及び加工々程等の側面から現状を調査した。

### 2-1 本工場・機械加工々場

#### 2-1-1 本工場・中小部品加工々場

##### (1) 設備

この工場での作業は、往復動圧縮機の軸類、ライナ(liner)、バルブ等の小物部品加工が中心である。また、中圧スクリュウ圧縮機の、おす、めすロータの旋盤加工及び歯形プロファイル(profile)加工も行われている。

この工場の製造機械は汎用工作機械が大部分を占めている。各機械は、種類別にまとめて置かれており、群管理による生産方式が採用されている。

表IV-2-1-2にこの工場の主要設備を、また図IV-2-1-1に本工場内部の様子を示す。

表 IV - 2 - 1 - 1 本工場・中小部品加工々場主要設備

設備名称	数量
普通旋盤	30
ボール盤	1
中ぐり盤	1
円筒研削盤	5
クランク軸研削盤	2
平面研削盤	2
フライス盤	5
ロータ歯切盤	3
型削盤	3
ターレット旋盤	1
合計	53



図 IV - 2 - 1 - 1 本工場・中小部品加工々場

(2) 組織と人員

この工場の組織と人員構成を図 IV-2-1-2 に示す

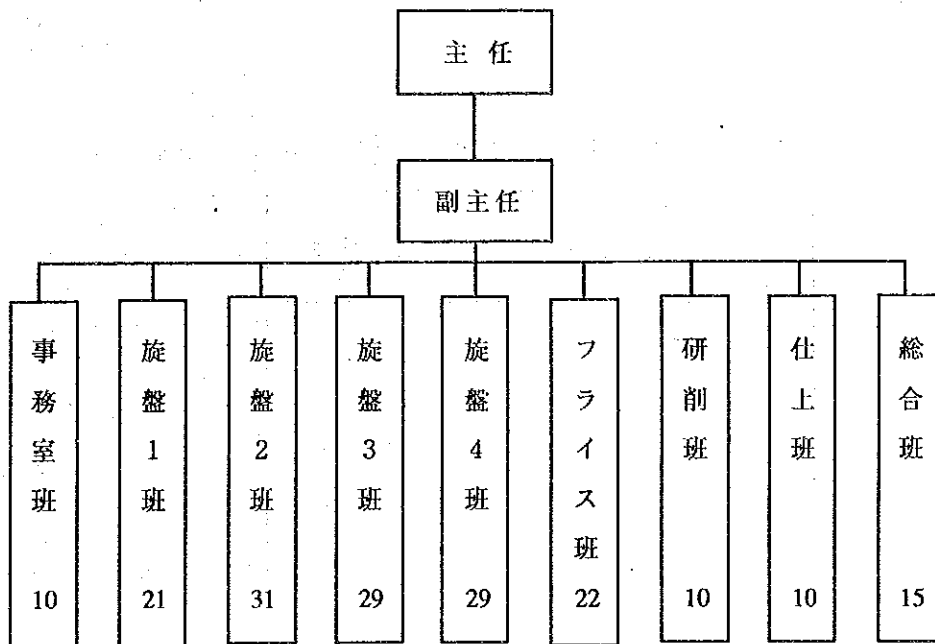


図 IV-2-1-2 本工場・中小部品加工々場組織

上記のように、主任、副主任の下に事務所及び 8 班の製造担当班から構成されている。直接人員167名、間接人員11名で合計178名から構成されている。

(3) 生産量

1989年の年間生産実績を主要機種別にみると、窒素ガス圧縮機及び増圧々縮機90台、往復動空気圧縮機99台、移動式スクリュー圧縮機1台となっている。加えて、各種圧縮機の修理用部品も年間689トン生産している。

総生産能力は1,190,890時間/年を有している。

2-1-2 本工場・大型部品加工々場

(1) 設備

この工場での作業は、往復動圧縮機のフレーム(frame)本体、圧縮シリンダ、動力伝達用プーリ(pulley)の加工等大形部品の加工が行われている。

この工場の製造機械は、門型フライス盤(プラノミラ)、横中ぐり盤、縦旋盤、

縦削盤等の大型機械が配置されている。各機械は、種類別にまとめて置かれており、中小部品工場と同じく群管理による生産方式が採用されている。

表 IV-2-1-2 にこの工場の主要設備を、また図 IV-2-1-3 (a)、(b) に本工場内部の様子を示す。

表 IV-2-1-2 本工場・大型部品加工々場主要設備

設備名称	数量
縦型旋盤	5
横中ぐり盤	5
縦型ボール盤	5
縦型ホーニング盤	3
両面フライス盤	2
縦削盤	2
板切断機	1
ターニングローラー	1
合計	20



図 IV - 2 - 1 - 3 ( a ) 本工場・大型部品加工々場

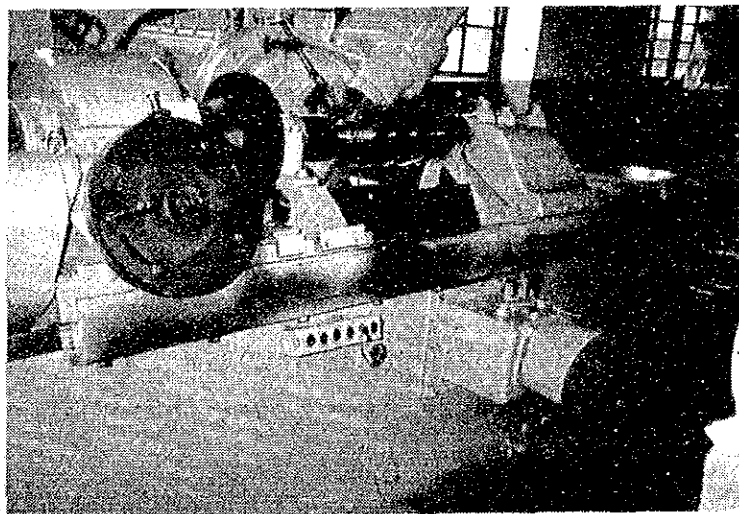


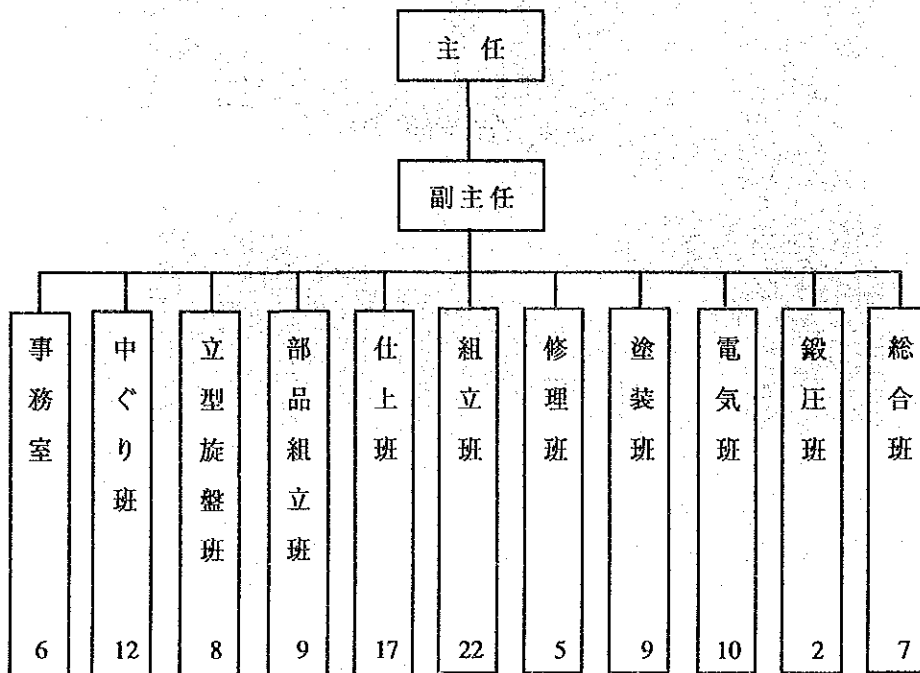
図 IV - 2 - 1 - 3 ( b ) 本工場・大型部品加工々場

上図(a)は循環圧縮機のクロスヘッドガイドの野書作業、また(b)はロータ専用フライス盤で中圧スクリュウ圧縮機のめすロータ歯切加工を行っているところである。



## (2) 組織と人員

大型部品加工々場は、組織上では組立工場課に属し、その組織構成は図IV-2-2-4に示す。



図IV-2-1-4 本工場・大型部品加工々場組織

上記のように、主任、副主任の下に、事務所及び8班の製造担当班からなっている。直接人員101名、間接人員8名の合計109名から構成されている。

### 2-1-3 加工技術

加工技術の調査に当たっては、中圧スクリュウ圧縮機の部品のうち最も高い精度の仕上がりを要求される部品、すなわち、おす、めすロータ及びケーシングの加工に対して、特に詳しく調査を行った。

おす、めすロータは、どちらも特殊なねじれ形状をしており、スクリュウ圧縮機の性能を左右する主要部品であるため、加工精度の要求が厳しい。工程数も多く、加工技術や加工設備によって加工時間が大きく影響される。また、ケーシングも箱型で、加工面がロータ穴の中心線を基準として3面存在する複雑な形状を持っていることに加えて、ロータ穴の軸間距離、及びケーシング面間距離の要求精度が厳しく、ロータと同様、加工時間が大きく左右される部品である。これらの部品要求精度を満たし、効率的に加工していくことがスクリュウ圧縮機の生産をおこなう工場にとって最重点課題であるといえる。

ロータとケーシングの加工の他に、他の台車、エンクロージャーの冷間加工々程についても全般的に分析評価を行い、機械加工々程全体の能力の向上を念頭に置いて進めた。

#### (1) 工程分析

本調査では、現状を正確かつ定量的に把握するために、素材搬入工程から部品加工々程の完了までを、工程順に調査し、「工程分析」の手法を使って、以下の4点について、工程分析を行った。

- \* 加工工程
- \* 段取り、加工時間
- \* 加工経路
- \* ヒストグラムによる工程のバランス

一般に、工程分析を行う目的は、加工部品の流れや工程上の作業内容の条件を把握することである。工程を系統的に把握して、製造技術の改善に役立てることである。また、工程分析は、作業方法の妥当性の評価、作業工程の錯綜度合の調査、治工具の使用状況の把握等々、工程系列の組織的な調査、測定の手段として良く用いられる。

今回は以下の諸点に着目して、調査、分析を行った。

- a) 工程系列の把握
- b) 工程時間の測定
- c) 作業方法と使用治工具
- d) 品物の流れと距離
- e) 運搬方法の種別
- f) 停滞の状態と時間
- g) 運搬物の重量と回数
- h) 検査の方法
- i) 段取りの可否
- j) 改善の着眼点

#### (2) おす、めすロータの加工

移動式中圧スクリュエ圧縮機：LGY 20-40/10.5のおす、めすロータについて調査、分析を行った。

おす、めすそれぞれのロータの基本寸法は以下のとおりである。

[おすロータ]

- \* 全体 : 865 mm (長さ)、66 kg

\* スクリュ部 : 210 mm (直径) x 300 mm (長さ)

\* 4 枚歯

\* 巻角 (歯及び歯溝の軸に対するねじれ角) 300°

[めすロータ]

\* 全体 : 600 mm (長さ)、51 kg

\* スクリュ部 : 192 mm (直径) x 300 mm (長さ)

\* 6 枚歯

\* 巻角 (歯及び歯溝の軸に対するねじれ角) 200°

[ロータ材質]

第 4 5 号中国規格の棒鋼材が使用されている。表 IV-2-1-3 にロータ素材の化学組成と機械強度を、また図 IV-2-1-5, 6 に写真と寸法図をそれぞれ示す。

工作機械は、普通旋盤、歯切専用フライス盤が主として使用される。

表 IV - 2 - 1 - 3 第 4 5 号棒鋼材規格

化学組成

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25

機械強度

降伏点	抗張力	伸び率	絞り率	衝撃値
36kgf/m <sup>2</sup>	61kgf/m <sup>2</sup>	16%	40%	5kgf/cm <sup>2</sup>



図 IV - 2 - 1 - 5 ロータ素材図

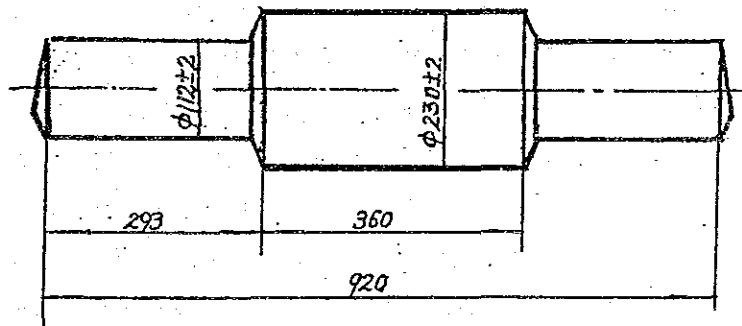
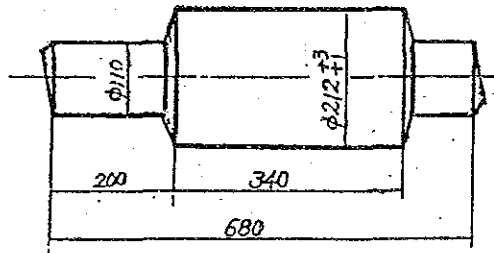
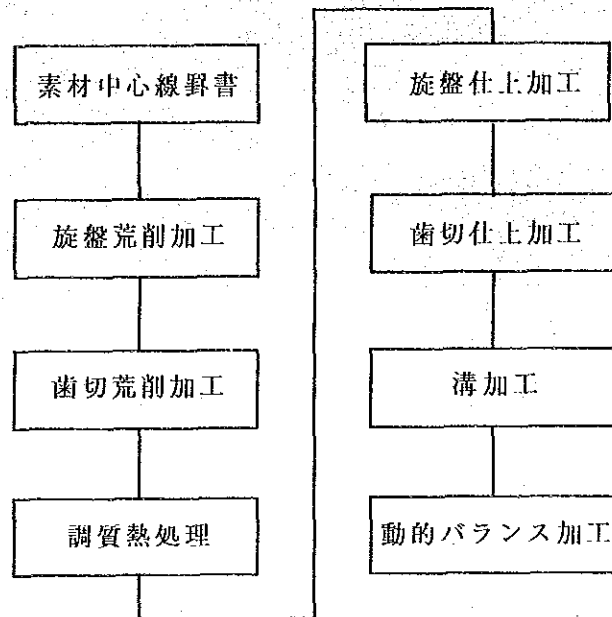


図 IV - 2 - 1 - 6 ロータ素材寸法図

## 1) 加工工程

表 IV-2-1-4(a)におすロータ、(b)にめすロータの加工工程表を示す。素材搬入から、加工完了まで、全加工工程数はおす、めすロータいずれも21にのぼる。加工に関する部分を抜きだして、大きくまとめてみると、以下のフローとなる。



### a) 素材中心線野書

鍛造素材は、まず倉庫より中心部品加工工場の定盤近くに搬入される。ここで、中心部品に白ペイントが塗布された後に、定盤上のブロックに固定、全体の形状の偏りを勘案しながら十文字の中心野書線を入れる。

### b) 旋盤荒削加工

横中ぐり盤(T630)により、左端中心孔 $6\text{ mm}\phi$ の加工が行われる。特別な治具は使用されておらず、Vブロックと勾配ライナーを使って芯出し作業が行われている。続いて、普通旋盤により、外径部荒削りが行われる。この時、径方向の削り代は半径で約 $5\text{ mm}$ 、端面の削り代は片側で約 $25\text{ mm}$ である。切削工具は、超硬合金のロー付バイトが使用されている。その後、超音波探傷で材料内部の欠陥検査が行われる。更に、普通旋盤(C630)により、歯切荒削加工前寸法に切削されるとともに、堅型フライス盤によりキー加工が施される。

### c) 歯切荒削加工

ロータフライス盤により、ロータ歯型部の荒削加工が行われる。この時、仕上げ代は $5\sim 6\text{ mm}$ 残される。切削工具は $90\text{ mm}\phi$ 、2枚刃エンドミルR形

状工具で、その材質はW 18 CCR 4V (JIS - SKH 55 担当)である。カッター主軸回転数50 rpm、送り10 mm/min、切込み5 mm～8 mm、となっている。

d) 熱処理

ロータの残留応力除去のため、加工々場から熱処理工場に運ばれ、焼鈍作業が行われる。焼鈍条件は560℃を3.5時間保持の後、炉内冷却となっている。

e) 旋盤仕上加工

普通旋盤によって、軸部の仕上げ加工を行う。この時、キー溝も同時に加工される。

f) 歯切仕上加工

歯切仕上加工はロータフライス盤で行われるが、まず、前段階として、中仕上ロータ歯切加工が行われる。最終仕上げ代としては0.2mmが残される。切削工具は6枚刃の縦型カッター、ブレード材質W 18 CCR 4V、が使用される。回転数32 rpm、送り5 mm/min、切込み1 mm～1.5 mm、となっている。

仕上加工は、中仕上加工と同じカッターで同じ加工条件で切込み量は0.2～0.3 mmである。この時、ロータ歯型各条の位置割出にはブロックゲージが使用されており、他に特別な治工具類は使用されていない。従って、この作業は、高い精度が要求されているにもかかわらず、作業者の勘と経験に依存している部分が多くなっている。

g) 溝加工

普通旋盤(C 630)により、軸部の仕上げ削り、M 56 ネジ加工等が行われた後、フライス盤で切欠溝及びキー溝等の加工を行う。更に、ピン5 mm $\phi$  H7加工も行われる。

h) 動的バランス加工

検査課の手により、磁粉探傷検査が施工され、動的バランスの調整を行うために外注工場に移送される。これは、湘潭圧縮機工場内で、動的バランスマシンを保有していないためである。

以上の、諸加工プロセスを経た後、検査課によって全品検査が実施される。検査の結果は、ロータ検査記録用紙に記入され、保管される。図 IV-2-1-7に、使用されているロータ検査記録用紙を示す。

全加工々程の所要時間（工時定額の合計）は、段取り時間は60時間、加工時は146時間となっている。

表 IV - 2 - 1 - 4 ( a ) おすロータ加工工程表

(単位：時間)

工 程	機械番号	治具番号	段取時間	加工時間
1 中心線ケガキ	-----	Vブロック	1.30	0.30
2 センター孔加工	T 6 3 0	-----	2.00	1.00
3 ab、外径荒削り	C 6 3 0	-----	8.00	10.00
4 磁粉探傷	検査課	-----	-----	-----
5 両面センター加工	C 6 3 0	-----	1.00	1.30
6 外径部端面加工	C 6 3 0	-----	4.00	10.00
7 キー溝加工	X 6 2 W	8d イトミ	2.00	1.00
8 歯切り荒削り加工	専用ワイヤ盤	90刃板イトミ	20.00	40.00
9 調質熱処理	熱処理工場	-----	-----	-----
10 外径端面加工	C 6 3 0	-----	2.00	4.30
11 abc 部端面加工	M 1 4 5 0	-----	4.00	12.00
12 d 部キー溝加工	X 6 2 W	8d イトミ	2.00	1.00
13 e 部歯切り中削り	専用ワイヤ盤	中仕上げカッタ	2.00	45.00
14 e 部仕上げ加工	専用ワイヤ盤	仕上げカッタ	-----	-----
15 abc 部仕上げ加工	C 6 3 0	-----	8.00	16.00
16 切欠溝加工	X 6 2 W	サイドカッタ	2.30	3.30
17 仕上げ	組立課	-----	1.00	-----
18 磁粉探傷試験	検査課	-----	-----	-----
19 動的バランス	外注工場	-----	-----	-----
20 総合検査	検査課	-----	-----	-----
21 防錆・入庫	-----	-----	-----	-----
計	-----	-----	60.00	146.00
合 計	-----	-----	206時間00分	

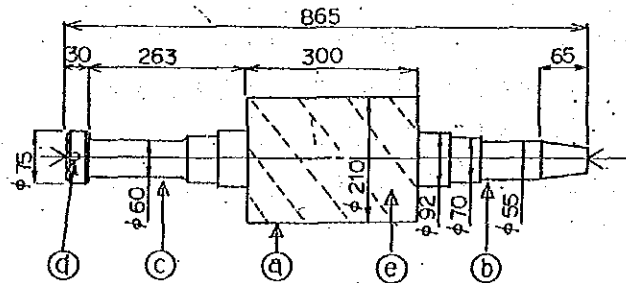


表 IV - 2 - 1 - 4 (b) めすロータ加工々程表

(単位：時間)

工 程		機械番号	治具番号	段取時間	加工時間
1	中心線ケガキ	-----	Vブロック	1.00	0.30
2	センター孔加工	T 6 3 0	-----	2.00	1.00
3	ab、外径荒削り	C 6 3 0	-----	8.00	8.00
4	磁粉探傷	検査課	-----	-----	-----
5	両面センター加工	C 6 3 0	-----	1.00	1.20
6	外径部端面加工	C 6 3 0	-----	4.00	3.00
7	キー溝加工	X 6 2 W	8dエンドミル	2.00	1.00
8	歯切り荒削り加工	専用フライ盤	90刃板エンドミル	20.00	40.00
9	調質熱処理	熱処理工場	-----	-----	-----
10	外径端面加工	C 6 3 0	-----	4.00	8.00
11	abc部端面加工	M 1 4 5 0	-----	4.00	8.00
12	d部キー溝加工	X 6 2 W	8dエンドミル	4.00	4.00
13	e部歯切り中削り	専用フライ盤	中仕上カッタ	20.00	45.00
14	e部仕上げ加工	専用フライ盤	仕上げカッタ	20.00	60.00
15	abc部仕上げ加工	C 6 3 0	-----	8.00	12.00
16	切欠溝加工	X 6 2 W	サイドカッタ	6.00	8.00
17	仕上げ	組立課	-----	1.00	1.00
18	磁粉探傷試験	検査課	-----	-----	-----
19	動的バランス	外注工場	-----	-----	-----
20	総合検査	検査課	-----	-----	-----
21	防錆・入庫	-----	-----	-----	-----
計		-----	-----	105.00	200.50
合 計		-----	-----	305時間 50分	



三 附转子检查记录

零件名称	附转子	零件图号	8310-1-14	零件编号或日期															
序号	检查项目	规定量	检查结果	备注															
1	动平衡：转子重量平衡重量直径	12.57mm/kg																	
2	转子外圆对轴线的同轴度	$\textcircled{\text{O}} \phi 0.015 \text{ C-D}$																	
3	与泵盖配合的轴颈的圆柱度	$\text{A} \sqrt{0.005}$																	
4	排气管对轴线的垂直度	$\perp 0.004 \text{ C-D}$																	
5	转子外径公差	$\phi 210 h_6^{+0.021}$																	
6	与轴颈配合的直径公差	$\phi 70 S_5 (\pm 0.015)$																	
		$\phi 60 j_6 (\pm 0.015)$																	
7	转子长度公差	$320 j_5 (\pm 0.025)$																	
8	与轴颈配合的轴颈圆度	$\nabla 0.4$																	
其他说明		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">项目</th> <th>合格</th> <th>不合格</th> <th>备注</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>数量</td> <td>合格</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>合格</td> <td>合格</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			项目		合格	不合格	备注	数量	合格				合格	合格			
项目		合格	不合格	备注															
数量	合格																		
合格	合格																		

图IV-2-1-7 转子检查记录用纸

## 2) 移動経路

移動経路図とは、工作機械配置図上に、加工対象物が加工されて行く順序にしたがって記入されるものである。従って、移動経路図を見れば加工対象物の移動の具合や錯綜の度合を一目で理解することができ、移動回数、移動距離の算出も容易で、具体的に工程系列を把握できる。図 IV-2-1-8 は、おす、めすロータ加工の移動経路図を示す。

図 IV-2-1-8 に基づいて、各工程間の移動距離を一覧表にしたのが、表 IV-2-1-5 である。

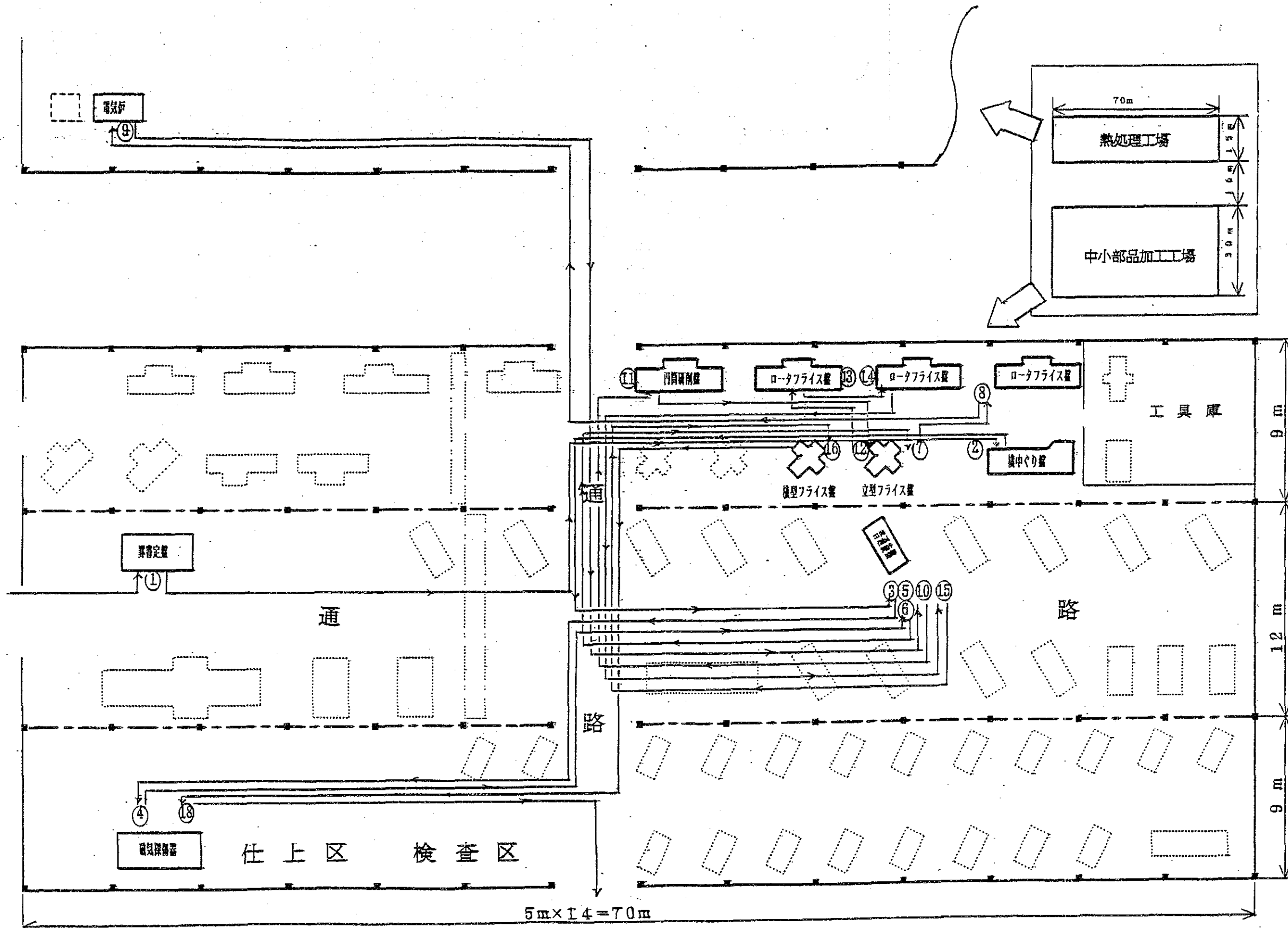
表 IV-2-1-5 工程間移動距離

工程間	距離(m)	回数	合計移動距離(m)
罫書 ~ T 6 8	45.5	1	45.5
T 6 8 ~ C 6 3 0	38.0	1	38.0
C 6 3 0 ~ 磁粉探傷	37.5	2	70.0
C 6 3 0 ~ X 6 2 W	35.0	2	70.0
X 6 2 W ~ ロータフライ盤	7.0	2	14.0
ロータフライ盤 ~ 電気炉	50.0	1	50.0
電気炉 ~ C 6 3 0	60.0	1	60.0
ロータフライ盤 ~ C 6 3 0	38.0	1	38.0
X 6 2 W ~ 磁粉探傷	60.0	1	60.0
合計		12	445.5

(一箇当り平均移動距離：37.0 m)

表 IV-2-1-4、及び表 IV-2-1-1 から分かることは、工程数に比べ、移動回数が少ないことである。これは、中小型部品加工々場内で使用される各機械がお互いに隣接している結果である。

また一方、一回当りの平均移動距離は約 37 m と、かなり長い値となっているが、これは普通旋盤が、ロータフライス盤及び研削盤とは別棟にあることが大きく影響している。



図・IV-2-1-9 おすロータ、めすロータ 移動経路図



3) 工程バランス

多種少量、少種大量を問わず、作業をスムーズに行うための重要な条件は、どの様にして各機械毎の負荷（仕事量）を均一化できるかということである。負荷の均一化によって工程間に発生する半成品の滞留、手待ち時間等の無駄を減少させ、工程全体の効率を高めることが出来る。これは一般に、ラインバランス(line balance)と呼ばれている。図 IV-2-1-9、10 にラインバランスを見るための各工程累計時間のヒストグラム(histogram)を示す。

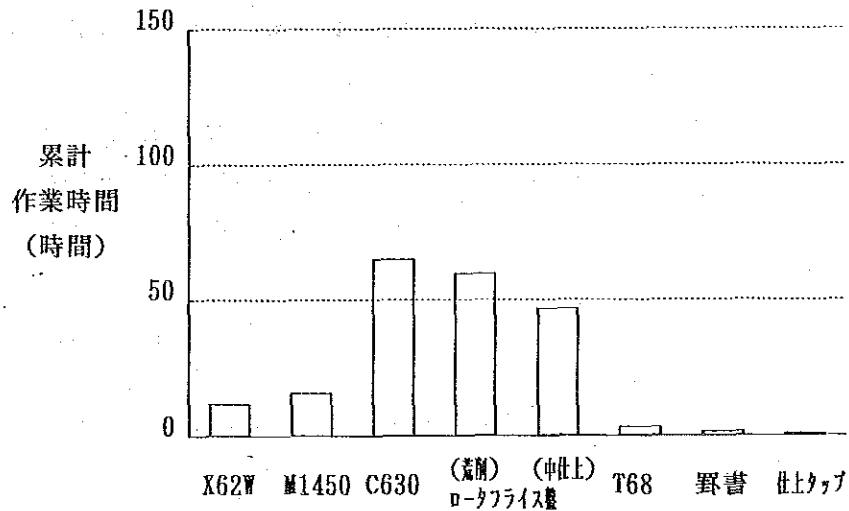


図 IV-2-1-9 おすロータ加工々程ヒストグラム

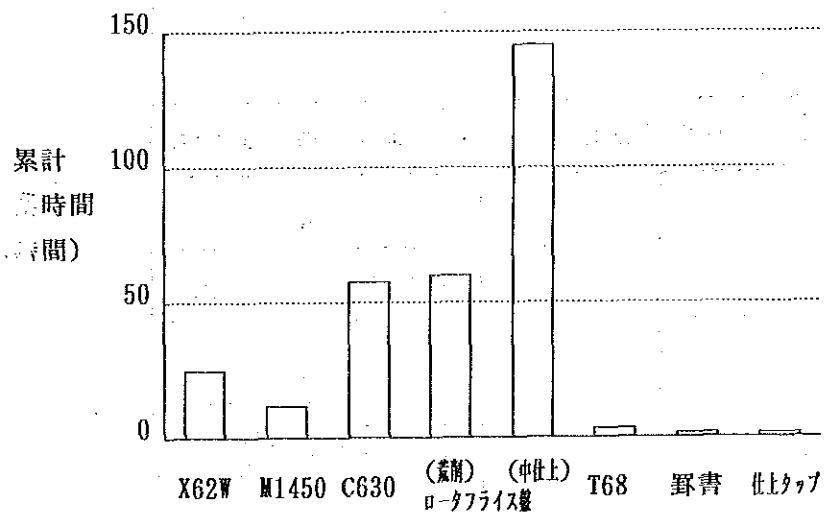


図 IV-2-1-10 めすロータ加工々程ヒストグラム

これらの図からも明らかなように、各作業工程の機械加工時間の中で、ロータ歯切機械(C 630)の負荷が異常に高い。これは2台のロータフライス盤で、スクリュロータ歯切加工の荒削、中仕上、仕上加工の全てを行っているためであるが、このことは逆に、もし歯切工程を3台のロータフライス盤で行えば、加工の流れを大きく改善することが可能であることを示している。

(3) ケーシングの加工

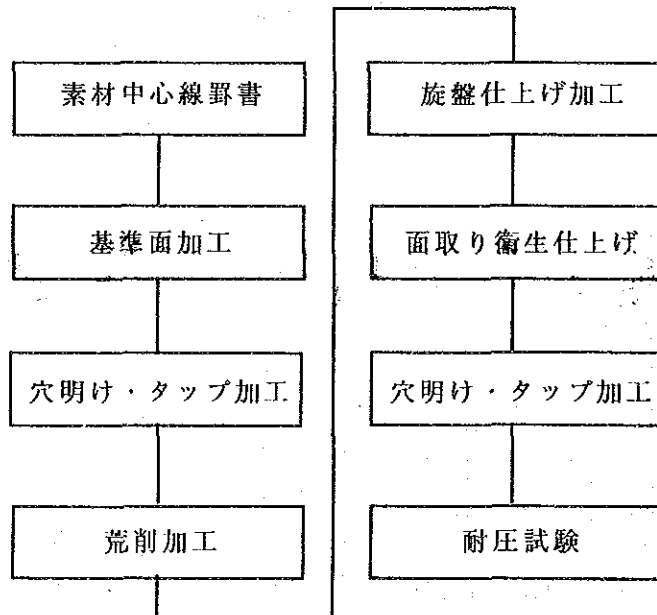
ケーシング加工調査は、加工々程の途中にあった移動式中圧スクリュ圧縮機LGY 20-14/10.5のケーシングに対して調査を行った。

このケーシングの形状は、図に示すように楕円形の箱型である。機械加工を施す対象面は、おすロータ及びめすロータ穴、吸入側端面、ベアリング穴、及び吐出口の基準面が主なものである。

使用される工作機械は、横中ぐり盤(TX 611)、堅型旋盤(C 516)、ラジアルボール盤(Z 3080)等、大型機械が中心である。従って、段取り回数、加工時間を多く要し、精度管理及び工程管理でボトルネック (bottle neck) になり易い工程である。

1) 加工々程

表 IV-2-1-6(a)にケーシング I、(b)にケーシング IIの加工々程表を示す。素材搬入から加工完了までの、全加工々程数はケーシング Iが12、ケーシング IIが10にのぼる。加工に関する部分を抜きだして、大きくまとめてみると、以下のフローとなる。



a) 素材罫書

[ケーシング I、II]

鋳造素材(FC25)は、工場に搬入された後、中心部及び端面に白ペイントを塗布される。更に、罫書定盤上の豆ジャッキで3箇所を支持され、固定される。その後、吐出口を基準として、おすロータ、めすロータ各穴の削り代、及び端面の偏りを勘案しながら、中心面と端面の罫書線が入られる。

b) 基準面加工

[ケーシング I]

横中ぐり盤(TX 611)により、穴及び端面加工のための取り付け基準面加工が行われる。この時、取り付け治具は使用されず、機械テーブル上に平ジャッキを置き、罫書線を基準として取り付けられる。切削代は5~6mmである。

[ケーシング II]

縦形旋盤(C516A)で両端面の仕上げ加工が行われる。

c) 穴明け・タップ加工

[ケーシング I]

ラジアルボール盤(Z 3080)により、M 10 ネジ8箇所のドリル加工及びタップ加工が行われる。加工治具は、83101-1/Z4が使用される。

[ケーシング II]

ラジアルボール盤(Z3080)により、ドリル加工及びタップ加工が行われる。加工治具は、83101-1/Z2が使用される。

d) 荒削加工

[ケーシング I]

横中ぐり盤(TX 611)により、端面切削、おすロータ穴 $210\text{ mm}\phi$ 、めすロータ穴 $192\text{ mm}\phi$ の荒削加工が行われる。ケーシングは反転され、吐出側端面の加工が行われる。その後、ベアリング穴の荒削加工が施される。

[ケーシング II]

横中ぐり盤(TX 611)により、ベアリング穴の荒削加工が行われる。

その後、ケーシング I と II は締め付けボルトで一体にされ、次の工程へ送られる。

e) 旋盤仕上げ加工

[ケーシング I、II]

縦形旋盤(C 516)により、ロータ穴 $210\text{ mm}\phi$ 、及びベアリング穴 $150\text{ mm}\phi$ の加工が行われる。この時、穴の同心度(同心度精度の要求値は $0.04\text{ mm}$ )を

保つため、ケーシング I と II は一体に組まれた状態のまま加工される。

f) 面取り衛生仕上げ

[ケーシング I、II]

一体化の状態では加工面のバリ取り、及び鑄肌面の砂等の異物が取り除かれる。

g) 穴明け・タップ加工

ラジアルボール盤(Z 3080)により150 mm $\phi$ 穴を基準として、16 - M10、噴油穴20 mm $\phi$ 、及び給油穴4 mm $\phi$ 、9箇所のドリル加工が行われる。

h) 耐圧試験

[ケーシング I、II]

耐圧試験は、圧力1.8 Mpaで行われる。

なお、横中ぐり盤による端面加工には、切削工具として超硬合金のロー付けバイトが使用されていた。この時の切削条件は、フライス回転数70 rpm、送り速度15 mm / min、切込み量2 ~ 3 mmである。この場合の切削速度は約21 mm / minで、送りは一刃当り0.2 mmとなる。

ここで使用される取り付け治具は、台板方式のものである。即ち、ケーシングが台板上に載せられ、下側から締め付けられ、その台板が機械テーブルに固定される。この方法は量産向きの取り付け治具とは言えない。

全工程の所要時間は、ケーシング I の段取り時間が47時間、加工時間が99時間55分。ケーシング II の段取り時間は25時間30分、加工時間が56時間となっている。



表 IV-2-1-6 (a) ケーシングI 加工々程表

(単位：時間)

工 程	機械番号	治具番号	段取時間	加工時間
1 中心線端面ケガキ	定盤	-----	2.00	3.00
2 取付け基準面切削	T X 6 1 1 8	-----	8.00	0.30
3 6-M10ドリルタップ	Z 3 0 8 0	-----	0.10	0.25
4 a 面, b 内面荒削り	T X 6 1 1 8	-----	10.00	20.00
5 c 面, d-BRG孔荒削り	T X 6 1 1 8	-----	6.00	20.00
6 b, d 内径仕上加工	C 5 1 6 A	-----	12.00	32.00
7 ピン孔加工	Z 3 0 8 0	-----	-----	1.00
8 面取り衛生仕上げ	組立課	-----	4.30	10.00
9 M10 20d 油孔	Z 3 0 8 0	-----	4.30	12.00
10 耐圧試験 1.8 Mpa	組立課	-----	1.00	1.00
11 寸法検査	寸法検査	-----	-----	-----
12 防錆・在庫	-----	-----	-----	-----
計	-----	-----	47.00	99.55
合 計	-----	-----	147時間 35分	

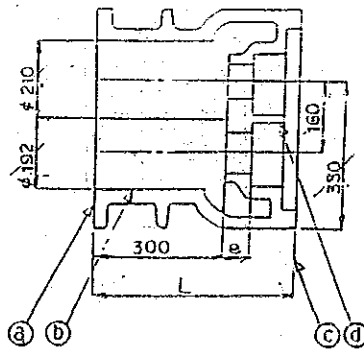
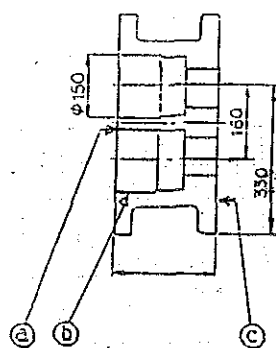


表 IV-2-1-6 (b) ケーシングII 加工工程表

(単位：時間)

工 程	機械番号	治具番号	段取時間	加工時間
1 中心線端面ケガキ	定盤	-----	3.00	3.00
2 a c 端面切削	C 5 1 6 A	-----	6.00	4.30
3 b 内径荒削り	T X 6 1 1 8	-----	2.00	5.00
4 c 面 14.5d トリ孔 明	Z 3 0 8 0	孔明け治具	2.00	4.00
5 b-150d 孔 仕 上 げ 加 工	C 5 1 6 A	-----	-----	13.00
6 面取り衛生仕上げ	組立課	-----	4.00	10.00
7 仕上げタツプ	組立課	-----	0.30	0.30
8 耐圧試験1.8Mpa	組立課	-----	8.00	16.00
9 寸法検査	検査課	-----	-----	-----
10 防錆・入庫	-----	-----	-----	-----
計	-----	-----	25.30	56.00
合 計	-----	-----	81時間 30分	



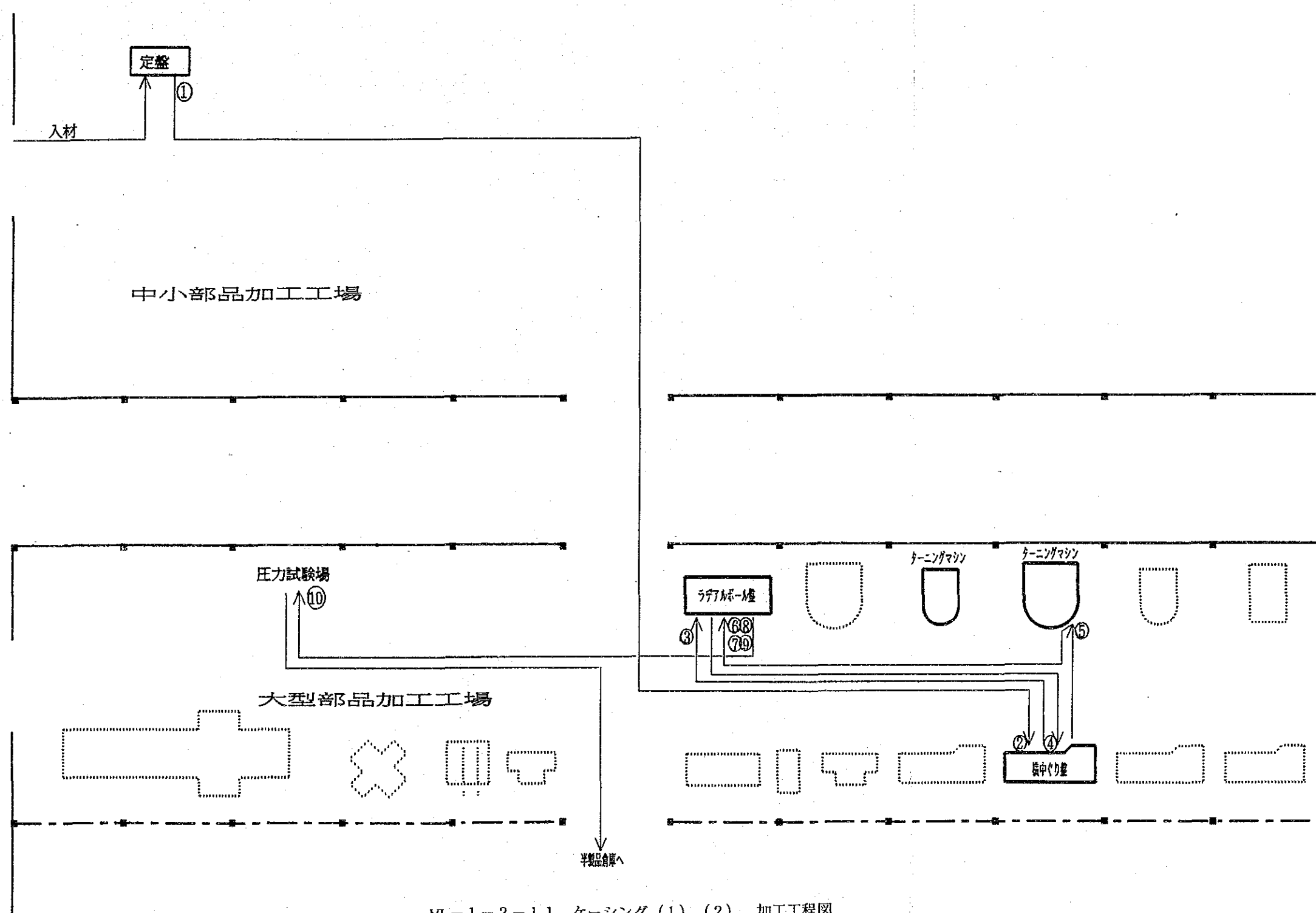
2) 移動経路

ケーシング I の加工移動経路図を図 IV-2-1-11 に示す。また、この図に基づいて、各工程間の移動距離を一覧表にしたのが、表 IV-2-1-7 である。

表 IV-2-1-7 工程間移動距離

工 程 間	距 離(m)	回 数	合計移動距離(m)
罫 書 ~ TX611	70.0	1	70.0
X3080 ~ TX611	8.0	2	16.0
TX611 ~ C516	5.0	1	5.0
C516 ~ X3080	16.0	1	16.0
X3080 ~ 耐 圧	23.0	1	23.0
合 計		6	130.0

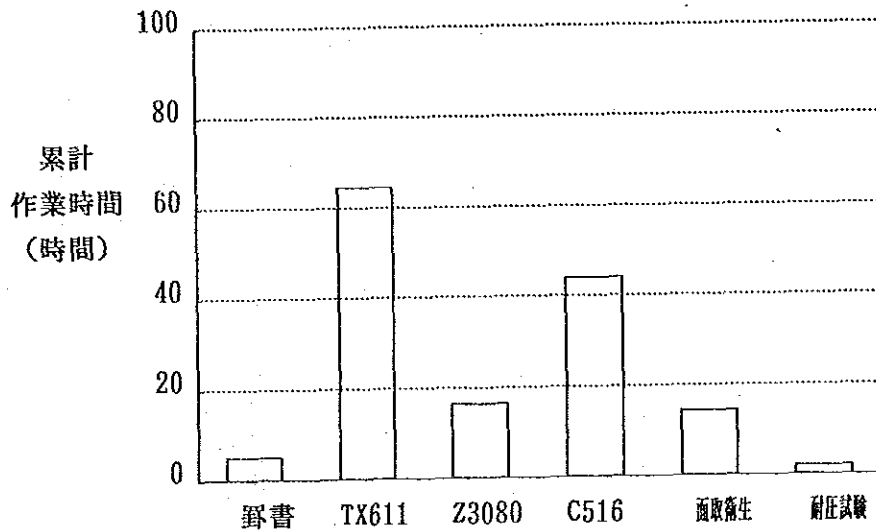
(一回当たり平均移動距離：21.7 m)



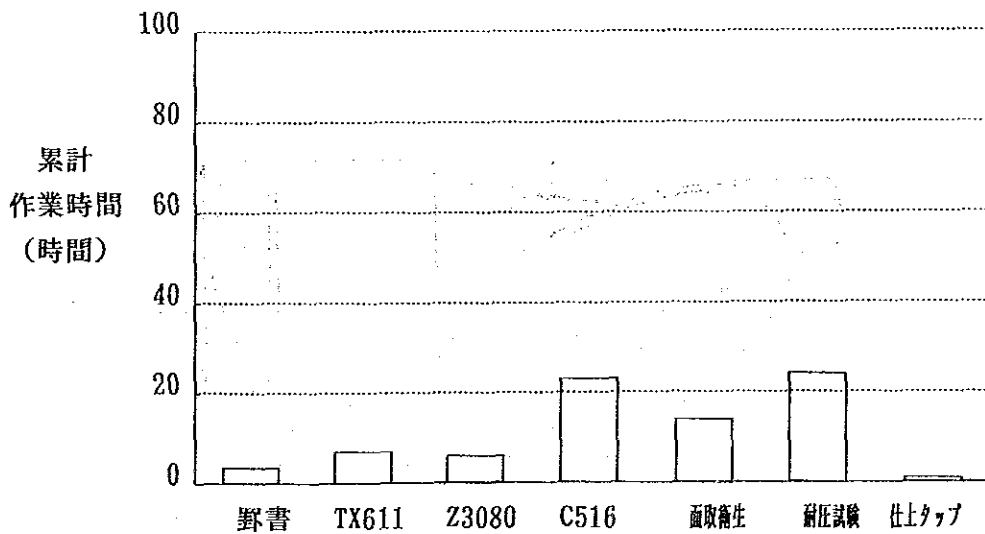


3) 工程バランス

図IV-2-1-12、13に、それぞれケーシングIとIIの加工のラインバランスを見るための各工程累計時間のヒストグラムを示す。



図IV-2-1-12 ケーシングI 加工工程ヒストグラム



図IV-2-1-13 ケーシングII 加工工程ヒストグラム

(4) 歯型カッター研削加工

工具研削工程の担当は工具課であり、研削及び形状検査を実施している。

1) ロータ歯切工具

図 IV-2-1-14 ~ 17 におす、めすロータの歯切工具を図示する。

\* 工具調達先 湘潭圧縮機工場自社製

\* 工具材質 WC18CCR4V

\* 形状 湘潭圧縮機工場指定プロファイル形状

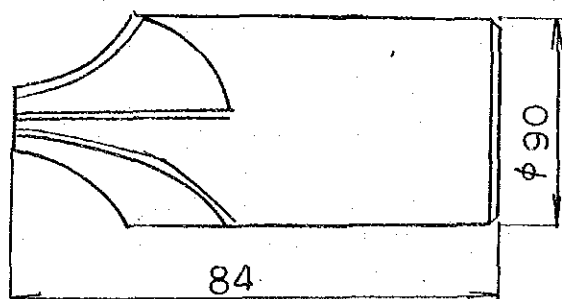


図 IV-2-1-14 おすロータ荒削用 3 枚刃カッタ

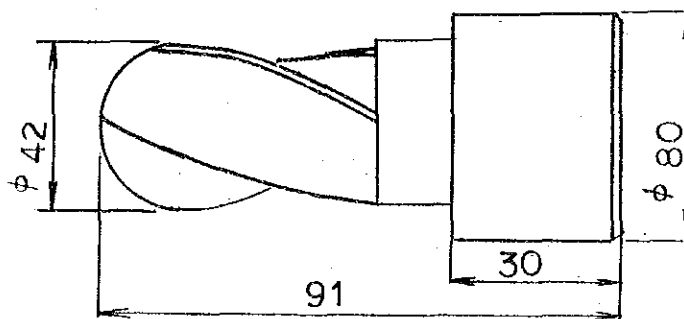


図 IV-2-1-15 めすロータ荒削用 6 枚刃カッタ

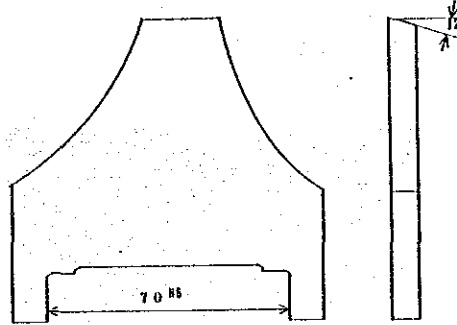


図 IV-2-1-16 おすロータ中削、仕上削用ブレード

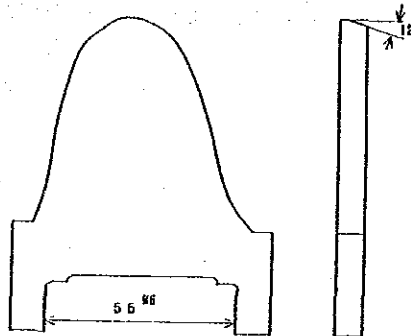


図 IV-2-1-17 めすロータ中削、仕上削用ブレード

## 2) フライスカッタ研削機械

現在、湘潭圧縮機工場で使用されている研削機は、1972年製の自社設計、自社製作によるものである。

図 IV-2-1-18 に、この研削機の写真を示す。機械は砥石軸と、倣いスタイラスが同一のベースに乗った構造になっている。また、カッター取付台と倣いテンプレートが同一ベース上で一体化されており、スタイラスを歯型テンプレートが倣う形式になっている。



- \* 工具成形研削機 湘潭圧縮機工場自社製
- \* 研削方法 倣い研削方法
- \* 二番逃げ取り 手砥ぎ
- \* 倣い研削 手動倣い方式
- \* 検査 総形板ゲージ

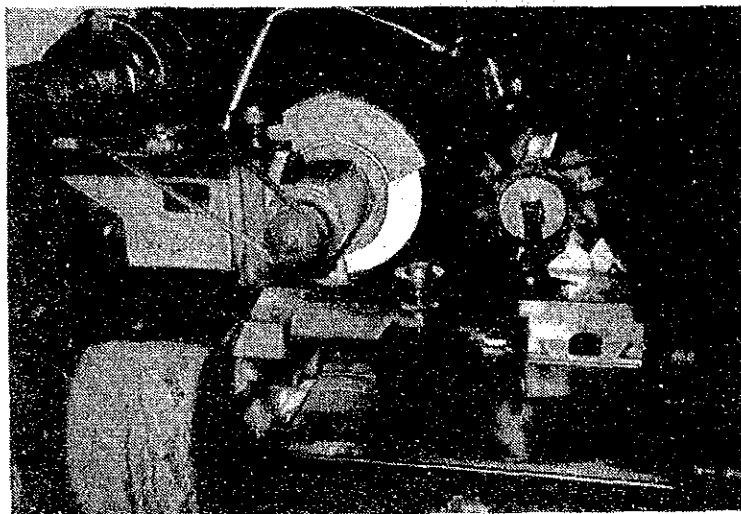


図 IV - 2 - 1 - 18 歯型カッター研削機

また、図 IV - 2 - 1 - 19 にカッタープロファイルの形状検査に用いられる、板ゲージを示す。



図 IV - 2 - 1 - 19 カッタープロファイル形状検査用板ゲージ

### 3) 研削加工及び検査方法

研削機の構造は、テンプレートがスタイラスを倣う方式である。倣い側に Cutter ボディがあることで、この部分の重量が大きく、また大きなテンプレートが小さな軸（8 mm $\phi$ ）を手動で倣う方式であるために、スムーズな倣いが困難で、加工精度の上でも問題があるように思われる。特に、仕上加工カッタのプレート刃数6枚を均一な研削精度で研削作業を行うのは、砥石の摩耗を考えても大変困難であろうと予想される。

また、歯型プロファイル形状の検査は総形板ゲージにより行われている。この方法では、計測の基準位置を定めることができず、このために局部形状はチェックできても全体の形状を正確にチェックすることができない。

#### 2-1-4 問題点

本工場・機械加工々場での、問題点は以下のとおりに集約することができる。

1. 機械工場に搬入された鋳物素材に鋳バリが多くみられる。一例を図 IV-2-1-20 に示す。例えば、上形と下形の合わせ面、中子を使用した穴の縁部といった箇所が多い。また、これらの鋳バリの除去作業が、機械工場内で、タガネによって行われている。

完成品、半成品の別を問わず、品物が工場を出て次の行程に移るとき、その品物はその時点で完成された姿にする。即ち、鋳物素材が鋳物工場を出るときには、鋳バリは除去されていなければならない。そのためには、鋳バリ除去、砂落とし作業も鋳物工場の工程に入れ、機械工場内の工程の簡素化を図る。

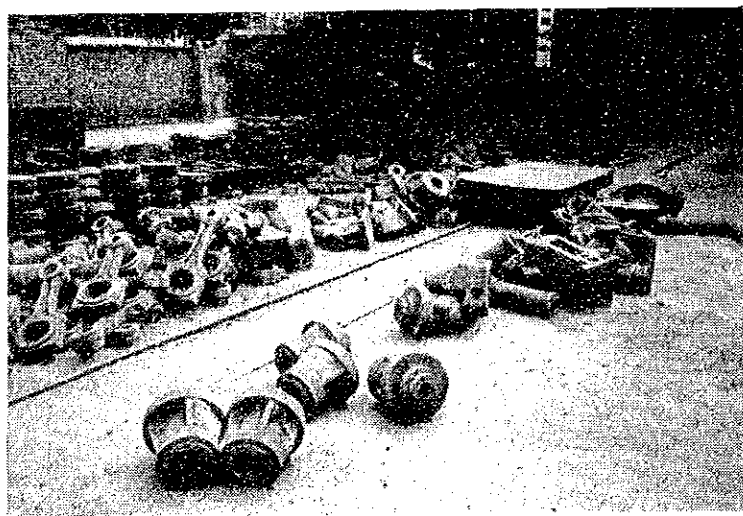


図 IV-2-1-20 鋳物素材

2. 鋳物素材に対して、錆止め塗装が施されていない。鋳物工程の中に塗装工程を入れることにより、錆を防止して品質を向上させることに加えて、錆バリや砂落とし作業を確実に施工させるための手段にもなる。
3. 切削工具のバイト、フライスカッタはスローアウェイ方式に順次交換して行くことが望ましい。現在は、超硬ロー付ブレードが使用されている。これらの切削工具は、再研磨によって繰り返し使用されるタイプであり、その都度取り替え、段取り作業が発生しており、それに要する時間は無視できない。チップ（刃）だけを交換すればよいタイプの、スローアウェイ方式の採用によって段取り時間を大きく削減する事が可能となる。
4. 現在の歯形プロファイル検査方法は時間がかかり、また正確さも欠いている。これは、ロータ歯切後の、歯形プロファイル検査時に、被検査対象であるロータの支持が、軸受け部で行われており、計測のためのロータの回転を重くしているからである。従って、支持方法を改善する必要がある。
5. 歯切荒削用カッタの切削性が悪い。これは、カッタの刃数が少ないために、切削速度が低いことによる。多刃カッタの採用を検討すべきである。
6. 加工途中あるいは加工完了した品物が、直接工場の床面上に置かれているのが数多く見受けられる。錆、傷等が発生する要因となるし、また次工程への移動、運搬時にその都度積み替え作業が発生する。運搬具（パレット台）を整備して、活用（運搬及び一時仮置き用として）を図る必要がある。
7. M10以下のネジタップ加工は、組立課で手作業により行われている。これは、機械（ボール盤）によるタップ加工は折損事故が多いためであると思われる。しかし、簡単な機械の改良と治具の採用で、この問題は解決可能であり、機械加工を行うよう検討をする必要がある。
8. ボール盤でのドリル加工で、ドリルの交換時の取り外し作業は、その都度ウェッジとハンマによって行われている。図IV-2-1-21、22に示す簡易なドリルの着脱装置（商品名：ドリルタップ）によって、作業は大幅に簡略化される。

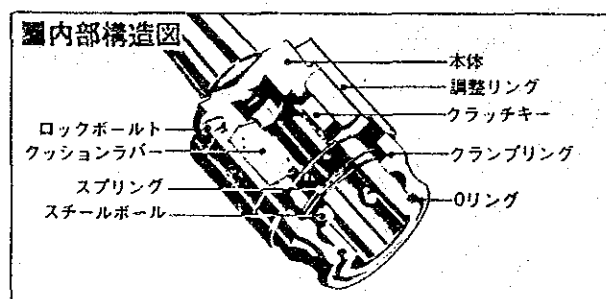


図 IV - 2 - 1 - 2 1 ドリルタップ構造断面図

# ドリルタッパ

## ドリルタッパードリルタッピングシステム

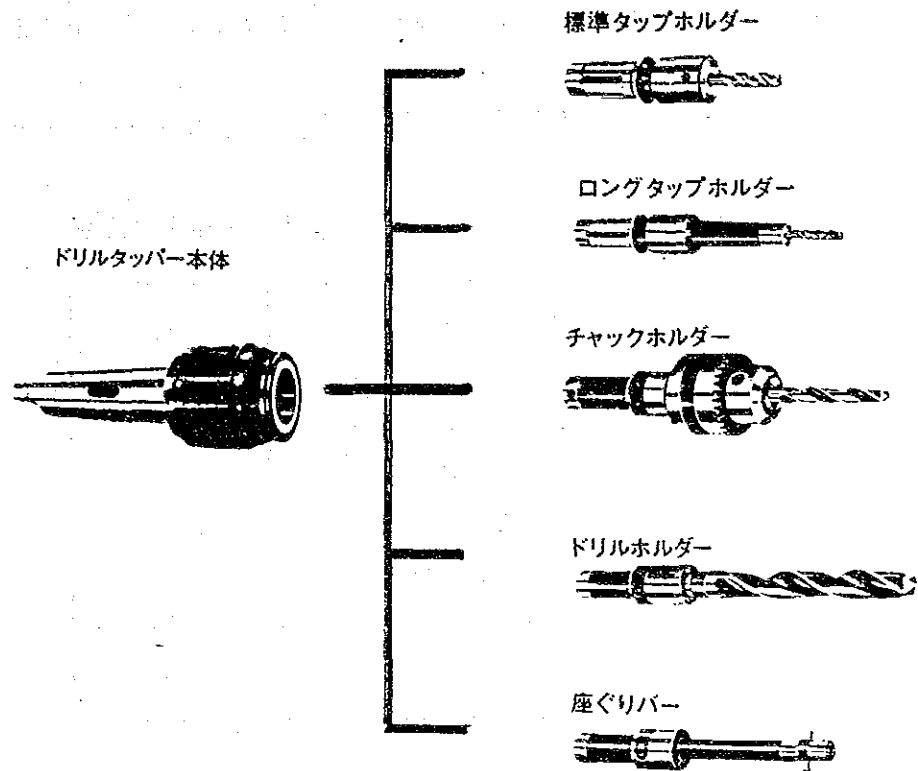


図 IV - 2 - 1 - 2 2 ドリルタッパ組合せ使用例  
出典：メーカーカタログ

9. ロータ軸部の歯切工程での切削性が悪い。歯形部の形状加工々程で、現状の軸寸法（55～60 mm $\phi$ ）では、ロータの剛性に比して歯切加工の切削抵抗が大きすぎて、ロータの振動や曲がりが発生し、切削性を悪くしている。歯切加工に支障のない限り、軸部を太くしてロータの剛性を高めることを検討する必要がある。  
また、外径部のサポートブレードは吸入、吐出側ベアリング挿入部の70 mm $\phi$ の部分2箇所のみである。これらは歯切外径部に対して行った方が効果的である。
10. 横中ぐり盤で、ケーシングの加工を行うとき、治具の装備が十分でない。台板上（取り付け治具）にケーシングを載せ8本の締め付けボルトで固定した後、台板ごとテーブルに取り付ける方式である。台板（取り付け治具）はテーブル上にセットしたまま、ケーシングだけを簡単に着脱できる方式に改善する必要がある。

## 2-2 本工場・組立場

### 2-2-1 組立工場

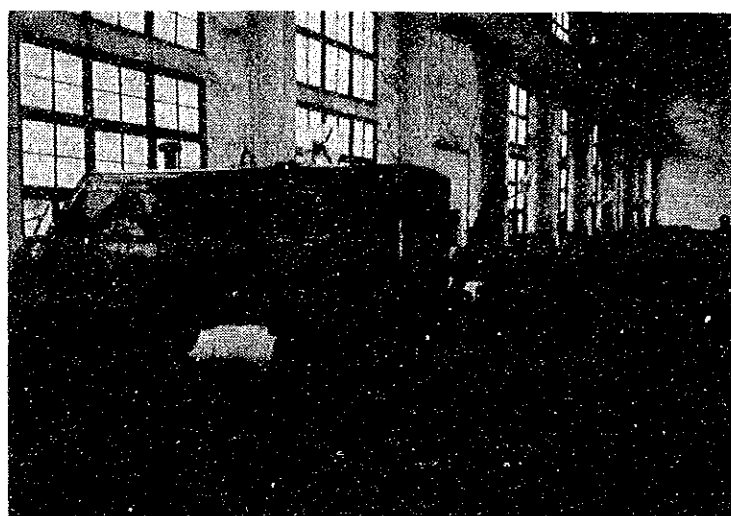
#### (1) 設備

組立工場は、往復動圧縮機のピストンシリンダ組立場、総組立場、試運転場、塗装場、及び完成品置場によって構成されるスクリュウ圧縮機の本体組立、運転、塗装の各工程もこの工場で行われる。

表IV-2-2-1にこの工場の主要設備を、また図IV-2-2-1に本工場内部の様子を示す。

表IV-2-2-1 本工場・組立工場主要設備

設備名称	数量
オイルポンプ試運転装置	2
移動式小型圧縮機	1
ロータ検査台	1
往復動圧縮機運転装置	1
合計	5



図IV-2-2-1 本工場・組立工場

(2) 組織と人員

この工場の組織と人員構成を図 IV-2-2-2 に示す

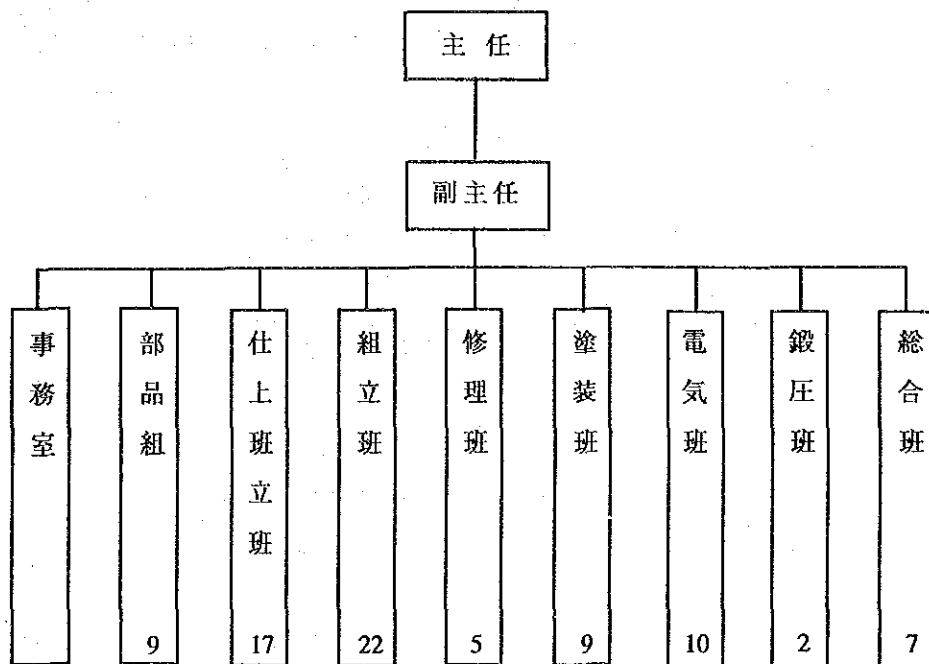


図 IV-2-2-2 本工場・組立工場組織

上記のように、主任、副主任の下に事務室及び8班の製造担当班からなっている。直接人員は合計81名在籍する。

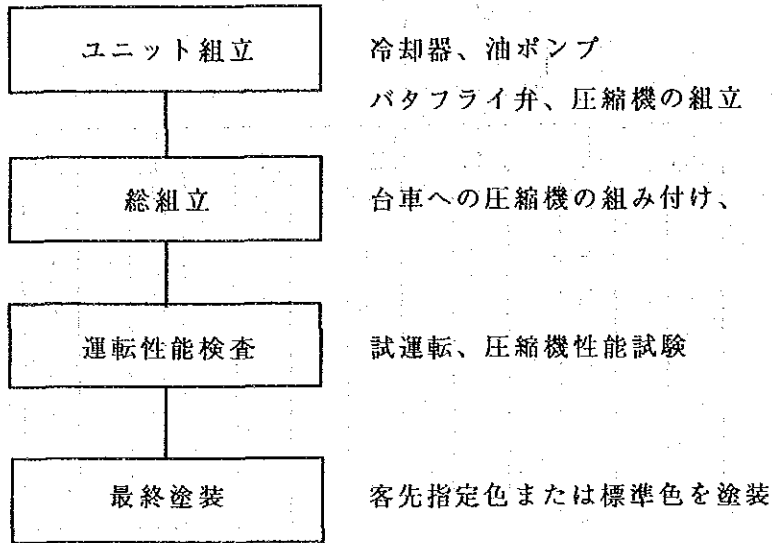
(3) 生産量

組立工場の生産能力は、55,692時間/年であり、現在は、往復動圧縮機を主体に生産を行っている。移動式中圧スクリュウ圧縮機の組立期間は約30日である。

## 2-2-2 組立技術

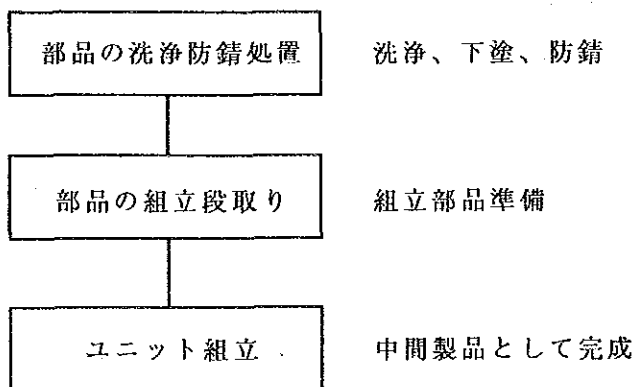
### (1) 組立工程

月間作業計画に基づいて、組立系統図を参照しながら作業は行われる。作業工程表を表 IV-2-2-2 に示す。この図を更に、以下に示すとおり、大きく4工程に区分けすることができる。



#### a) ユニット組立

部品、半成品の段階から、製品になっていく過程で、各部品、半成品は、主として機能単位毎に、ユニットと呼ばれる中間的製品に組み立てられる。ユニット組立のフローは以下のとおりである。



b) 総組立

ユニット、半成品、部品をそれぞれ組み付けて最終製品を完成させる。総組立のフローは以下のとおりである。

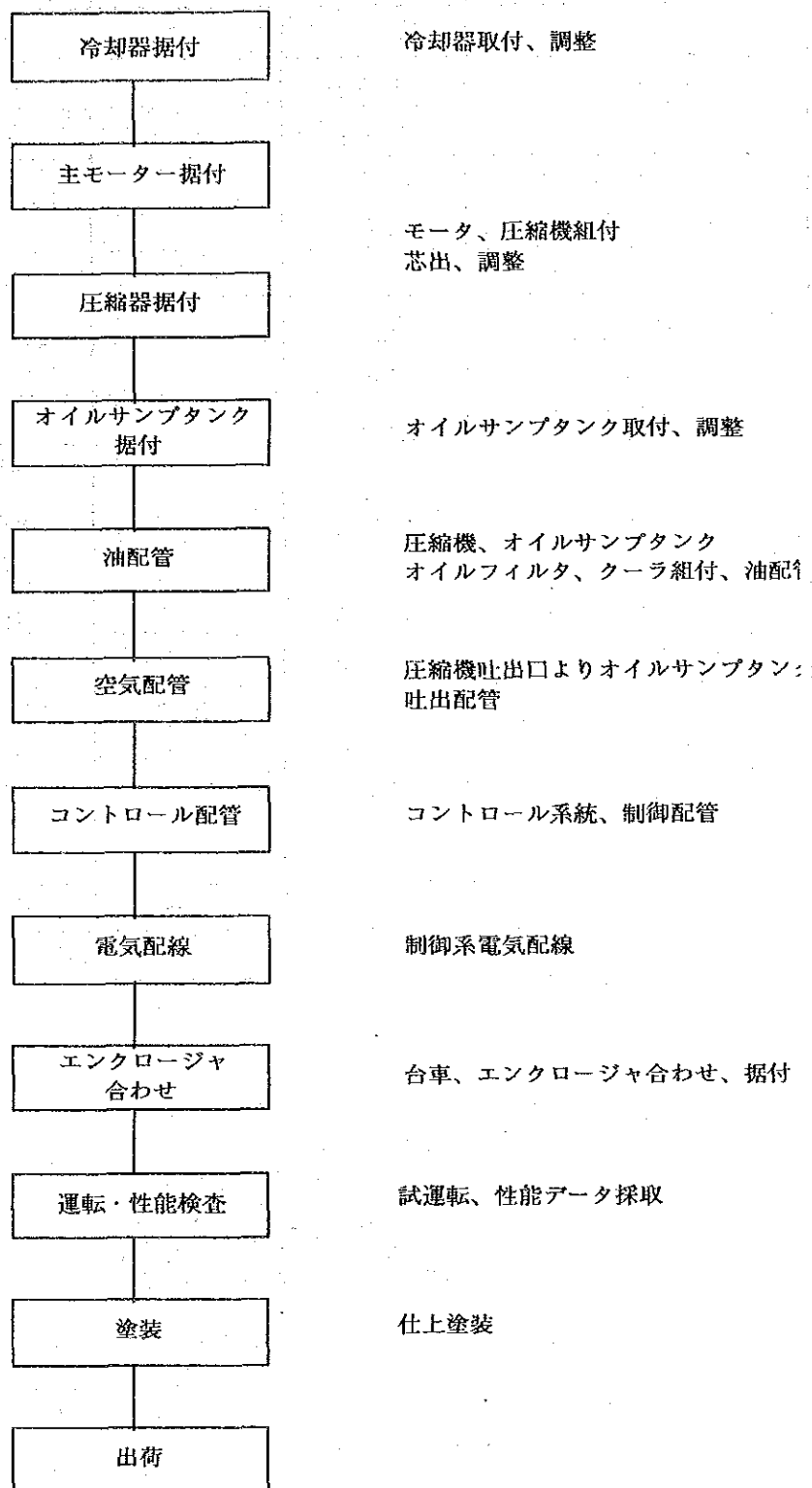
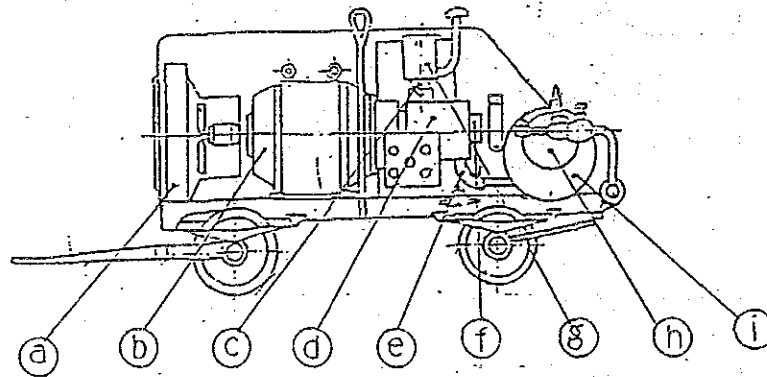




表 IV-2-2-2 スクリュー圧縮機組立工程表

(単位：時間)

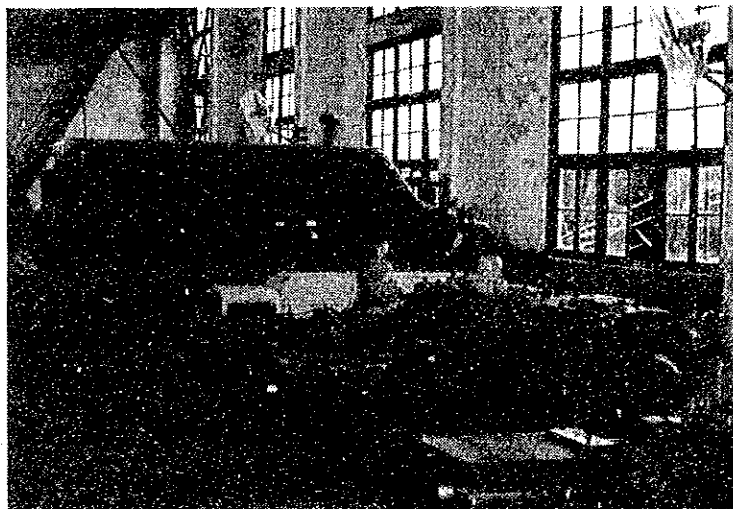
工 程	機械番号	段取時間	組立時間
1 部品受取	組立工場	---	50.00
2 冷却器組立	組立課	---	82.00
3 油ポンプ組立	組立課	---	22.30
4 電動機連結組立	組立課	---	18.40
5 逆止弁組立	組立課	---	9.25
6 バタフライ弁組立	組立課	---	22.30
7 圧縮機組立	組立課	---	76.00
8 油分離器取付け	組立課	---	9.45
9 空気配管の組立溶接	組立課	---	52.30
10 吸入制御装置取付け	組立課	---	62.40
11 油配管取付け	組立課	---	82.30
12 空気フィルタ計器盤	組立課	---	8.00
13 電気制御系取付け	組立課	---	56.00
14 試運転	組立課	---	48.00
15 塗装	組立課	16.00	160.00
16 銘板取付け	組立課	---	17.00
17 外観検査	検査課	---	---
18 出荷手配		---	---
計	---	16.00	775.50
合 計	---		793時間50分



中圧スクリュウ圧縮機の、ユニット組立の状況（圧縮機本体）を図IV-2-2-3に、  
総組立の様子を図IV-2-2-4に、それぞれ示す。



図IV-2-2-3 圧縮機本体ユニット組立



図IV-2-2-4 圧縮機総組立

## (2) 技術的特徴

一般的に、組立工程は技術及び管理、両側面で機械加工々程とは異なる特徴を有しており、そのことを念頭に置いた上で、問題点の発見や、改善策の立案を行っていかねばならない。組立工程の特徴は以下のとおりに要約することができる。

- a) 全工程の最終に位置し、工場各部門の生産活動が集約されて、製品化される場所である。従って、組立作業の管理の改善、工場は重要な課題である。
- b) 作業は主として、手作業によって行われており、機械化、自動化が遅れがちになる。従って、経験とか、勘に頼った作業が行われる。
- c) 最終工程であるということは、前工程からの工程の遅れや部品精度の手直し等が集中し、納期的に困難な状況に置かれ易い。
- d) 前工程での品質上の諸問題が蓄積されて、最終的に不具合となって顕在化しやすい。従って、原因究明の困難なトラブルも多い。

### 2-2-3 本工場・組立工場の問題点

今回調査の対象とした、スクリュ圧縮機の本工場・組立工場は、現在生産量も非常に少なく、現状ではスクリュ圧縮機専用工場としての製造ラインの機能は全く整っていないというべきである。従って、問題点も基本的なものにとどめた。専用工場のあるべき姿としては以後の近代化計画の中で述べることにする。

- 1) ケーシングとロータ間のクリアランス調整作業時、ケーシングⅠとⅡの分解組立を2~3回繰り返す、その都度パッキング調整が行われている。作業順序を変えることにより、1度の調整だけで済ますことが可能である。
- 2) 圧縮機本体のユニット組立は、ほぼ床と同じレベルで行われている。(図IV-2-2-5)このような状況では、異物混入の危険が非常に高いばかりか、作業者の姿勢も中腰で非能率であるし健康にも良くない。品質、能率、安全衛生全ての面から、腰の高さの作業台が必要である。
- 3) 専用工具、特殊工具がほとんど使用されていない。特に空気工具と電動工具は見かけることができなかった。また、スパナ、トルクレンチ等の一般工具類も保有数が十分と言えず、今後の増産に対応して増やしていく必要がある。
- 4) 現在、ユニット組立と総組立は同一場所で行われているが、これは専用ラインを構築するときは当然分けられなければならない。

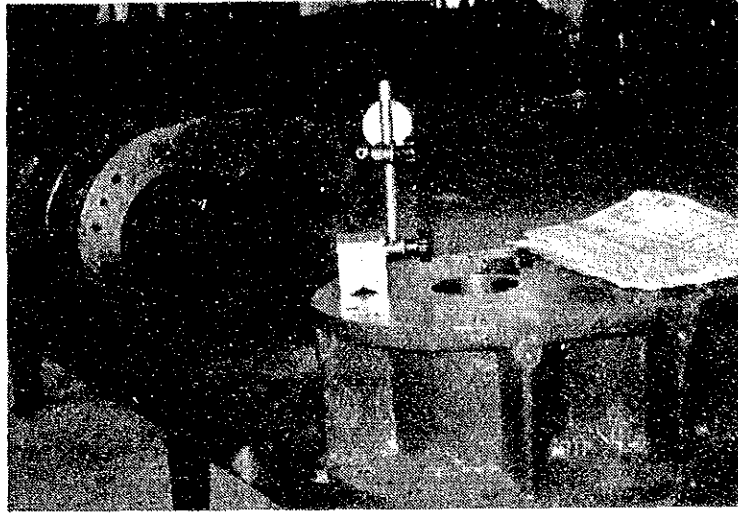


図 IV-2-2-5 圧縮機本体ユニット組

## 2-3 本工場・補助工場

### (1) 設備

補助工場は工具工場、及び機械修理工場からなっている。

工具工場では、湘潭圧縮機工場内で使用する工作機械の切削用バイトの製作、及び各種の治具、工具等の製作及び管理を行っている。

機械修理工場では、工場内設備の定期解放点検、大修理、新規設備の据え付けなどを主な作業としている。なお、工具工場と機械修理工場は、お互いの設備を共用している。

補助工場の主要設備の一覧を表 IV-2-3-1 に示す。また内部の様子を図 IV-2-3-1 に示す。

表 IV-2-3-1 本工場・補助工場主要設備

設備名称	数量
普通旋盤	7
回転フライス盤	1
治具中ぐり盤	1
横中ぐり盤	1
精密円筒研削盤	2
円筒研削盤	1
内面研削盤	1
万能工具研削盤	1
精密平面研削盤	1
歯切盤	2
横型フライス盤	3
ラム研削盤	1
縦型フライス盤	1
合計	23



図 IV - 2 - 3 - 1 本工場・補助工場

(2) 組織と人員

補助工場の組織と人員構成を、図 IV-2-3-2 に示す。

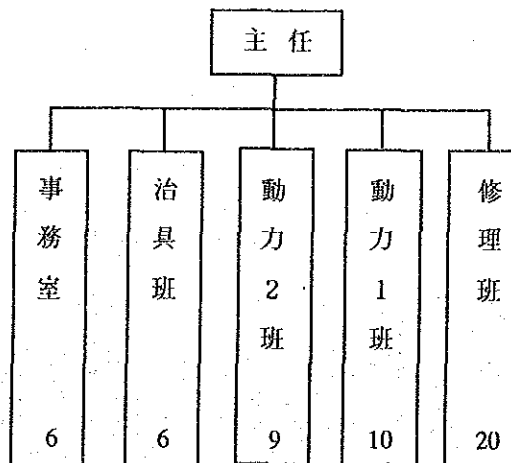


図 IV - 2 - 3 - 2 本工場・補助工場組織

この工場は、主任のもと、事務室と4班の作業グループから成り立つ。直接員45名、間接員7名の、合計52名により運営されている。

## 2-4 第1分工場

### 2-4-1 第1分工場・鑄造工場

#### (1) 設備

この工場では、湘潭圧縮機各工場で使用される鑄造素材を製造している。製造される鑄造素材の材質は、ダクタイル鑄鉄がほとんどである。他に、アルミや銅合金の製品も製造するが、量は少ない。

表 IV-2-4-1 に、主要設備の一覧を、また図 IV-2-4-1 には工場内の様子を示す。表中の鑄砂回収装置は最新式の設備で1990年前半に稼働を開始したばかりである。

表 IV-2-4-1 第1分工場・鑄造工場主要設備

設備名称	数量
キューボラ(3t)	2
振動砂落機	3
双輪破碎機	1
鑄砂回収装置	1
砂混練機	5
焼鈍炉	1
合計	13



図 IV-2-4-1 第1分工場・鑄造工場

(2) 組織と人員

図 IV-2-4-2 に、組織と人員構成を示す。

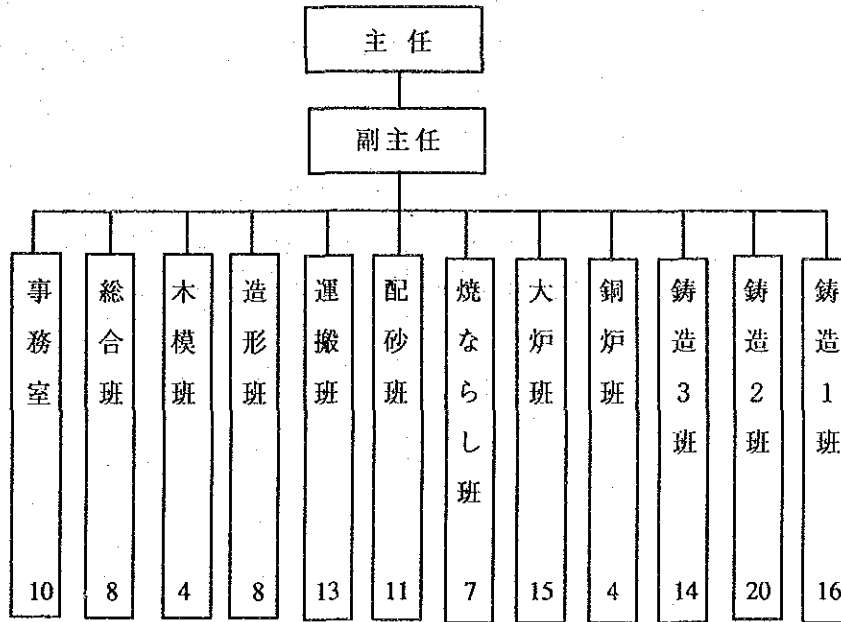


図 IV-2-4-2 第1分工場・铸造工場組織

(3) 生産量

加工能力は2,000トン／年、最大铸造サイズは1830 x 640 x 810 mm、最大铸造重量は3トンである。



2-4-2 第1分工場・鑄鉄管工場

(1) 設備

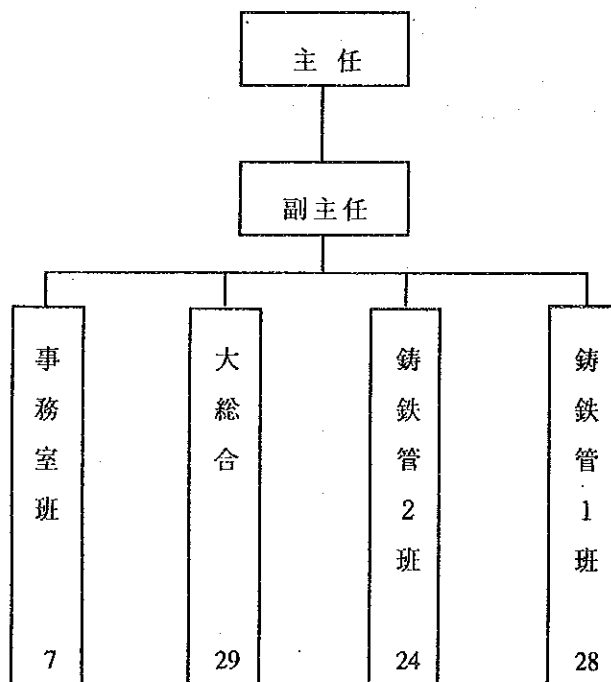
この工場は、水道用鑄鉄管の専門工場である。製造している鑄鉄管のサイズは、口径75～300mm $\phi$ 、長さは4,000mmである。現在、10,000トン/年生産している。製造方式は、グラヴィティ・キャストイング法（置き注ぎ法）が採用されている。表IV-2-4-2に主要設備を示す。

表IV-2-4-2 第1分工場・鑄鉄管工場主要設備

設備名称	数量
キューボラ(3t)	2
鑄鉄管製造設備	1
合計	3

(2) 組織と人員

図IV-2-4-3に、第1分工場・鑄鉄管工場の組織と人員構成を示す。

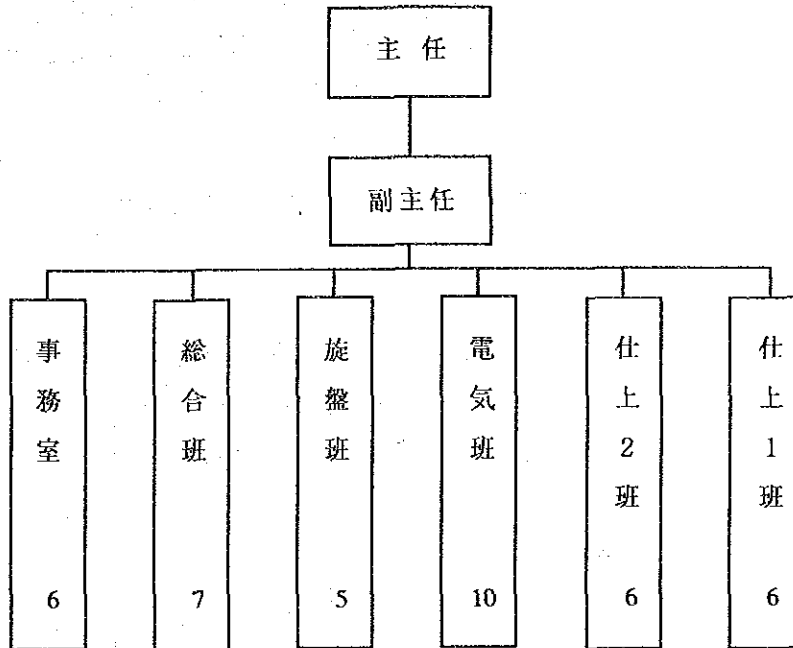


図IV-2-4-3 第1分工場・鑄鉄管工場組織

### 2-4-3 修理工場

第1分工場・修理工場は、第一分工場全体の設備、機械の維持・補修を受け持っている。

図IV-2-4-4に、組織と人員構成を示す。



図IV-2-4-4 第1分工場・修理工場組織

## 2-5 第2分工場

### 2-5-1 第2分工場・機械加工々場

第2分工場は、第2、第3、及び第4の3つの機械工場からなる。この工場のおもな製品には、小型圧縮機、空気式鍋打ち出し製造装置、電線製造装置があり、これらの製品の部品加工から、組立完成まで、一貫生産を行っている。しかし現在、スクリュウ圧縮機の生産には関与していない。

#### (1) 設備

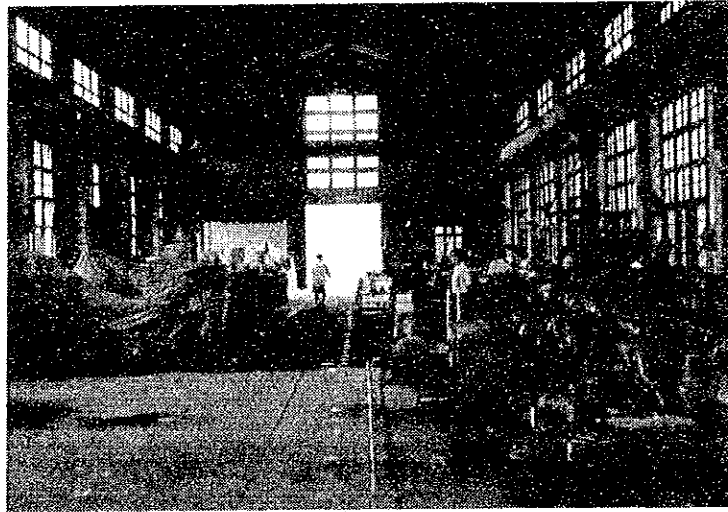
表IV-2-5-1に、第2分工場全体の主要な設備の一覧を示す。また、図IV-2-5-1に、工場内の様子を示す。

表IV-2-5-1 第2分工場主要設備

設備名称	数量
普通旋盤	21
ラジアルボール盤	5
縦型中ぐり盤	3
横型中ぐり盤	2
クラシク軸研削盤	1
歯車加工機械	11
スプライン加工機	1
フライス盤	4
平削盤	2
型づくり盤	5
立削盤	2
引抜盤	1
引鋸盤	1
卓上ボール盤	2
合 計	61



第 2 機械工場



第 4 機械工場

図 IV - 2 - 5 - 1 第 2 分工場

(2) 組織と人員

図 IV-2-5-2~4 に、それぞれの工場の組織を示す。

1) 第2機械工場

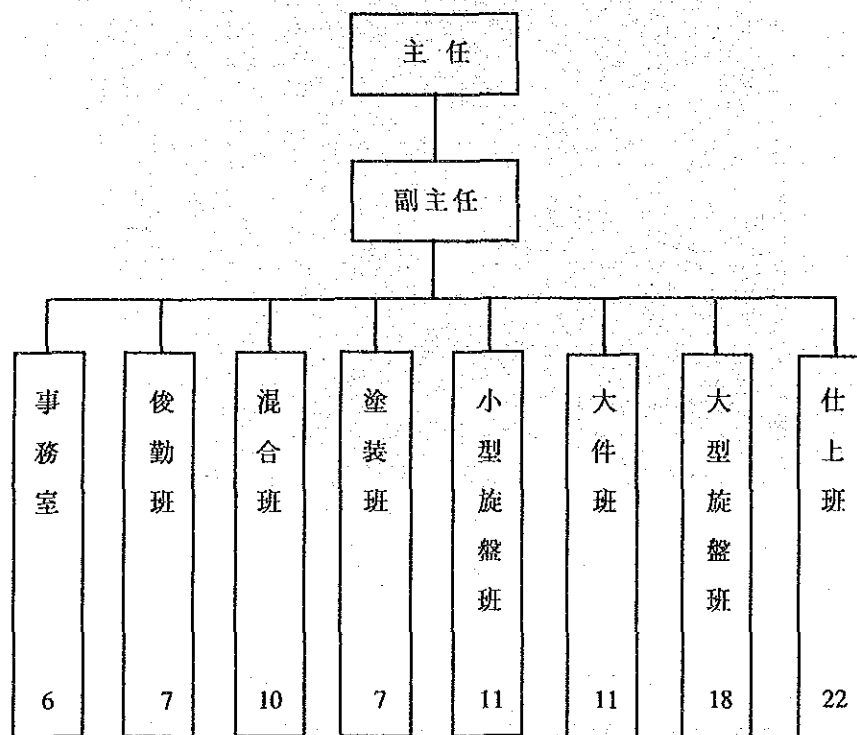


図 IV-2-5-2 第2分工場・第2機械工場組織

2) 第3機械工場

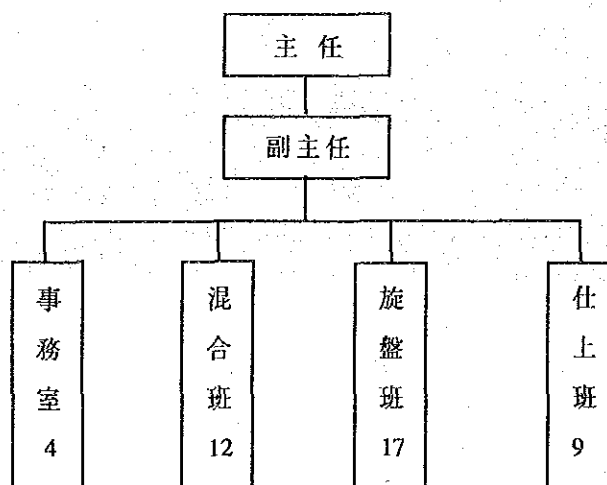


図 IV-2-5-3 第2分工場・第3機械工場組織

### 3) 第4機械工場

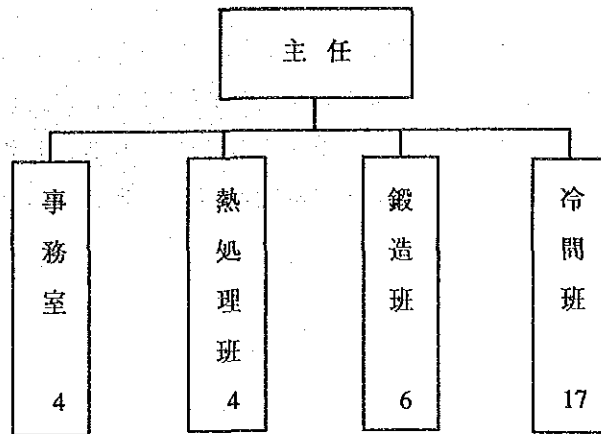


図 IV - 2 - 5 - 4 第2分工場・第4機械工場組織

#### 2-5-2 第2分工場の問題点

第2分工場の問題点は以下のとおりに集約することが出来る。

- (1) 旋盤作業に超硬ロー付バイトが使用されている。本工場の場合と同様、スローアウェイ(throw away)方式のバイトを採用し、バイト刃の取り替え、再研削等にもなって発生する作業の削減を図るべきである。
- (2) 工程間の運搬作業の中に付加価値の少ない無駄な作業がある。即ち、加工済みの製品(半成品)が工場の床に直接積み上げられており、それを運搬員2人が運搬用手押し車に積み替えている。これらの作業は運搬用パレットを考案することにより改善することが出来る。
- (3) 工場内に多くの滞留部品がみられる。これは、群管理による生産方式が採用されているために、機械配置がその種類毎にまとめて配置されているということに起因しているものと思われる。製品別の作業フローにしたがった、機械の再配置の検討が必要である。
- (4) 工場内のいたるところに、遊休機械及び遊休スペースがめだつ。それだけ加工部品の移動距離が長くなっているわけである。また、工場の設備の有効活用の観点から見直しを行う必要がある。

## 2-6 検査計測

湘潭圧縮機工場では、品質管理の重点を検査計測に置いている。この中心になるのが検査課と計量室である。共に製造部から独立した本部機構に属し、技師長により統括されている。検査課は、主として材料検査、購入品受入れ検査、製造工程検査、完成検査と運転試験を担当し、計量室は検査計測にしようする計測器の管理、計量基準器の管理と計測工具類の検定を担当している。

### 2-6-1 検査課

#### (1) 設備

検査課の所有する主な検査・計量機器は以下のとおりである。

- \* 実長測定器
- \* 比較測定器
- \* 材料試験機
- \* 組成顕微鏡
- \* 超音波磁力探傷器
- \* 化学分析器

光学測定器（投影器、三次元測定器）がなく、スクリュ圧縮機ロータ歯形プロファイル精度、ロータリード、割り出しピッチ精度等の計測が出来ない。ケーシングの加工精度計測についても、ロータ軸間寸法、ロータ穴とベアリング穴同心度といった値が計測、照合できない状況にある。

#### (2) 組織

検査課は本社内と各分工場にそれぞれ存在する。湘潭圧縮機工場全体の陣容は、課長3名と技術者9名を含めて合計47名に達する。検査の種類は、材料検査、外注品検査、購入品受け入れ検査、工程検査、組立検査、運転試験検査に分けられる。

本工場・検査課は課長1名と課員26名により運営されており、その構成は以下のとおりである。

- |         |    |
|---------|----|
| * 検査    | 7名 |
| * 化学分析  | 2名 |
| * 物理分析  | 1名 |
| * 機械検査  | 1名 |
| * 非破壊検査 | 1名 |
| * 組成検査  | 1名 |

- \* 外注・受入検査 2名
- \* 機械加工検査 9名
- \* 組立検査 2名

## 2-6-2 検査体制

### (1) 検査種類

湘潭圧縮機工場内で行われる検査は、以下の3種類に分類することが出来る。製品及び半成品毎に、それぞれのレベルでの検査が行われ、最終的には検査基準にしたがって検査員が行う検査に合格しなければならない。

- a. 作業員自らが行う「自主検査」
- b. 作業員グループ同士が相互に検査し合う「相互検査」
- c. 検査員による「専門検査」

作業員による自主検査では、その結果を記録しておくチェックカードが用意されている。

### (2) 特採申請

検査で不合格とされた製品或いは半成品は、その程度により再使用されるか廃却されるかが判断される。再使用されると判断された物は、不具合を発生させた課により申請書が発行され、設計課、技術課、及び検査課の合意を取り付けた後に、補修または追加々工が施される。特に重要な部品については、技師長の認定を必要とする。

### (3) 入庫検査

全ての加工、組立工程が完了した製品（或いは半成品）は、製品倉庫（或いは半成品倉庫）に搬入される時点で、担当検査員による専門検査が行われる。

専門検査の結果を記入する台帳には、検査日、図番、形式、製品（半成品）名称、検査個数、合格個数、返却個数、廃却個数、特採数量が記入され保存される。

### (4) 外注品、購入品の受入検査

外注工場が湘潭圧縮機工場に、製品或いは部品を納入する場合、納入品の品質保証票と検査合格書類をも同時に提出しなければならない。これらの書類は検査課がチェックし、保管する。新規に取引を開始した外注工場からの納品に対しては、検査課は、提出書類の内容に拘らず、100%自社検査員の手で検査をする。それにより、その外注工場の品質水準を把握すると共に、データを資材課と生産課に提出する。

既に長期に渡って取引が行われている外注工場からの納品に対しては、検査課は抜き取り検査を行う。（抜き取り検査率は30%）抜き取り検査の合格率が98%を超えたとき、そのロットを合格と認めている。図IV-2-6-1に検査工程を示す。





図 IV - 2 - 6 - 1 検査工程

### 2 - 6 - 3 計量室

製品の工作精度要求が高くなり、その検査に使用される計測器の精度管理は重要度が増している。湘潭圧縮機工場では計測器を充実させ、1987年に中国の計量検定技術に関する基準2級の資格を取得した。1990年には計量職場管理の2級資格の取得に挑戦している。現在保有している精密測定器は、デジタル式万能工具顕微鏡、光学式分度器、光学傾斜計、両眼顕微鏡、1m測長器等で、スクリュウ圧縮機のロータの加工精度を計測するのに必要な3次元用の計測器が不足している。

計量室の室員は11名である。

### 3 製造設備の現状と問題点

#### 3-1 機械加工々程

##### 3-1-1 工作機械に関する現状

###### (1) 工作機械の種類

湘潭圧縮機工場の工作機械は、6つの工場に分かれて設置されている。本工場の大型機械加工々場、中小型部品加工々場、第2分工場の第2機械工場、第3機械工場、及び2つの補助工場である。これらの工場で保有している工作機械の種類、使用能力、台数などは既に第III編の「工場概要」の図IV-3-1-1に示した。

往復動圧縮機の多品種少量生産形態の工場としては、必要な工作機械の種類や台数は十分と考えられるが、中圧スクリュ圧縮機の主要加工部品であるロータの加工機械等は切削力、構造部品の剛性等の問題を持っており、改良か新替えの必要がある。主軸頭、テーブル、芯押台等の剛性を高めると切削性が改良されると思われる。

###### (2) 工作機械のレイアウト

中圧移動式スクリュ圧縮機の部品加工は、本工場中小型部品加工々場、大型部品加工々場の両機械工場が主体である。調査時には、専用フライス盤によるロータ歯切加工、横中ぐり盤によるケーシングの4行程と端面加工が行われていた。次頁に、図IV-3-1-1「中小型部品加工々場の工作機械配置図（図IV-3-1-1）及び図IV-3-1-2「大型部品加工々場の機械配置図」（図IV-3-1-2）を再掲示する。

これらの図では、工作機械の機種、型式番号をそれぞれの機械に記入している。この設備番号は、英字が機種を、その後に続く数字が型式を表している。機種の表示は下記のとおりである。

C：普通旋盤	B：平削盤
Z：ボール盤	X：フライス盤
M：研削盤	Y：歯切盤
T：横中ぐり盤	

図IV-3-1-3に湘潭圧縮機工場によって作成された設備明細表の一部を示す。表には配置図に記入されているのと同じ設備番号、設備名称、設備の固有番号、主要な技術規格（仕様、能力）、製造メーカー名、重量、購入年月日が記載されている。

### (3) レイアウトの方法

既に IV 編の 2-1 項で述べたが、中小部品加工々場の工作機械のレイアウトは種類別にまとめられた配置になっている。

図 IV-3-1-1 から分かるように、中小部品工場は主に旋盤グループ、フライス盤グループ、研削盤グループから構成されている。これらのグループに加えて、ラジアルボール盤、平削盤、及び3台のロータ歯切専用フライス盤が配置されている。

中小型移動式スクリュロータ加工々程を移動経路図（図 IV-2-1-9）で調べると、ロータは軸加工とスクリュ歯形加工の繰り返し工程となるため、旋盤グループと歯切専用フライス盤との間に移動線が集まり、加工途中に工場の棟の間を移動する頻度が高いことを示している。

ロータ熱処理と超音波探傷検査工程が工程の間にはいるため、移動線が工場全体に広がり、移動距離も1回当たり約37.0mと長くなっている。

ケーシング加工は、大型部品加工々場で行われているが、移動経路図（図 IV-2-1-13）から得られる移動距離は、ロータ加工に比べて短いものの1回当たり21.7mと、やはり長い。

これらの事実からも、工作機械の配置が種類別であると各部品の移動距離が必然的に長くなるということが言える。

工作機械の配置方法として、グループテクノロジー(GT: group technology)手法がある。これは主要工程を受け持つ工作機械を中心として構成された混成機械ライン内で全工程を完成させることを原則としている。一般にはこの手法は、多品種少量生産に適用されている方式である。機械工場のレイアウトに付いては第V編工場近代化の中で詳しく述べる。

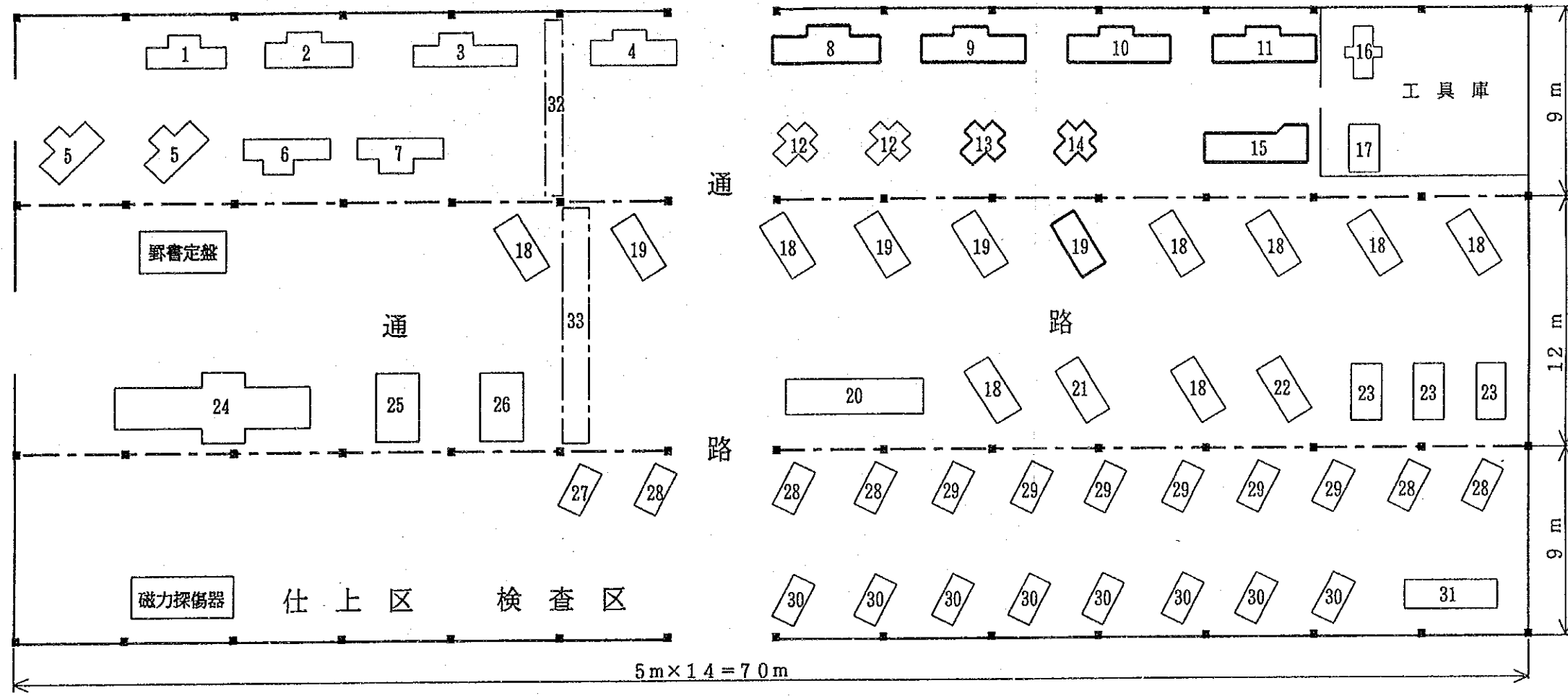
### (4) 工作機械の自動化

多種少量生産に対応する工作機械は、生産の柔軟性という面から考えると、いわゆる汎用工作機械が主流となる。多種少量生産であっても、標準部品についてはある程度の在庫を置くことを許容し、それによって1ロットの数量を大きくして加工能率を高める方策が用いられる。このような生産には、工作機械の自動化によって一層の能率向上が必要とされる。

湘潭圧縮機工場では、工作機械の自動化は遅れており、今後自動化へ向けて改善の余地は多くあるといえる。

大型横中ぐり盤の一台に、X軸とY軸にマグネスケールを取り付け、デジタル位置読み取り装置として使用している。これは自社で改造された物であり、工作機械の改善意欲の一端をうかがわせ、将来が期待できる。

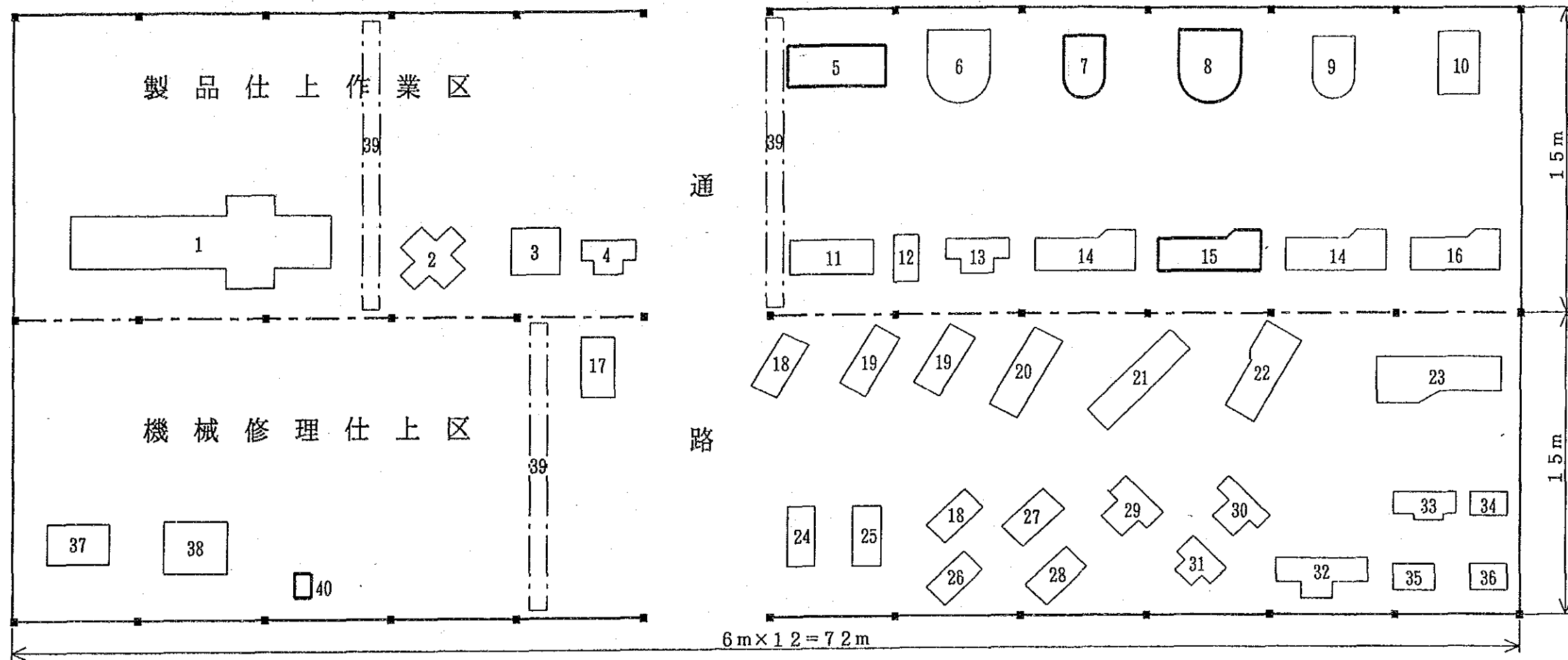
4



番号	機械名称	型番	備考	番号	機械名称	型番	備考	番号	機械名称	型番	備考	番号	機械名称	型番	備考
1	円筒研削盤	MQ1650		11	ロータフライス盤	QH-007	注1	21	普通旋盤	C645	900φ×1400	31	普通旋盤	CA6140	400×2000
2	クランク研削盤	M8230		12	横型フライス盤	X62W		22	タレット旋盤	C3180		32	単桁橋型クレーン		2トン
3	円筒研削盤	MQ1350		13	横型フライス盤	X63W		23	型削り盤	B690		33	単桁橋型クレーン		5トン
4	クランク研削盤	M8236		14	立型フライス盤	X53K	注1	24	門型平削り盤	B2152					
5	平面研削盤	M7130		15	横中ぐり盤	T68	注1	25	ラジヤルボール盤	Z3040					
6	円筒研削盤	M1432B		16	簡易フライス盤			26	ラジヤルボール盤	Z3063					
7	円筒研削盤	M131W		17	立削り盤	B5020		27	普通旋盤	C620-1	400φ×1400				
8	円筒研削盤	M1450A	注1	18	普通旋盤	CW6163	630φ×1500	28	普通旋盤	C6140	400φ×1000				
9	ロータフライス盤仕上		注1	19	普通旋盤	C630	615φ×1400	29	普通旋盤	C616	320φ×750				
10	ロータフライス盤組仕上		注1	20	普通旋盤	C650	1000φ×3000	30	普通旋盤	C618	360φ×750				

注1: スクリュー圧縮機のロータ加工用

図IV-3-1-1 中小型部品加工々場



番号	機械名称	型番	備考	番号	機械名称	型番	備考	番号	機械名称	型番	備考	番号	機械名称	型番	備考
1	門型平削り盤	B2016A		11	立削り盤	B5050A		21	普通旋盤	C645	900φ×1400	31	横型フライス盤	F-125	
2	両面フライス盤	M8230		12	立削り盤	B5032		22	横中ぐり盤	T611		32	万能円筒研磨盤	M131W	
3	研磨機	自社製		13	立タ'イメント'中ぐり盤	T7228		23	横中ぐり盤	T6113		33	精密平面研磨盤	M7125	
4	半自動研磨機	MB4220		14	横中ぐり盤	T68		24	ホブ盤	Y38-1			内面研磨盤	M2116	
5	ラジヤルボール盤	Z3080	注1	15	横中ぐり盤	TX611	注1	25	ホブ盤	Y3150E			万能工具研磨盤	M612k	
6	ターニングマシン	C5116A		16	横中ぐり盤	T090		26	普通旋盤	C618	360φ×750		精密万能円筒研磨	MM1420	
7	ターニングマシン	C512-1A	注1	17	ラジヤルボール盤	Z35		27	立型フライス盤	B690			ジグ中ぐり盤	T4163	
8	ターニングマシン	C516	注1	18	普通旋盤	C616	320φ×750	28	立削り盤	B5020			NC切断機	DK7725A	
9	ターニングマシン	C5112A		19	普通旋盤	C6140	400φ×1000	29	横万能フライス盤	X63W-1			単桁橋型クレーン		5トン
10	簡易中ぐり盤	自社製		20	普通旋盤	C630	315φ×1500	30	横型フライス盤	X62W			精密工具研磨盤		注2

注1: スクリュ圧縮機のケーシング加工に使用  
 注2: スクリュ圧縮機のロータ加工用刃具の研磨機

図IV-3-1-2 大型部品加工工場



准备调走的设备清单

附件 6

序号	物资名称	型号规格	单位	数量	备
1	滚齿机	OFP-32	台	1	1977年捷克产
2	杆齿机	OH0-20	"	1	1977年捷克产
3	铲齿车床	C3955	"	1	1978年大连产
4	高精度外圆磨床	M31432	"	1	1975年北京产
5	丝杠磨床	Y7520K	"	1	1976年陕西产
6	拉刀刃磨床	M3110	"	1	" "
7	精密外圆磨床	MM 1432×2M	"	1	" "
8	齿轮磨床	Y7132	"	3	" "
9	花键轴磨床	M3612A	"	1	1973年上海产
10	端面磨床	MQ1650	"	1	1980年上海产
11	电蚀加工机床	DG140A	"	1	1978年上海产
12	造型机	Z1430	"	2	1978年珠海产
13	高频感应设备	CP-100	"	1	1977年株洲产
14	万能工具显微镜	19JA	"	1	1978年上海产

图 IV - 3 - 1 - 3 設備明細表



### 3-1-2 工作機械に関する問題点

- 1) 多種少量生産でも、ロットサイズが大きいか或いは繰り返し数が比較的多い加工工程の場合には、治具、取付具の使用、工具の多刃化、設備の自動化などの手段を積極的に取り入れてコストの低減を図ることが重要である。
- 2) 精密加工機械の設置は恒温室内が望ましい。ロータ歯切フライス盤、中圧スクリュロータ歯切用専用フライス盤は、現在3台中の2台が使用されている。1台は荒削用、もう1台は仕上げ加工用である。これらの機械はいずれも1972年、湘潭圧縮機工場自社製作されたフライス盤である。その後1984年まで12年間は、機械保全は完全な姿では行われていない。1984年と1990年にフライス盤の精度、機能測定が実施されている。これらの精密機械の場合は、毎年1回は精度検査を実施するよう、設備保全体制を確立すべきである。1984年と1990年の測定結果を表IV-3-1-1に示す。

表IV-3-1-1 ロータ歯切専用機械精度測定結果

精度測定箇所	測定結果(mm)	
	1984年	1990年
主軸アーバ径方向振り	0.01~0.02	0.015
主軸々方向	0.01	0.005
ロータ割出精度	0.03	0.045
機械レベル精度	0.02/1000	0.02/1000

工作機械の性能は、その精度と生産性により評価される。精度は工作機械に固有の幾何学的精度と、切削する工作機械の剛性、或いは熱変位安定性などが総合された物として現れる。一方、生産性は工作機械の高速切削性能、強力切削性能、操作性等が組み合わされた結果である。

ロータプロフィール歯型形状の精度を確保するためには、プロフィール歯型を加工する機械事態の剛性が大きな要素となる。温度の変化によっても主軸は上下方向に変位を生ずる。例えば、室温19℃で加工開始し、その後室温が25℃に上昇したとき、主軸カッターヘッドの位置は0.015~0.02mm高くなる。また、リード誤差はテーブル送りネジによる誤差の発生とベッドの熱変位によって大きな影響を受ける。

工場で測定した工作機械精度は割出位置決め精度が0.045mmと、許容値の約3倍の

誤差が発生する恐れがある。このような位置決め精度では、加工部品精度を許容値内に治めることは出来ない。

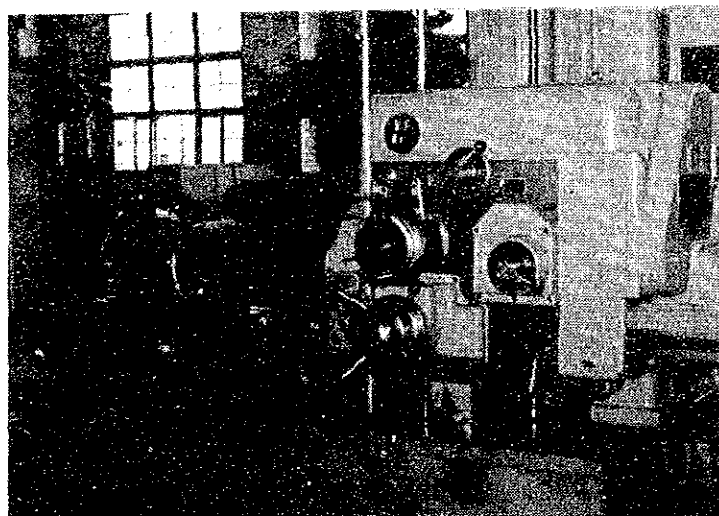
これらの精密加工機械は、恒温室内に設置すべきであり、将来温度管理がされた恒温室の設置を検討すべきである。

- 3) ケーシングⅠ、ケーシングⅡの鑄造粗形材は楕円箱型で、しかも鑄物の肉圧は薄く、形状も取付段取りが困難な素材である。使用される加工機械は、横中ぐり盤、堅型旋盤、ラジアルボール盤が主体となっている。

調査時点では、ケーシングⅠ、ケーシングⅡをセット(set)にして堅型旋盤によるロータ内径、おすロータ穴(210 mm $\phi$ )、めすロータ穴(192 mm $\phi$ )、ベアリング穴(150 mm $\phi$ )を加工していた。ケーシングⅠ、ケーシングⅡを一体にして加工を行っているのはロータ穴、ベアリング穴、の同芯度を確保するためであるが、そのために、被加工物が大きく成りすぎて、作業性を損ねている。2つのケーシングの加工精度を向上させることにより、それぞれを個別に加工を行い、ロックピンによって最後にセットするように改善する事が可能になる。

横中ぐり盤(TK 611)は1988年に購入されている。X軸、Y軸にマグネスケールを取り付けることにより、ヘッド位置がデジタル表示されるようになっている。表示単位は1ミクロン( $\mu$ )である。ケーシングの加工にこの機械を使用する場合、Z軸にもマグネスケールを取り付けるべきである。ロータ穴の深さ、ベアリング穴の端面寸法の精度向上が設計上でも要求されている。

また、取り付け具も台板方式で機械テーブルに取り付けているが、インデックステーブル(index table)を使用すると被加工物の45°割り出しも出来るので、能率が向上する。図IV-3-1-4に横中ぐり盤での中圧スクリュ圧縮機のケーシングⅠの加工状況を示す。



図IV-3-1-4 ケーシングⅠの加工

### 3-1-3 製造技術上の現状と問題点

#### (1) 潤滑油管理

潤滑油の管理は、生産保全活動の一環として重要な仕事である。潤滑油の貯蔵所は、本工場の北東一番奥の油種倉庫にあり、中小部品工場から約150m離れた場所にある。払い出しは各作業員または補助員が必要なときに容器を持参して受領する。

湘潭圧縮機工場で使用されている潤滑油の種類、成分を表IV-3-1-2に示す。

表IV-3-1-2 潤滑油一覧

名称		粘度 (50°C)	成分	使用機械
機 械 油	20#	17~23	8.0%非炭化水素類	小型旋盤
	30#	27~33		中小型旋盤
	40#	37~43	1.4%非炭化水素類	大型旋盤
	50#	47~53		
油圧潤滑油		17~23	8.0%非炭化水素類	研削盤
主軸油		1.2~2	5.0%非炭化水素類	研削盤

潤滑油管理の目的は、「機械に正しい潤滑を行い、潤滑不良に起因する故障や性能の低下を防止し、稼働率を向上させて生産性を高める」と定義することができる。これに立脚して問題点を整理すると以下のとおりとなる。

- 1) 油種の整理統合を行う。潤滑油メーカーと十分協議した上で、油種を必要最低限に抑えることにより、下記の効果を期待することができる。
  - a. 貯蔵、出庫等、あらゆるハンドリング(handling)の段階が簡素化できる。
  - b. 油種の誤使用による事故防止ができる。
  - c. 少品種、多量一括購入により購入価格を低減できる。
  - d. 使用済み油の回収、再利用などの面からも効率化が図れる。
- 2) 機械工場内に油種保管場所を新たに設置するのが望ましい。現在、油の受け出しは、各作業員が油貯蔵所まで取りに行く方式になっているが、機械工場との

距離が約150mあり、大変不便である。機械工場内の必要な箇所に給油缶を設置する必要がある。

- 3) 機械給油実施基準を制定する必要がある。機械設備の円滑な運転を維持し、機械故障を少なくするためには、予防保全活動が大切である。通常、補油、給油作業の実施担当者は各機械の運転者であり、運転者が作業の中で定期、不定期に保全活動を確実に実施していけるように基準の見直し、設定を行う必要がある。

## (2) 空気工具の活用

バリ取りや切粉除去等の補助的作業には、圧縮空気の力を利用したエア工具の使用が一般化している。しかしながら、湘潭圧縮機工場では空気工具類はほとんど見あたらなかった。製品の品質向上や作業性の向上には、現在の製造業では欠かすことのできない工具であり、工場内で圧縮空気を利用する施設の設置が必要である。特に現在建築中の工場には、将来の空気工具導入を想定した空気配管を装備しておくべきである。

## (3) 運搬設備と部品取扱作業

湘潭圧縮機工場の生産形態と生産規模から見ると、運搬設備が非常に少ないといえる。また、加工々程間の加工物の取扱作業も円滑に行われていない。加工済みの部品は台の上、あるいは床に直置きされているのが現状である。これらは作業能率の低下だけでなく、加工品質の低下も招くことは言うまでもない。図 IV-3-1-5 に工場内での加工前鋳物素材の置き方を、図 IV-3-1-6 には加工々程途中の加工品の置き方を、図 IV-3-1-7 には運搬状態をそれぞれ示す。

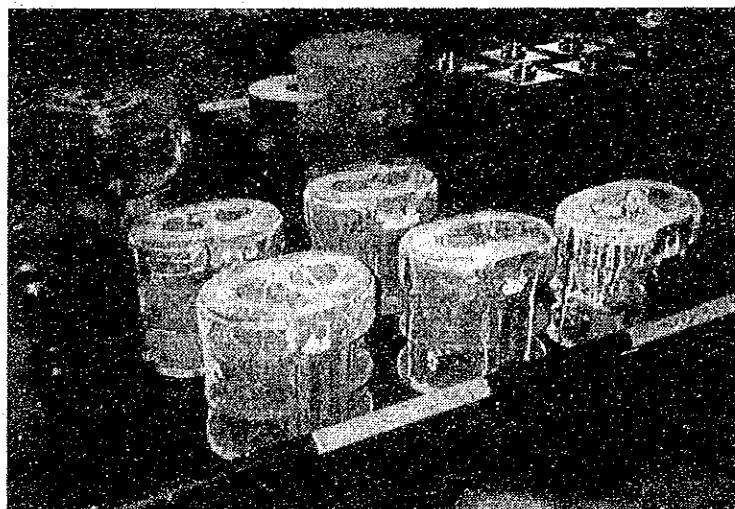


図 IV - 3 - 1 - 5 加工前鋳物素材の置き方

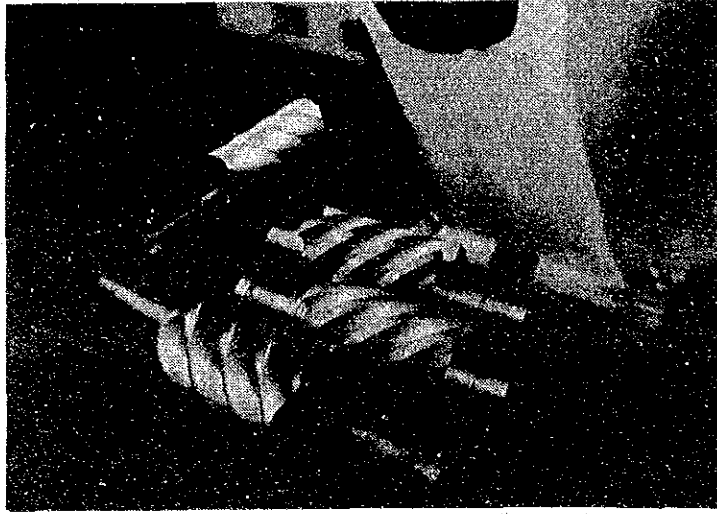


図 IV - 3 - 1 - 6 加工々程途中の加工品の置き方



図 IV - 3 - 1 - 7 運搬状況

工場内に運搬設備が少ないということは、逆に、手運搬が多いことを意味するものでもある。圧縮機部品ともなると、天井クレーンと手運搬の組合せでは、1回の運搬量が少なく労力のみ消費してしまうこととなり、効率は悪い。一般に、運搬作業の改善は、運搬距離の短縮、取扱作業と運搬作業の改善、及びそれらを補助する運搬機器と運搬設備の改善を意味する。特に、作業者が素手で品物を持ち上げたり降ろしたりして運搬車への積み替えを行っている。第一番目の改善の対象は、この作業であろう。パレット、台車等を利用することから始めるべきであろう。

運搬設備は運搬する対象物の大きさ、重量、形状や生産方式によっても異なって

くる。大物部品はパレットを使用するのがよい。特にスクリュ圧縮機のケーシングの様な箱型をしたものは、パレットに積んでハンドリフタ(hand lifter)で移動させるのがよい。また、ロータの様な軸物は部品形状にあった箱を用意してその中に置き、その箱ごと台車で移動させる方式がよいと思われる。現在行われている、手運搬の様子を図IV-3-1-8に示す。



図IV-3-1-8 人力による運搬作業

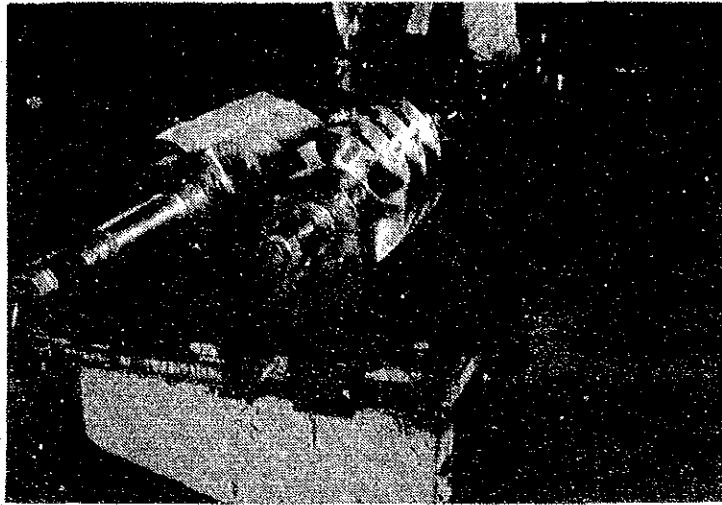
### 3-2 組立工程

#### 3-2-1 組立作業場の現状

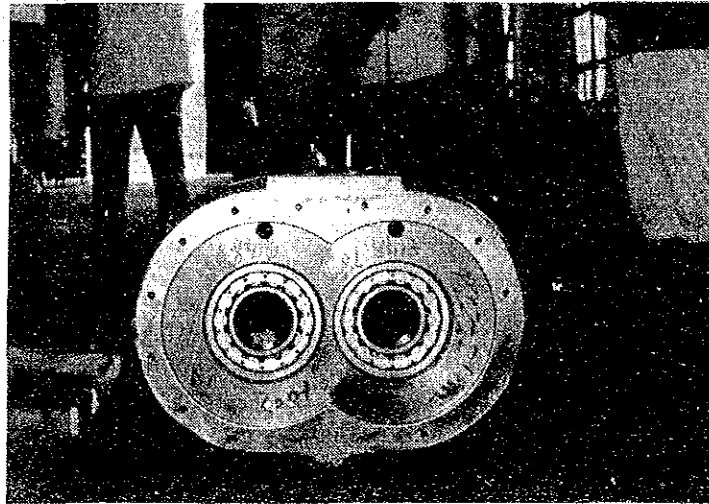
中圧移動式スクリュ圧縮機の組立は、往復動圧縮機組立工場と同じ工場内で行われている。スクリュ圧縮機は、ユニット組立が工場の中央で、そのすぐ横で台車上での総合組立が行われるようになっている。更に、工場内にはスクリュロータの検査台、及び歯合わせ検査機が設置されており、組立工程で歯形プロファイル形状の当り修正手直し作業も行えるようになっている。図IV-3-2-1に、ロータ歯合わせ作業の様子を示す。

スクリュ圧縮機組立場には3台の組立台があり、各ユニットの組立が行われている。図IV-3-2-2、3に組立作業の様子を示す。使用される作業工具は、ハンマ、ドライバ、スパナ等の一般工具が使用されているのみで、ユニット組立のための特殊工具、専用工具、及び機械装置は見られなかった。また、作業中大半の工具、部品、半成品、完成ユニットは床面に直置きされている。

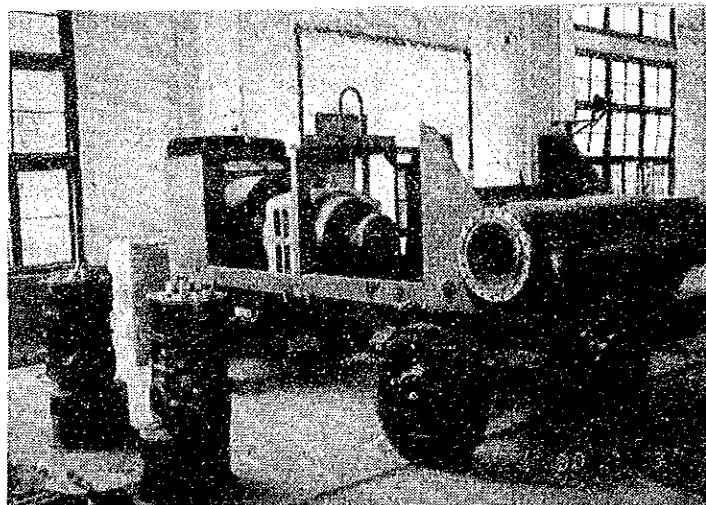
総合組立工程では、配管の現場合合わせが多くみられ、配管工事での精度管理の必要性を感じさせる。試運転は組立運転班の担当である。試運転のための特別な設備はない。



図IV-3-2-1 ロータ歯合わせ作業



図IV-3-2-2 組立作業(1)



図IV-3-2-3 組立作業(2)