

溶解歩留りが向上し、溶解に伴う珪素、マンガン損失が減少し、溶湯の精練作用が向上する。

熱風キュボラは送風温度を高めれば、コークスの品質の影響は受けにくくなり、高品質の溶解が可能となる。

3) 低周波誘導電気炉

低周波誘導電気炉による鑄鉄の溶解は高温溶解が容易で、溶湯の成分調整が簡単にでき、作業環境面でも溶解過程で発生する、ばいじん、騒音、振動の大小はキュボラに比較して格段にすぐれている。

しかし現在の国内電力事情からみると誘導電気炉の導入は難かしい状況下にある。

しかし将来は、要求される鑄物の機械的性質の向上に伴って、鑄鉄品質の信頼性確保と公害対策、省エネルギー対策等の環境改善が必須と予想される。

国内電力事情の好転に合せ、5 TON 低周波炉の導入を検討する必要がある。

1-1-2 計画の内容

(1) 溶解温度の高温化

溶解温度を高め鑄造品質と生産効率の向上を図るため、短、中、長期に分け設備の改造と新設を行う。

1) 酸素富化操業法の採用

現有の3 TON キュボラを改造し、酸素富化装置の設置を考える。酸素富化装置は、その酸素富化を利用する条件、酸素の使用量、キュボラの溶解能力の大小等によって異ってくるが、原則的に装置の設置に当っては次の事項に留意しなければならない。

- a. 送入空気中に酸素を均一に富化すること。
- b. 酸素の供給量の調整および計量を正確にでき得るようにすること。
- c. 災害防止を考慮してかつ最も経済的であること。

送入空気中に酸素を均一に富化することは、キュボラにおいて平衡送風が最も重要な問題であると同様な意義を持つものであって、特に注意しなければならない。

普通の方法としては、キュボラの送風管の中心点に、銅パイプの酸素の噴射管を送風方向に平行に取り付け、その噴射口は開放型にする。そして送風管中において羽口に達する以前に空気と酸素を十分混合して、均一に酸素が富化された空気をキュボラ

内に導入する様に配慮する。

なお、特殊な方法として、酸素と空気とを全然混合せずに羽口の取付面よりやや高い所に10mmφ位の小孔を適当な数だけ炉体周辺に均等にあけて、その各々の孔から直接酸素を炉内に均一に導入する方法もある。この場合は酸素が炉壁近くで消費されて、局部加熱を起さないように酸素の流れにスピードをつけることが絶対に必要である。この酸素を噴射する孔の位置は、それぞれの炉壁の侵食状態から判断して決定すべきである。その他、羽口に酸素を導いてここで空気と混合する方法もある。

酸素の供給量を正確に調整しかつ計量することについても十分に配慮しておかなければ、過剰に酸素を富化して異状操業を行ったり、僅少に酸素を富化して、効果が得られなかったりする場合があるので、それぞれの炉の特質を考えて、最も適当な装置にしなければならない。

3TON キュボラでは、酸素の使用量も多くなるので、酸素ポンペを並列に1本のパイプに連結して、酸素供給源を作る。しかし更に多量の酸素を使用する場合は、自家用酸素工場内の高圧貯器（大型ポンペの枠組）に相当量を充填して置くか、エバポレイタに液体酸素を入れてこれからパイプラインでキュボラに圧送する。いずれにしてもこれらのように酸素を多量に使用する場合は図V-1-1-1のように、酸素供給源からの酸素をまず、調整弁によって調整し、続いて、オリフィス流量計によって流量を正確に計量し、更に送風管に入れる手前に逆止弁を取り付けて、空気の逆流を防止するような装置を必要とする。

なお、図V-1-1-1に点線で示したように、送風機の風圧が異常に降下した場合に、酸素を富化するために、送風機の噴出口の近くに自動制御開閉器を取り付けて、この作動によって、酸素の導入管の途中に設けたマグネチックバルブを開いて、自動的に直ちに酸素を送風管に供給する方法もある。

酸素を取り扱う場合は常に危険を伴うので、酸素富化を行う場合には注意を払わなければならない。特にキュボラ溶解作業は高熱を伴うので、この面における酸素の取り扱いは、更に慎重を要する。一般的な注意事項として、次のような事柄を念頭におかななければならない。

a. キュボラ本体、或いは前炉その他、スラッグ流し場、出湯口、注湯場の付近等、高温な場所（35℃以上）に酸素ポンペを置いてはならない。酸素ポンペの充填圧力は35℃で150気圧にしてあるから、35℃以上になると圧力が150気圧以上となり破裂す

る危険がある。

b. 酸素は助燃性のガスであるから、使用する付近に、重油、グリース、カーバイト等可燃物を置いてはならない。また酸素導入のパイプラインの装置には油脂類を一切触れさせてはならない。

c. 酸素ポンベの口金を開いて、酸素を供給する際に、その口金を急激に開いてはならない。

酸素富化操業のためのキュボラの改善は、四川空気分離設備廠が酸素ガス製造機を製作する工場で酸素の供給が十分に満たされる環境にあることを前提として推奨するものであり、根本はキュボラ内の溶解温度の向上対策であり、可能ならば良質のコークスを使用するのが、もっとも安定した改善方法である。安全操業の面からも更に詳細な検討を加えて対応することが必要である。

酸素富化操業に関する資料を添付資料V-1-付1に紹介する。

2) 熱風キュボラの導入

3 TON /H 熱風キュボラを1基新設することを推奨する。

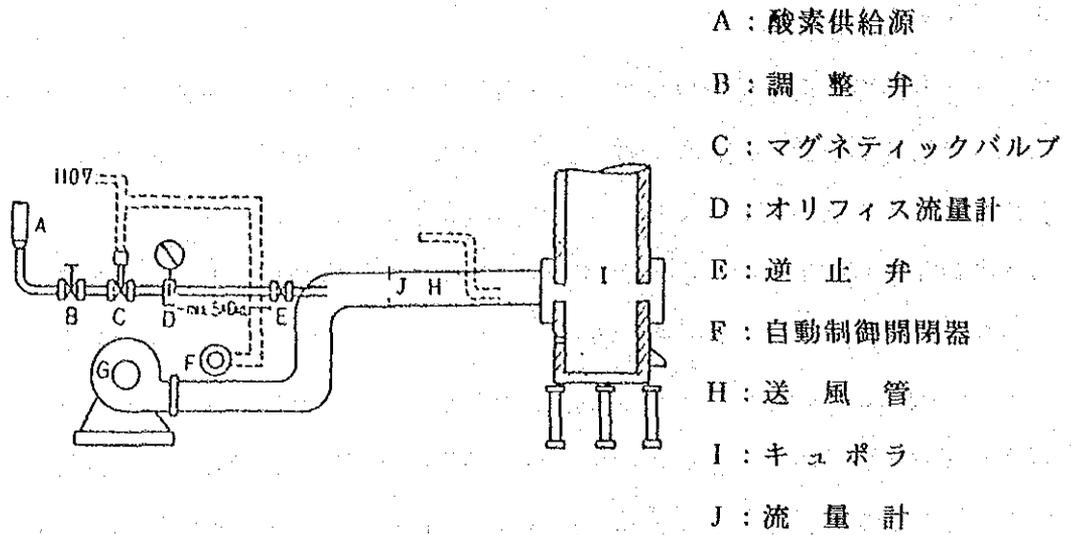
キュボラからの排ガスを利用して熱交換器で加熱された空気は弾力性のある曲管内を通りキュボラへ送出される。

キュボラに入る熱風温度を一定に保ち、さらに熱交換器に入る排ガス温度をできるだけ低くするため、温調ダンパと煙道制御ダンパを自動的に作動させ、キュボラ操業の安定と熱交換器の寿命をできるだけ長く保つように、熱風温度自動制御装置を併設するのがよい。

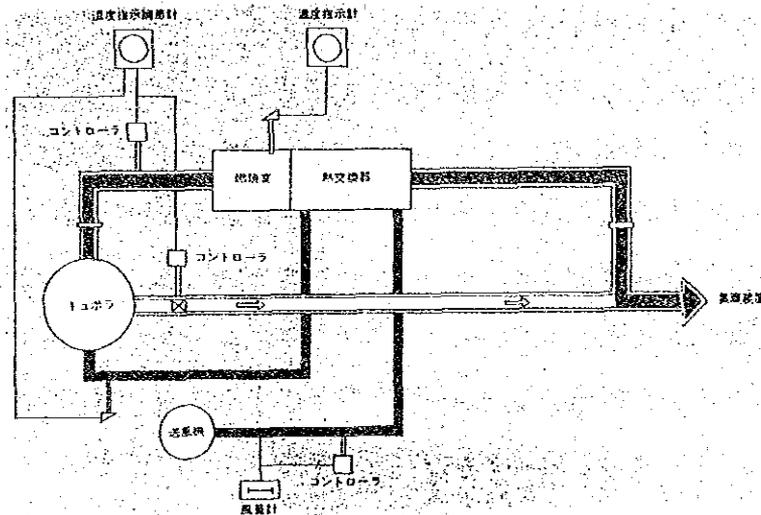
また熱風温度はダイヤルにより設定温度が自由に選択可能となり、熱交換器の取換え時にはダクトの切換えにより冷風キュボラとしても使用が可能である。

熱風キュボラの一例として概念図と外観図を図V-1-1-2と図V-1-1-3に示す。

表V-1-1-1は熱風キュボラの仕様の一例を示す。



図V-1-1-1 酸素富化装置



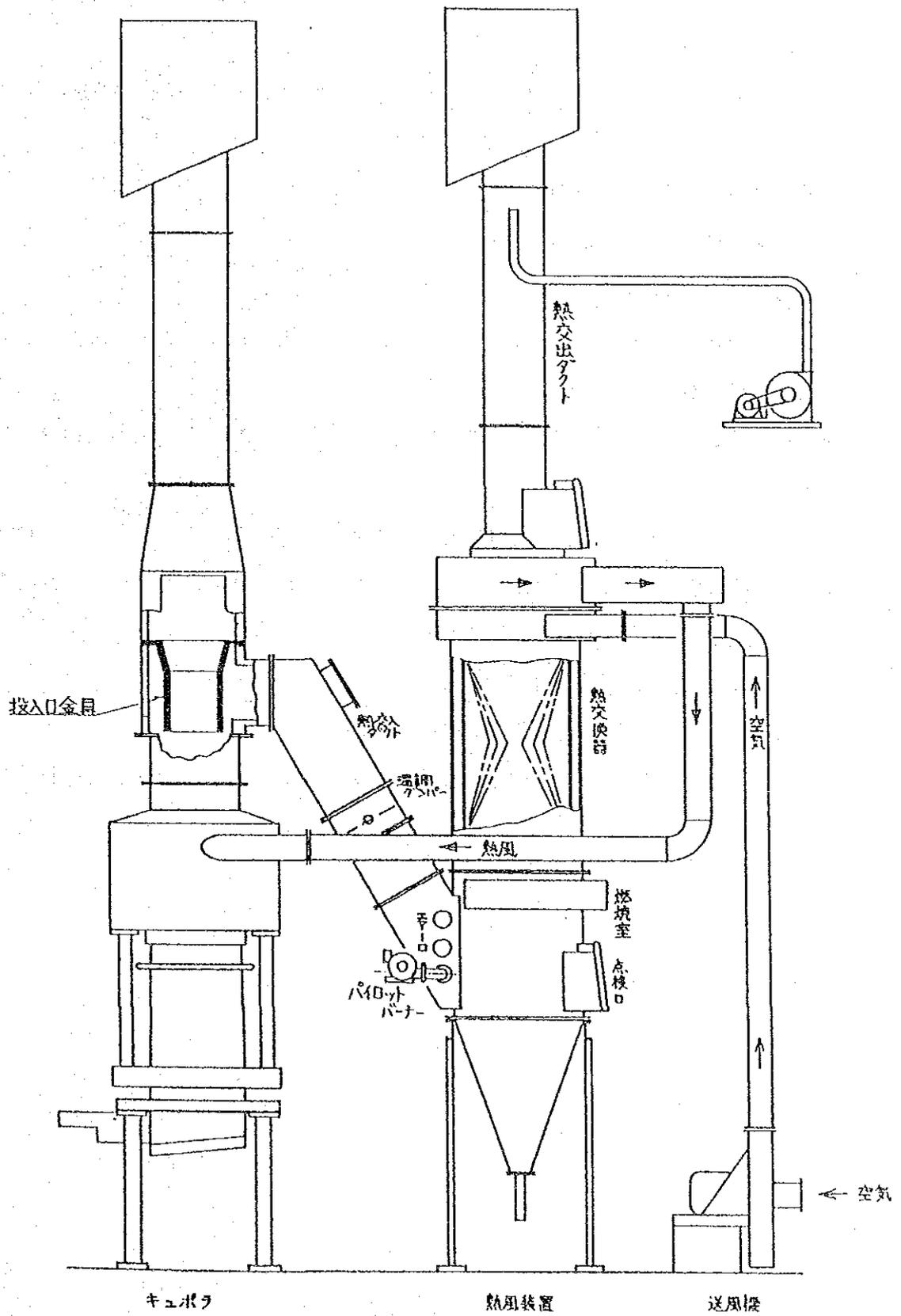
図V-1-1-2 熱風キュボラの概念図

表V-1-1-1 熱風キュボラの仕様例

キュボラ公称能力	3 T/H
送風量	48M ³ /H
熱風温度	300 ~ 350 °C
羽口面内径	φ700mm
出湯温度	1500°C以上

(注) 但し使用コークスの成分は下記の条件を満足する場合である。

- | | | | |
|--------|-------|-------|----------|
| a) 灰分 | 10%以下 | c) 粒度 | 60~120mm |
| b) 揮発分 | 2%以下 | d) 強度 | 90%以上 |



図V-1-1-3 熱風キュボラ

3) 低周波誘導電気炉の導入

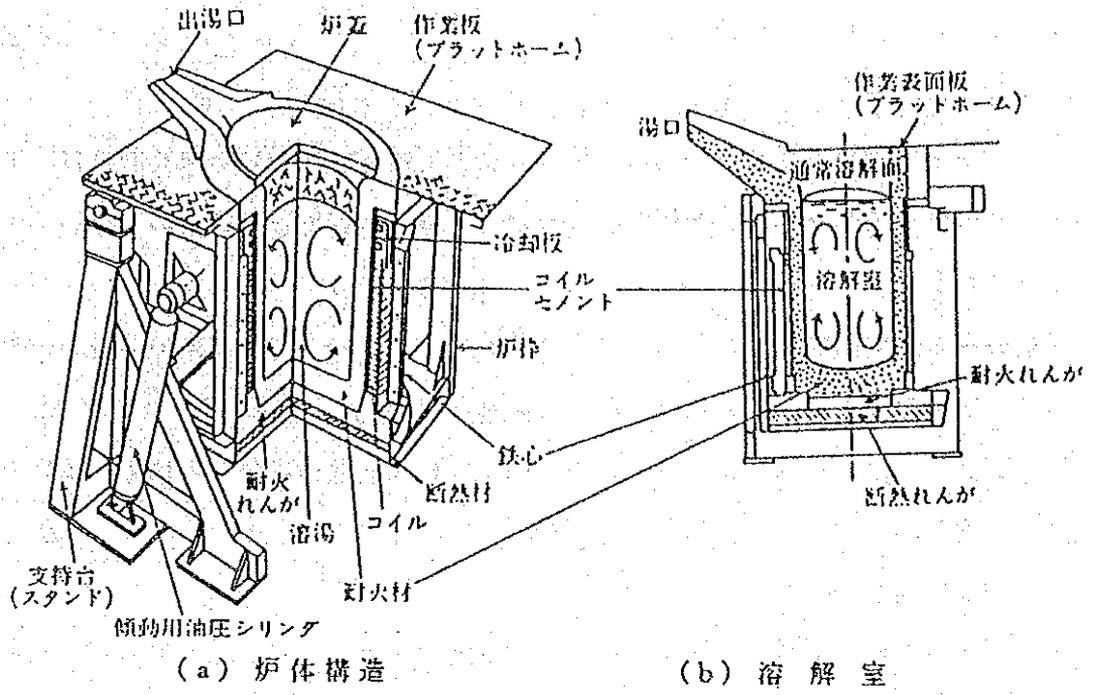
550KW 5TON るつぼ型低周波誘導電気炉1基を導入することを推奨する。

炉構造の一例を図V-1-1-4に示す。

鑄鉄溶解用としてはるつぼ型が適しており、特にダクタイル鑄鉄の溶解の容易さにすぐれている。るつぼ型誘導電気炉は次の特徴をもつ。

るつぼ型誘導電気炉の特徴

- a) 加熱面積が大きいため、炉容量に対する投入電力を大きくすることができるので、溶解速度が速い。
- b) 炉室構造が単純なので、ライニング材による炉室形成の方法が容易であるから、再築炉時の休炉期間がみじかい。
- c) 電磁力による炉内溶湯の攪拌作用が大きく成分や温度の均一化および調整が容易である。
- d) 操業休止に際しては、炉内溶湯を全量出湯し、空炉として冷却することができる。
- e) 原材料の炉内挿入が、比較的容易でその大きさが炉室径以内なら小さく割る必要がない点で経済的であるといえる。
- f) 材質の変更が短時間で可能である。
- g) 炉の周囲温度が低いため作業環境がよい。
- h) スターティングブロック使用による冷材溶解ができる。また溶湯の保温や昇温も容易である。



図V-1-1-4 るつぼ型低周波誘導電気炉の略断面

1-2 合金鋳造工場

1-2-1 目的と計画の概要

(1) 手作業の改善

合金鋳造工場で製造される製品は、比較的小物で数ものが多い。材質的には、アルミ合金、銅合金、ステンレス鋳鋼等多岐にわたっており、取扱いも画一的にはいかず注意が必要である。

工場設備として問題は少ないが、小物で数ものを扱うので、手作業の改善が必要である。特に製品の仕上げ工程は鑪で行われており、非能率的である。

手動グラインダや自動グラインダへの切換えと材質や形状に合った仕上げ工具の充実を図る必要がある。

(2) 炉壁補修回数の削減

中周波誘導電気炉で低温弁用のステンレス鋳鋼やクランクシャフト用のダクタイル鋳鉄の溶解を行っている。

溶解温度はステンレスの場合1660℃、ダクタイル鋳鉄の場合は1420℃で溶解している。

生産実績を1988年でみるとステンレスが18TON、ダクタイル鋳鉄が25TONであった。炉の稼働は炉容の3倍の1.5TONを一応の目安に置いている。

現状では生産量が少なく、電気炉の稼働は低いが、炉内の耐火レンガの損障が早く、最高8回の稼働で補修する必要があり、生産効率がすこぶる低い。

炉壁の損障は必ず起きる問題であるが、一般的にみて現状の炉の耐用回数は極端に少ない。

耐用回数は耐火物の種類、炉容、炉体構造、操業条件等により異なるが、耐用回数を延ばす改善を図らなければならない。

(3) 炉壁補修の考え方

炉の寿命を延ばすためには、いろいろな要素があり、操業条件に合わせてその対応を図らなければならない。

1) 耐火物

耐火物というものは、特性をもっている原料の長所を生かし、短所を補うべく原料調査をした複合材料なので炉に適したものを選択する必要がある。

一般に溶解炉の操業条件によって耐火物に対する要求も異なるもので炉の寿命を延

すためには耐火物の性質を十分知っておく必要がある。

中周波誘導電気炉に使用される耐火物の種類と使用部分は一般的には次のとおりである。

- ・天井部：高アルミナ質 (Al_2O_3) キャスタブル耐火物
- ・炉体部：高アルミナ質 (Al_2O_3) 耐火物
- ・チャンネル部：電融アルミナ質 (Al_2O_3) 耐火物
マグネシア系 (MgO) 耐火物

耐火物の化学組成は次のとおりである。

成分 (%) 名称	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	R_2O	ZrO_2	耐火度 ($^{\circ}C$)
高アルミナ質	27	71	0.9	0.9					>1820
電融アルミナ質	0.1	98	0.1				0.5		>1900
マグネシア質	2.0	1.5	2.2		2.0	91			>1900

高アルミナ質耐火物の主要鉱物組成はコランダム ($\alpha-Al_2O_3$) あるいはコランダムとムライト質 ($\alpha-Al_2O_3 + 3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) のもので、 Al_2O_3 の含有量は、70~99%である。この耐火物はけい酸質耐火物に比較して、耐侵食性が優れ、熱膨脹性が緩やかで耐スポーリング性が大という特徴があって複雑な形の炉には広く利用されている。

炉の使用場所により、特に耐浸食性を強く要求される部分、耐スポーリング性を必要とするところ、あるいは熱伝導性の悪いことを要求する部分などによってその選定が異なっている状況である。

資料として「耐火物の性質」及び「中・高周波誘導炉用耐火物について」をそれぞれV-1-付2及びV-1-付3に示した。(日本鋳物協会編 鋳鉄溶解ハンドブック)

2) 補修

中周波誘導電気炉に用いられるライニング材は一般に塩基性のマグネシア (MgO) がスタンプ (Stamp) されている。

出湯の都度炉内を点検し、損傷は放置することなく、早目に補修することが必要で

ある。

補修の際の粘結材濃度と配合比の例を表V-1-2-1に示す。

また補修箇所に対する補修要領の一例を次表V-1-2-2に示す。

表V-1-2-1 粘結材濃度および配合比例

用 途	マグネシヤ粒度	粘 結 材 濃 度	粘 結 材 配 合 比
ライニング材	混 合	5° Be'	3~4%
パッド材(はく離、侵食部)	5メッシュ以下	18°~20° Be'	3~4%
上 塗 材(き裂部)	10 "	"	5~6%
仕 上 げ(刷 毛)	—	5° Be'	—

表V-1-2-2 補修箇所と補修要領の一例

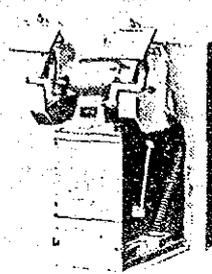
補 修 個 所	補 修 要 領
メタルの差し込み	メタルを除去し、パッド材を詰める。
亀 甲 状 き 裂	焼結部を除去し、パッド材を詰める。
線 状 き 裂	き裂間に押し入れるようにして上塗材を塗る。
は く 離	パッド材を詰める。
鋼 滓 侵 食 部	鋼滓を除去し、パッド材を詰める。
使用回数5回を超えた場合のゆるみ	コイルセメントと焼結部の間に、上部よりライニング材を直径9~10mmの丸棒で突き固め充てんすることもある。 以下3~4回ごとに行う。

1-2-2 計画の内容

(1) 手作業の改善

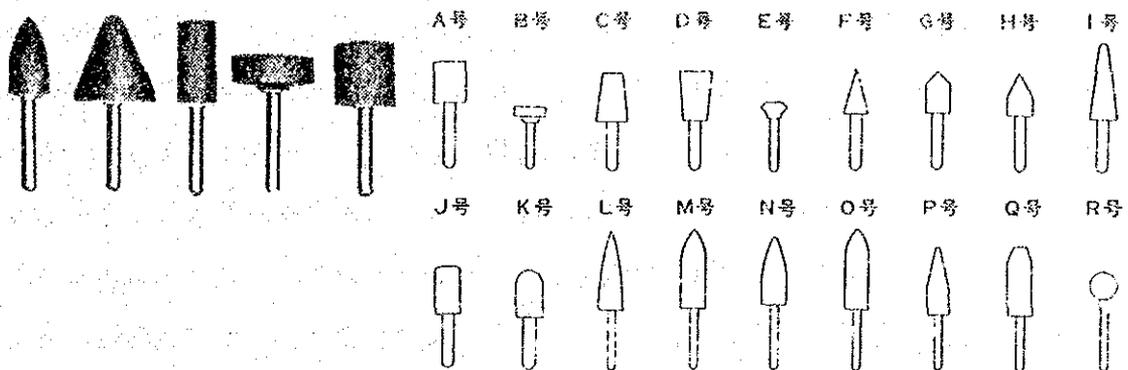
丸物用自動グラインダを2台設置する。また、製品の材質、形状に適した仕上げ工具を完備する。

図V-1-2-1に自動グラインダの外観図を示し、図V-1-2-2は仕上げ工具の例として軸付砥石を示す。



集じん装置つき床上グラインダ 集じん装置つき床上コンビネーショングラインダ

図V-1-2-1 自動グラインダ



図V-1-2-2 軸付砥石

1-3 熱処理場

1-3-1 目的と計画の概要

(1) 炉内温度の自動制御化

箱型電気加熱炉4基、ピット型電気加熱炉4基(含、塩浴炉2基、ガス浸炭炉1基)を有し、熱処理作業を行っている。

月間20~30TON 処理しており、主要部品としてクランクシャフト、ピストン棒、ピストンケーシング、弁棒、弁ステム等があるが、これらは大物部品に属し、一般には小物で数ものが多い。

焼入れタンク、焼戻しタンクは炉に接近して設置されており、焼入れ、焼戻し作業は炉を2基稼働し、間隔をあげずに行っている。また熱処理方案も主要部品に関しては完備されており、細かい管理がなされている。

しかし、熱処理工程で最も重要である炉内の温度管理が手動で行われており、作業者の経験にまかされている。

熱処理工場は若年者の割合が高く、炉の操業上の問題となっている。作業者による品質のバラツキをなくし、熱処理品質の安定を図るために炉の温度制御を自動化する。

(2) 焼入液の温度管理

鋼を焼入れするとき、複雑な形状をした高合金鋼製の部品ではときに空気焼入れといって、単に空中放冷するだけでもマルテンサイト組織にすることができる場合もあるが、多くの場合、水または油のなかに投入して急冷するのが普通である。よく知られているように、油よりも水のほうが冷却速度が速く、したがって冷却能が大きく、同じ鋼材でもより焼きがはいりやすいわけであるが、油も水もその温度により、あるいは添加物により、さらには攪拌の程度によってもその冷却能が変化する。また、一定の条件で水のなかに焼入れた場合でも、鋼材の冷え方はかならずしも単純ではなく、冷却途中で冷却速度は大きくなったり小さくなったり微妙に変化する。

図V-1-3-1は830℃に加熱した小さな円柱状の鋼を、静水中に焼入れたときの冷却曲線を説明的に示したもので、冷却の状況はおよそ三つの段階に分けられる。Aの段階は赤熱した鋼材の表面で水蒸気膜ができてこれを包んでしまい、この蒸気膜は熱の伝導度が小さいから鋼の冷却は比較的遅い。しかしそれでも時間とともにしだいに冷えて600℃以下になると、Bの段階にはいる。すなわち鋼表面ではげしい沸騰が起こり、水蒸気

膜はときどき破れて気泡となって放れていき、鋼表面は直接水と接触し、伝導と対流によって熱が奪われて急速に冷却されるようになる。300℃以下に冷えると最後のCの段階にはいり、もう水蒸気は発生しなくなるが、鋼の温度と水の温度の差が小さくなるため、ふたたび冷却速度は遅くなる。

鋼の焼入れでは、パーライト変態の起こりやすいA₁変態点～約550℃間の温度範囲を十分急冷しなければならない。そのためには、とくにAの段階があらわれる時間をなるべく短くすることが必要で、それには水中で8の字を書くように鋼材を強くゆり動かすとか、水をはげしく攪拌して水蒸気膜を早く破るようによい。水温をなるべく低くしたり、5～10%程度の食塩や塩化カルシウムを水に溶かすと、Aの段階は短縮される。食塩などの水溶液では、赤熱の鋼材表面で水の蒸発にともなってNaClなどの結晶が析出し、これが気泡の核になるためと考えられ、鋼表面に砥の粉などの塗布剤を薄く塗っても同様の効果がある。ただし砥の粉を塗ってもそれが焼入れのときにはげ落ちるようでは効果がないだけでなく、かえって焼むらの原因となる。

ところで、A₁'変態の起こる温度範囲を十分速い速度で冷却してしまえば、その後の冷却はかならずしも速くする必要はない。むしろ300℃以下の冷却速度を遅くできれば、部品の内外の温度差を少なくし、変態応力の生じ方も少なくなって焼割れや焼曲がりの危険もなくなるはずである。すなわち、焼入液としては約500℃付近までの冷却速度が大きく、300℃以下での冷却速度はずっと小さくなるような液が得られれば理想的といえる。

一般に水冷の場合は使用する水の温度は30～35℃以下にしないと焼入れ特性が落ちる。

油冷の場合の油温は60～80℃が最適であり、80℃を超えると焼入れ効果が低下する。また焼入れ時の油温の上昇は20℃以内にすることが重要であり、そのために、油量を多くして、冷却装置により油温を下げる必要がある。

焼入れ効果を上げるためには、前述のごとく、パーライト変態の起きやすいA₁変態点から550℃間の温度範囲を十分に急冷することが必要で、焼入液を攪拌して蒸気膜を早くとり除くことが重要である。

気泡を巻き込むような圧縮空気の吹き込みなどは絶対に避けなければならない。

現状の焼入れタンクはいずれも冷却装置や攪拌装置が設置されていないのでポンプを用いた循環方式の設備に改善する。

(3) 高周波焼入装置の更新

高周波焼入装置は13年前に購入したもので、型式も古く、修理部品が入手できないため、故障したまま放置されている。工場では表面硬化処理としてフレームハードニング（火炎焼入れ）を行っており、重要部品は高周波焼入れ会社に外注している。

フレームハードニングとは強烈な火炎で焼入れしようとする局部に熱を短時間加え、焼入温度に達したとき、急速に冷却し表面を硬化する方法である。

一般的にフレームハードニングの適正温度と加熱時間は加熱色などから現場の経験により行われている。

加熱温度と加熱時間は要求される硬度深さや、被加熱部品の材質、厚さ、形状などにより異なってくるので、この作業は高度な技術を必要とするものである。したがってこの工程はごく一部の作業員しか担当していないが、それでも硬化深さが計画より浅かったり、深く入りすぎたりして品質上の問題が起きている。

一方、外注している高周波焼入部品も納期が遅れ、外注費も高くついて問題になっている。

高周波焼入れの場合、誘導子の設計に難かしさはあるが、被加熱体が平歯車、シリンダーライナー、ボルト類など比較的単純な形状をしているので設計は容易である。また高周波焼入れに関する技術者が3名おり、作業員も2名おるので、工場内で高周波焼入れの処理能力はある。

以上のような背景と未熟練な若年者が多いことを考慮して、フレームハードニング法より高周波焼入れ法に切り換え、品質の安定を図る。

1-3-2 計画の内容

(1) 炉内温度制御の自動化

熱処理の目的に応じて、加熱速度、加熱温度、保持時間等の熱処理条件を自動的に制御できるようにすべての電気炉を改善する。

炉内温度の自動制御システム構成図を図V-1-3-2に示す。

システムは温度センサ、温度記録計、温度調節計、サイリスタレギュレータから成り立っている。温度センサは高精度の温度測定ができ、応答性にすぐれ、耐振、耐衝撃性の高い、耐久性のある構造になっている。

また温度調節計は10数パターンまで記憶することができ、熱処理される部品の形状や

大きさにより、焼入れ、焼戻し、または浸炭の複雑化される熱処理パターンを容易に選択することができる機能を内蔵している。

さらにパターン進行グラフィック表示をそなえているので、熱処理工程が計画どおり進行しているかを監視することも可能である。

サイリスタレギュレータにより、自動、手動運転の切換が可能で記憶されているパターン以外の熱処理にも対応できる。

これらの機器はすべて制御盤内に収納されており、熱処理工程の集中管理、集中制御を自動的に行うことができる。

(2) 焼入れタンクの温度制御

焼入れ効果を高めるためにタンク内の液温を設定値に保持できるように設備を改造する。

現有の水タンク、油タンクのすべてについて改造する。

改造の内容は図V-1-3-3の概念図に示すとおり系内に熱交換器を有し、加熱された焼入れ液を冷却することにより、系内温度を設定値に保持するように改造する。

本改造に用いられる温度センサは完全防水タイプの液加熱専用に設計され、精度よく応答性に優れている。また温度調節計は、熱電対から入力信号に対する即答性に優れ、温度範囲の任意設定が可能である。

その他、系を構成する機器としてポンプ、熱交換器、温度調節弁等があるが、いずれも高性能で信頼性の高いものを採用する。

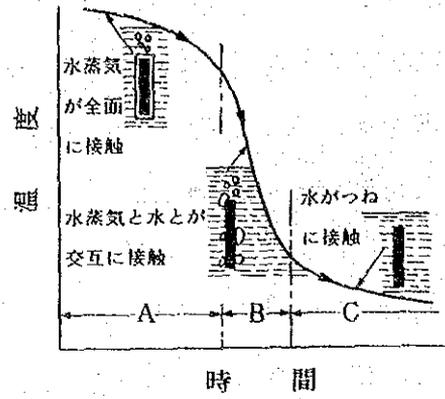
(3) 堅型高周波焼入れ装置の導入

高周波焼入れ部品の形状と機器の大型化を考慮し、堅型高周波焼入れ装置1基を導入する。この装置はピストン棒のような長物や歯車等の丸物の焼入れに適し、また、工場で扱う被焼入材は比較的小径で焼入れ硬化層も余り深くないので、高い周波数の電力を得られる真空管式発振器を用いている。

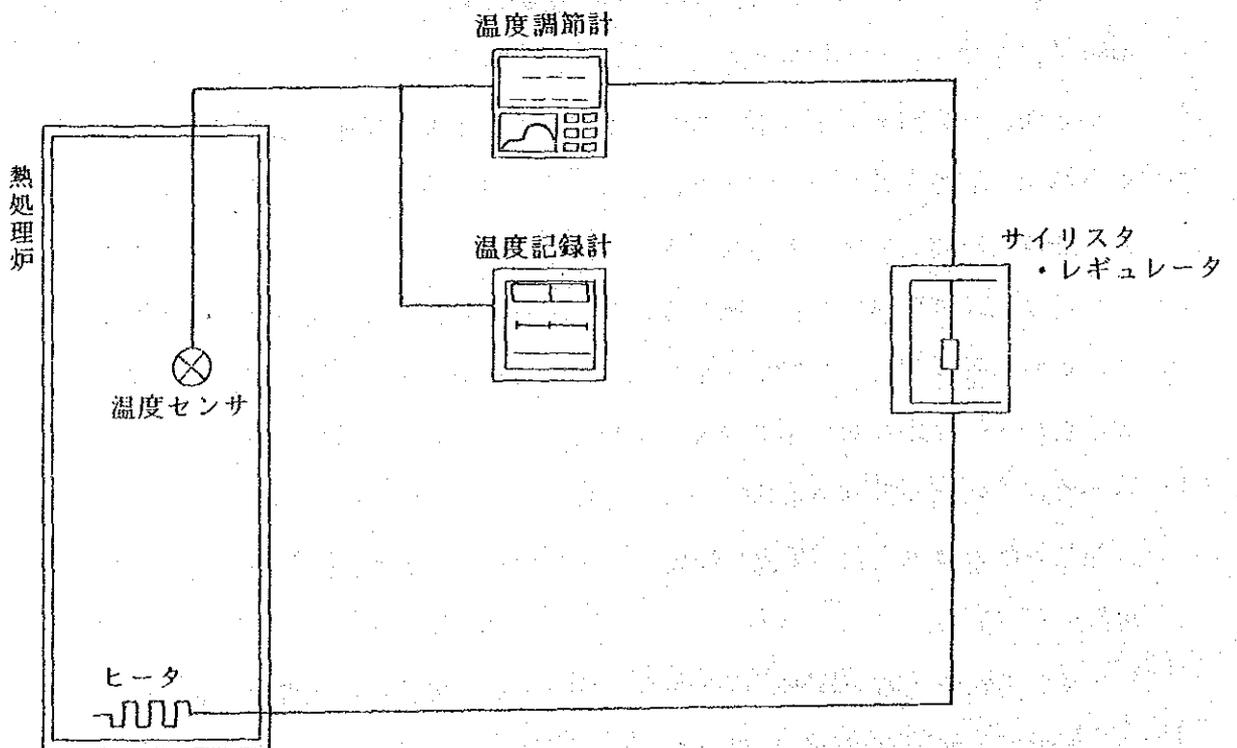
加熱方法も被焼入材が垂直に移動し、更に被焼入材の対称形状を考慮して回転移動も可能にしている。

すなわち被焼入材が移動、回転を行い誘導子が定位置になっている。

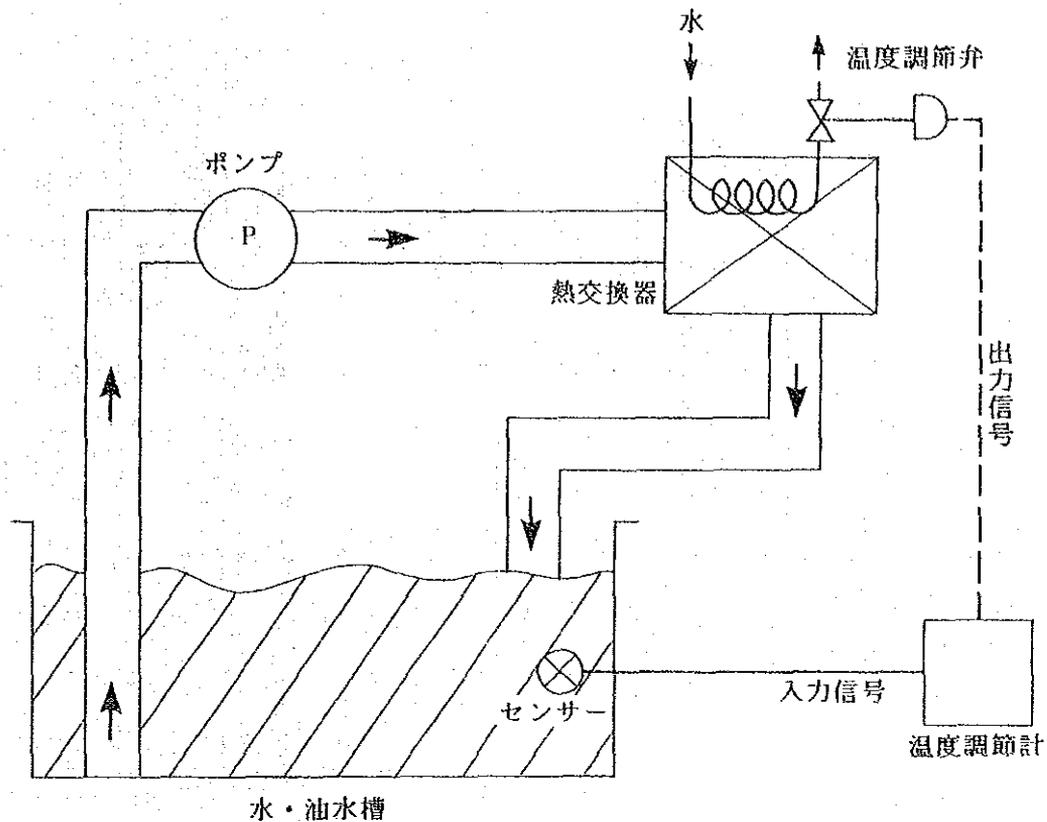
一例として堅型高周波焼入れ装置の設計仕様を表V-1-3-1に、焼入れ装置の設置外観図を図V-1-3-4に示す。



図V-1-3-1 静水中に焼入れたときの冷却曲線の説明図



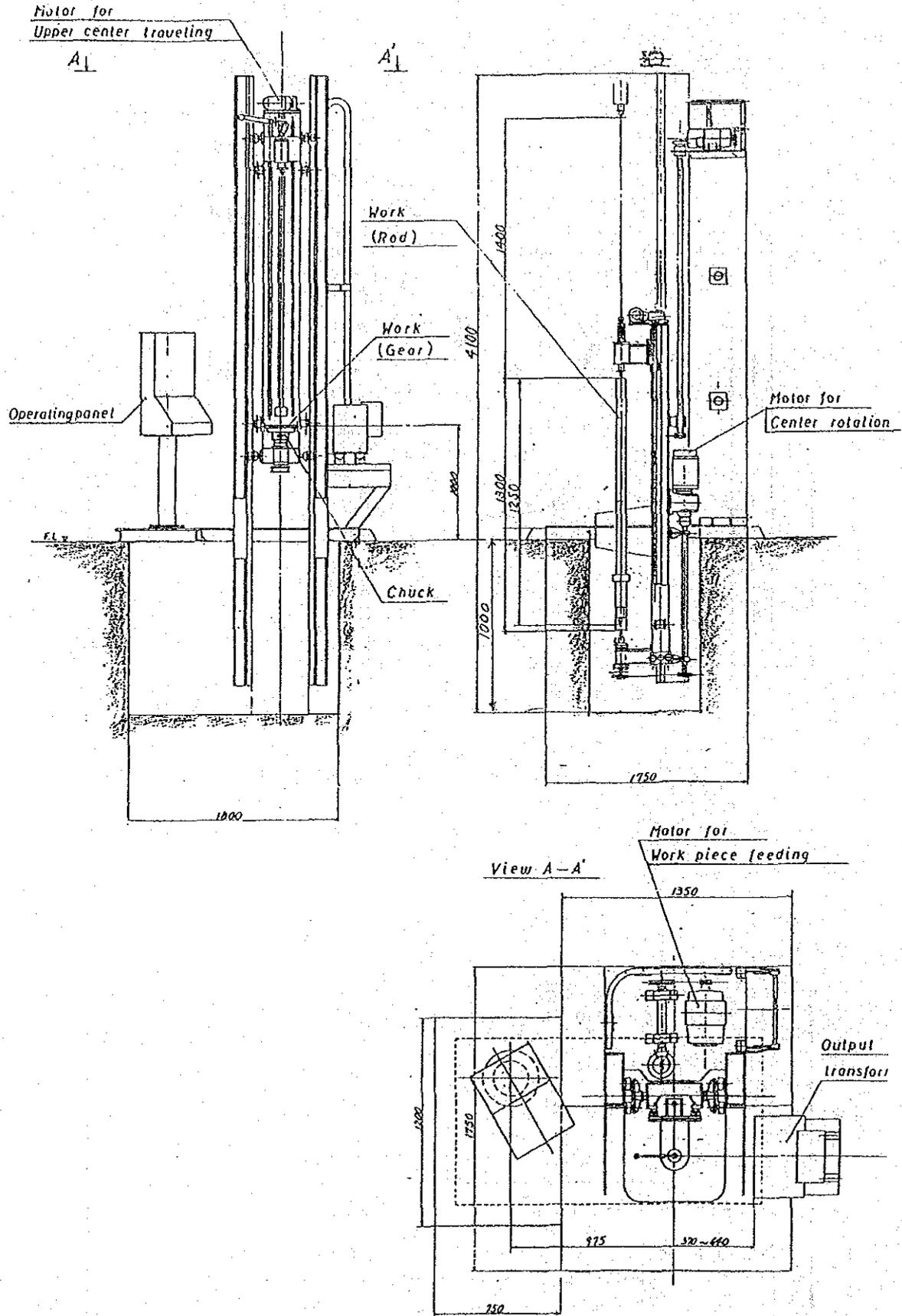
図V-1-3-2 自動制御システム構成図



図V-1-3-3 焼入れタンク温度制御概念図

表V-1-3-1 焼入装置仕様

1) 被焼入材最大長さ	1,300mm
2) 被焼入材最小長さ	50mm
3) 被焼入材最大径	350mm
4) 被焼入材最大重量	100kg
5) 垂直ストローク	1,400mm
6) 前後ストローク	200mm
7) 左右ストローク	100mm
8) 真空管発信器	入力 440V/50Hz 3相 220KVA 出力 20V/100kHz 単相 100KW



图V-1-3-4 高周波焼入装置外觀図

1-4 鍛造工場

1-4-1 目的と計画の概要

(1) プレス鍛造機の導入

鍛造設備として空気式ハンマ3基と蒸気式ハンマ1基が設置されている。

ハンマは瞬間的に大きな打撃力を与えることができるが、加工時間がきわめて短いため、変形抵抗が高くあらわれる。しかも比較的に変形しやすい表面のみが塑性変形し、材料内部が変形し難い傾向がある。

ハンマの最大の欠点は打撃時にいちじるしい騒音を発生することで公害が重大な社会問題になるが、ハンマから騒音をなくすることは不可能である。

一方ハンマは小さな設備で大きな力を出し得ること、変形の度合に応じて打撃力を加減できること、一回の打撃で所定の変形が得られないときは、くり返し打撃を与えることによって所定の形に変形させることができるなどの利点があるが一般には操作性が悪く、小物や特殊な鍛造に使われている。

現有設備の中で特に150kg空気式ハンマと250kg空気式ハンマは老朽化が進み、また鍛造部品の大型化にともない、能力不足となり、ほとんど稼働していない。

鍛造部品の外注依存度は高く、1988年の外注実績は150TONで、これは生産計画の3分の2に相当する。

近代化計画では空気分離設備と天然ガス液化分離設備の容量が増大するので外注比率はますます拡大することになる。

近代化計画によると最大の鍛造品として外径 ϕ 1,200（厚さ200）のフランジが必要となる。

鍛造工場の操業を上げるために、設備能力を増強し、外注しているものを自工場内にとり込む必要がある。

そのために老朽化して、稼働率の低い既設の150kg、250kg空気ハンマー2台を撤去し、その跡に500TONプレス鍛造機を導入することを推奨する。

(2) 搬送機器の合理化

4基の鍛造機械と6基の加熱炉が設置され、鍛造材の搬送は5TON天井クレーン1台と1TONフォークリフト1台で行われている。

鍛造作業は高温のものを扱うので、その搬送は迅速さと安全性が重要な要素である。

特に鍛造プレスの導入により大物重量物の鍛造を行う場合は現有設備では効率的な対応ができないので、小型自走式マニプレータを導入することを推奨する。

これにより鍛造時の材料の保持、移動、回転など鍛造作業のスピードアップ、人力で操作できない大物部品の取扱い、あるいは加熱炉への材料の出し入れ運搬作業など諸作業の合理化がはかれる。

1-4-2 計画の内容

(1) 熱間鍛造プレスの設置

老朽化している 150kg、250kg 空気式ハンマを撤去し、その跡を整備して 500TON 油圧鍛造プレス 1 基を設置する。

これにより外注している鍛造部品はすべて自工場内製作が可能となる。

また空気分離設備と天然ガス分離設備の容量アップに伴い、大型、重量化する鍛造部品も自工場内製作が可能となり、工場の操業が増し、生産効率の向上と製作期間の短縮が図れる。

鍛造プレスによると鍛造材料を数秒間加圧するので、大型の材料でも加圧力が内部まで達するので、材料の外周部と内部との鍛練の度合に差が生じなく、材料組織が向上し安定性が増すことになる。また型鍛造では材料の加圧時間が長いので、材料が型みぞの隅まで十分流れ込むので、ハンマによる鍛造の場合より更に寸法精度のよい製品が得られ、衝撃による金型の損傷が少なく、金型寿命の改善も図られる。

一例として設置する鍛造プレスの外観図と主なる仕様を図V-1-4-1と表V-1-4-1に示す。

本プレスは次の特徴がある。

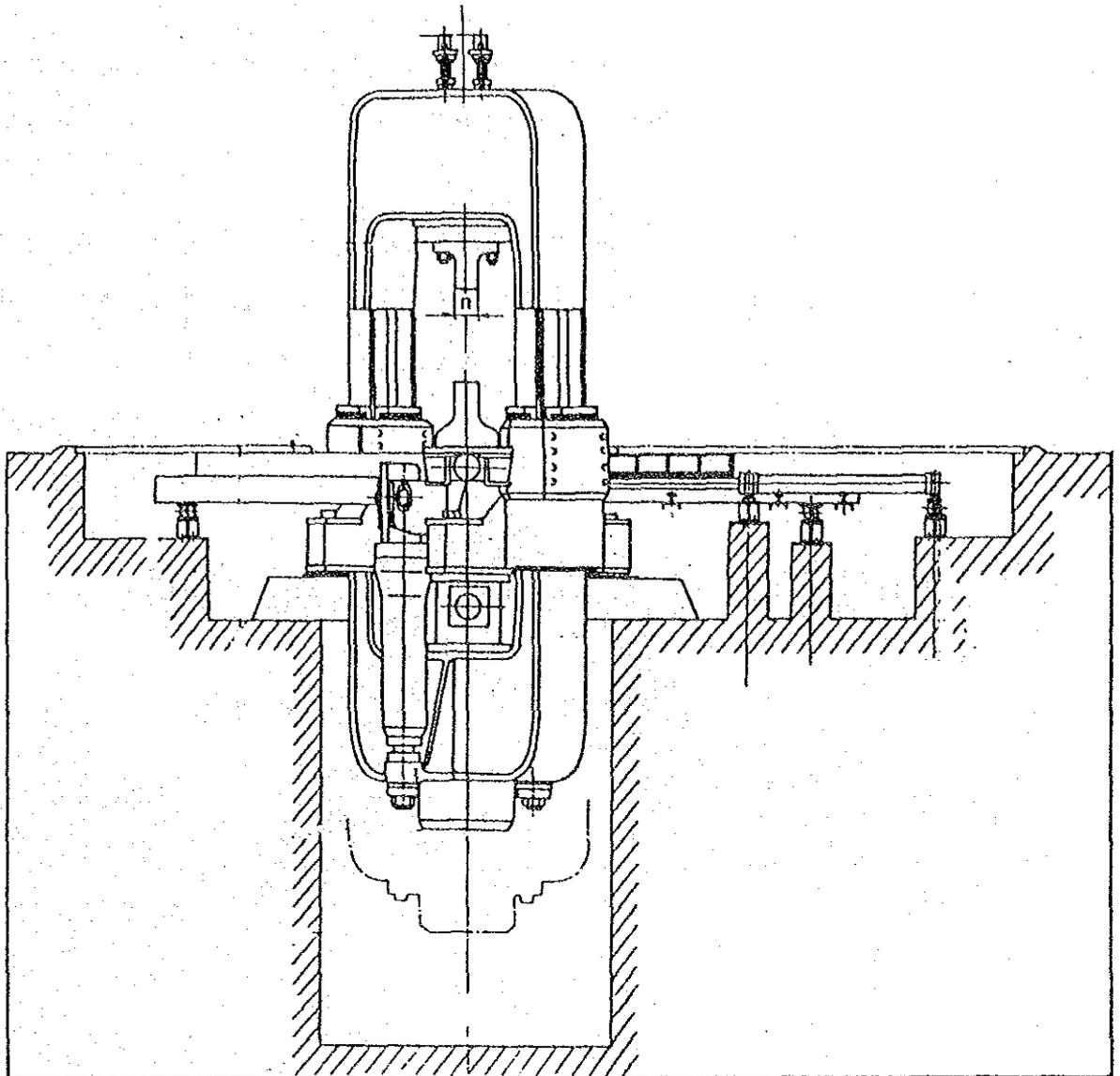
1) 高い作業性と安全性

- a) マニプレータ、クレーンの接近性がよい
- b) 操作者、作業者の視界がよい
- c) すべてのシリンダー、油圧機器は床下に設置されているため障害物のない広い作業空間が確保される

2) 安全なプレスの作動

- a) 重心が低く偏芯鍛造時のゆれが少ない

3) 床上高さが低い



図V-1-4-1 500TON 鍛造プレス外観図

表V-1-4-1 500TON プレスの主なる仕様

能 力	500TON
ストローク	800
床上高さ	4,300 mm
床下深さ	4,100 mm
電源容量	500KW / 625KVA

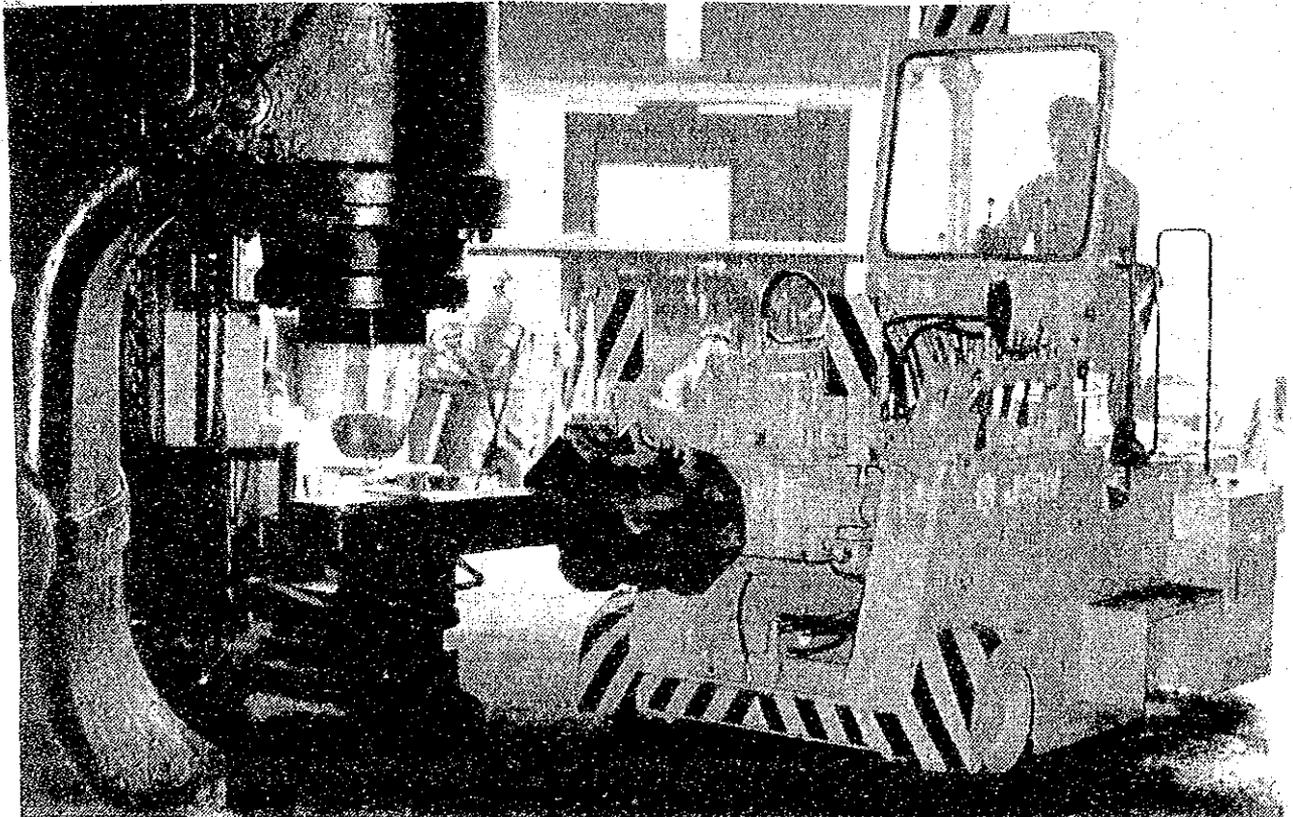
(2) 搬送設備の合理化

機体のコンパクト化により小廻りがきき、せまい工場内での作業に適し、運転席からの視界が良く、また操作が簡単で作業者の疲労が軽減される特徴をもつ1TON 自走式マニプレーターを1台導入する。

図V-1-4-2はマニプレーターを使用して鍛造作業を行っているものの一例である。

図のトングは長物用であるが、フランジ等の平物をつかむトングも設置する。

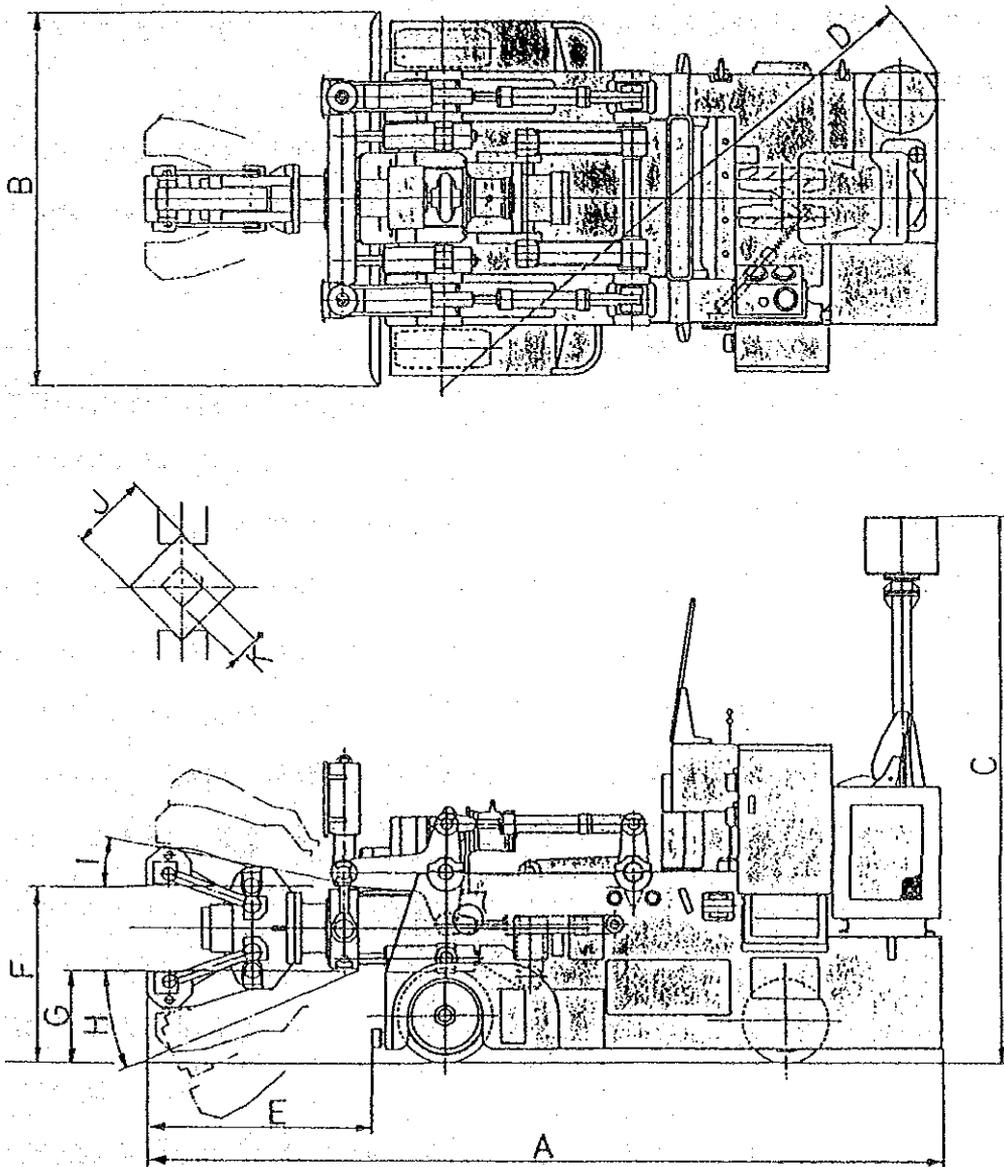
表V-1-4-2は1TON マニプレーターの主要寸法を示す一例である。



図V-1-4-2 マニプレーター操作

表V-1-4-2 主要寸法

鋼塊重量 kg	荷重モーメント m・kg	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H deg.	I deg.	J mm	K mm	全備重量 kg
1,000	1,000	4,250	2,000	3,000	3,150	1,250	1,000	500	23	10	400	100	7,200



1-5 メッキ工場

1-5-1 目的と計画の概要

(1) 排水処理設備の改善

メッキ工場から排出される有害物質としてシアン化合物、六価クロム化合物等と銅、亜鉛、鉄等の金属化合物が含まれている。

現有の排水処理装置は沈澱槽、中和槽を用いて薬品の投入により、有害物質や環境を害する成分を無害化又は除去しているが、設備的に操作員の経験に頼らざるを得なく、厳しくなりつつある国内の排水規制値を満足するには排水処理設備の改善が必要である。

メッキ工程では水と劇毒物を大量に使用するので水質の汚濁防止は生活環境と、人命を守るために社会問題として取組まなければならない。

排水処理設備の改善はシアン系排水、クロム系排水、酸・アルカリ系排水に分け、それぞれの反応槽で処理したあと、各排水を集合させ重金属化合物を除去し清澄水化する。これら一連の操作が自動的に可能な設備とする。

(2) メッキ槽の温度制御の改善

メッキの製造工程は前処理工程、メッキ工程、後処理の3工程に大きく分けられる。いずれの工程にもメッキの品質に影響を与える原因が多々あるが、現有設備として、メッキ工程中の槽内液温管理の方法に問題があり改善が必要である。

現在の槽内温度の上げ下げは手動により蒸気と水量を加減して行っており、メッキ工程中一定の温度に保つことは困難であり、温度の変動が生じている。メッキ工程中の液温の変動はメッキの品質を悪くするので避けなければならない。

メッキ槽の液温を設定温度に保持できる装置を設置し改善を図る。

本装置はメッキ槽だけではなく、中和槽、脱脂槽等、液温を常温以上に保つ必要がある槽のすべてに設ける。

(3) ミストセパレータの設置

現有設備として装飾クロムメッキ用と工業用硬質クロムメッキ用の2槽が設置されている。

メッキ工程で発生するクロム酸ミストの人体におよぼす影響は非常に危険であるので、皮膚に触れないようにしなければならない。

クロム中毒はクロム酸蒸気、飛沫が皮膚や粘膜に付着し、そのついた部分がクロム酸

によって腐食されて起る傷病で、症状の第一は皮膚の潰瘍である。

メッキ槽から飛散するクロム酸蒸気、飛沫が作業者の手指などに付着すると腐食作用がはじまり、長時間腐食作用が続くと、骨まで達するような深い潰瘍ができる。

第二は鼻中隔穿孔である。鼻に吸入されたクロム酸蒸気は鼻中粘膜をびらんし、次に潰瘍となり、最後に鼻中隔を穿孔する。

クロム中毒を予防するには保護具（眼鏡、帽子、ゴム手袋、ゴム長靴等）の完全着用は当然として、設備面からもクロム酸ミストの飛散を防止し、除去する装置を装備する必要がある。

各槽ごとにタンクフードを設け、ミストセパレータによりクロム酸ミストを分離、除去する設備を設置する。

1-5-2 計画の内容

(1) 排水処理装置の更新

排水処理の対象となるものはメッキの水洗工程から常時排出されるものが主体となるが、処理液の更新のとき発生する濃厚排水の処理も対象に入れた装置を設置する。

発生工程が異なると、その処理方式も異なり、異種の排水がごく少量でも混入すると化学変化を起こして処理困難となる場合があるので、シアン系、クロム系、アルミ系及び酸、アルカリ系の系統別に分けて処理する。

すなわち排水処理設備は次の装置より構成される。

- a) 各系メッキ排水送水ポンプ
- b) クロム系排水還元処理装置
- c) シアン系排水酸化処理装置
- d) アルミ系排水沈降分離装置
- e) 酸・アルカリ系排水中和処理装置
- f) 各系排水沈降分離装置
- g) スラッジ脱水装置
- h) 自動制御装置

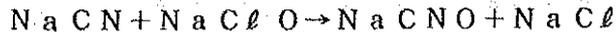
また排水処理設備の概念図を図V-1-5-1に示す。

1) シアン系排水の処理

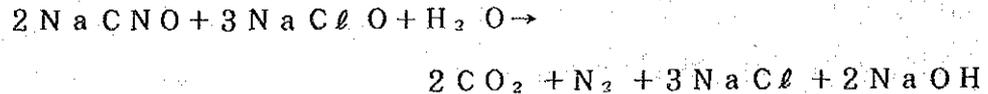
シアン系排水は貯槽より第一次、第二次酸化槽に導びかれ、シアン化合物とシアン

酸は次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) と反応し炭酸ガスと窒素に完全分解する。この酸化反応は pH を 2 段に制御する必要があるため一次酸化槽と二次酸化槽に分けて行う。

一次酸化槽



二次酸化槽



この方法はアルカリ塩素法とよばれ、酸化剤を十分に供給することが重要である。酸化剤として次亜塩素酸ナトリウム、塩素ガス、さらし粉等があるが参考までにシアン 1 kg を分解するのに必要な酸化剤の理論量を表 V-1-5-1 に示す。

表 V-1-5-1 酸化剤の理論量

(kg)

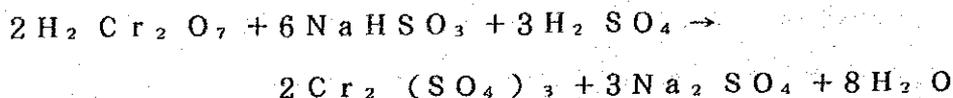
酸化剤	シアン酸までの酸化	CO ₂ , N ₂ までの酸化
Cl ₂	2.73	6.83
HClO	2.00	5.00
NaClO	2.85	7.15
Ca(ClO) ₂	2.75	6.90

2) クロム系排水の処理

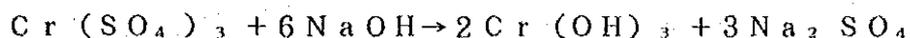
クロム系排水は 6 価クロムのままでは、アルカリで中和しても沈澱を生じないため、3 価のクロムに還元することが必要である。3 価クロムになれば他の重金属イオン同様にアルカリの添加で水酸化物として沈澱する。この反応を行うために還元槽を設ける。

還元剤に重亜硫酸ナトリウム (NaHSO₃) と中和剤として水酸化ナトリウム (NaOH) を用いたときの、化学反応式は次の通りである。

還元反応



中和反応



中和反応により生じたクロム水酸化物は排水中から分離し、排水のみを混合槽に導びく。

還元剤には重亜硫酸ナトリウム、亜硫酸ナトリウム (Na_2SO_3)、硫酸第一鉄 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) などが硫酸 (H_2SO_4) と共に用いられるが、参考までにクロム酸 (CrO_3) 1 kgを還元するのに必要な理論量を表V-1-5-2に示す。

表V-1-5-2 クロム酸 (CrO_3) 1 kgを還元するのに必要な理論薬品量 (kg)

還 元 剤	硫 酸
Fe	2.94
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.94
Na_2SO_3	1.47
NaHSO_3	0.74
SO_2	—

3) 重金属含有酸、アルカリ系排水の処理

メッキ工場の排水には、いろいろな重金属が含まれているが、pH調整により金属水酸化物を生成させ凝集分離を行う方法が一般的である。シアン系排水は酸化分解して、クロム系の排水は6価クロムを3価クロムに還元して同様な方法で、含まれている重金属を除去することができる。

この場合、処理液中に残存する重金属イオン濃度は、処理時のpHによりあるいは使用する中和剤の種類により異なってくる。それぞれの重金属イオンについて、最適なpH値と中和剤の種類についての十分な検討が必要である。

一般に重金属の沈降分離に適したpH値を次表V-1-5-3に示す。

表V-1-5-3 沈降分離に適したpH値

重 金 属 名	pH 値
カドミウム (Cd)	10.5以上
鉛 (Pb)	9 ~ 9.5
銅 (Cu)	8 以上
亜鉛 (Zn)	9 ~ 10
クロム (Cr)	8 ~ 9
マンガン (Mn)	10 ~ 14
錫 (Sn)	5 ~ 8
アルミニウム (Al)	5.5 ~ 8
ニッケル (Ni)	9.5以上

4) 固液分離

a) 沈降分離

pH調整により生成した金属水酸化物は、微粒子であるため、そのままでは沈降するのに時間を要する。理論的な沈降速度は粒子径の2乗に比例するため、凝集剤の添加により、粒子径を大きくして沈降促進を行う。

凝集工程で大きくなった金属水酸化物の粒子は、沈降槽で十分な滞留時間を与えることにより、沈降分離して上部に清澄水が得られる。

この清澄水を保持タンクに導びき、更に砂ろ過機を通して重金属類を分離除去する。

b) 汚泥の脱水

沈降分離によって発生する汚泥の水分は、汚泥濃縮を行っても、96%以上であり、流動性を有するので、固体としての取扱いはできない。

したがって固形物として運搬可能にするため脱水機にかけ処理する。また、脱水により生じる排水は酸、アルカリ貯槽に戻す。

(2) メッキ槽の温度制御

各槽ごとに電気ヒータと自動温度調節器を設け、各槽の処理温度が適正温度に保持できるようにする。

メッキ槽の攪拌はメッキ槽用送風機より分岐された導管から、圧縮空気を吹き込んで

行う。メッキ槽内の導管は耐腐蝕性の高い塩ビ管（塩化ビニール管）を使用し、槽底に対して45度の角度で明けられた小口径で多孔を有する攪拌専用の塩ビ管を布設する。

加熱用の電気ヒータには耐酸用として石英ヒータを用い、耐アルカリ用にはステンレスヒータを用いる。これらはいずれも完全防水タイプでメッキ槽専用のものである。

また自動温度調節器は電子式で精度が高く、温度センサーは液加熱専用設計されており、高感度のものである。

図V-1-5-2の外観図に示すように温度の設定はダイヤル式で操作も簡単なものである。

(3) クロムメッキ液ミストセパレータの設置

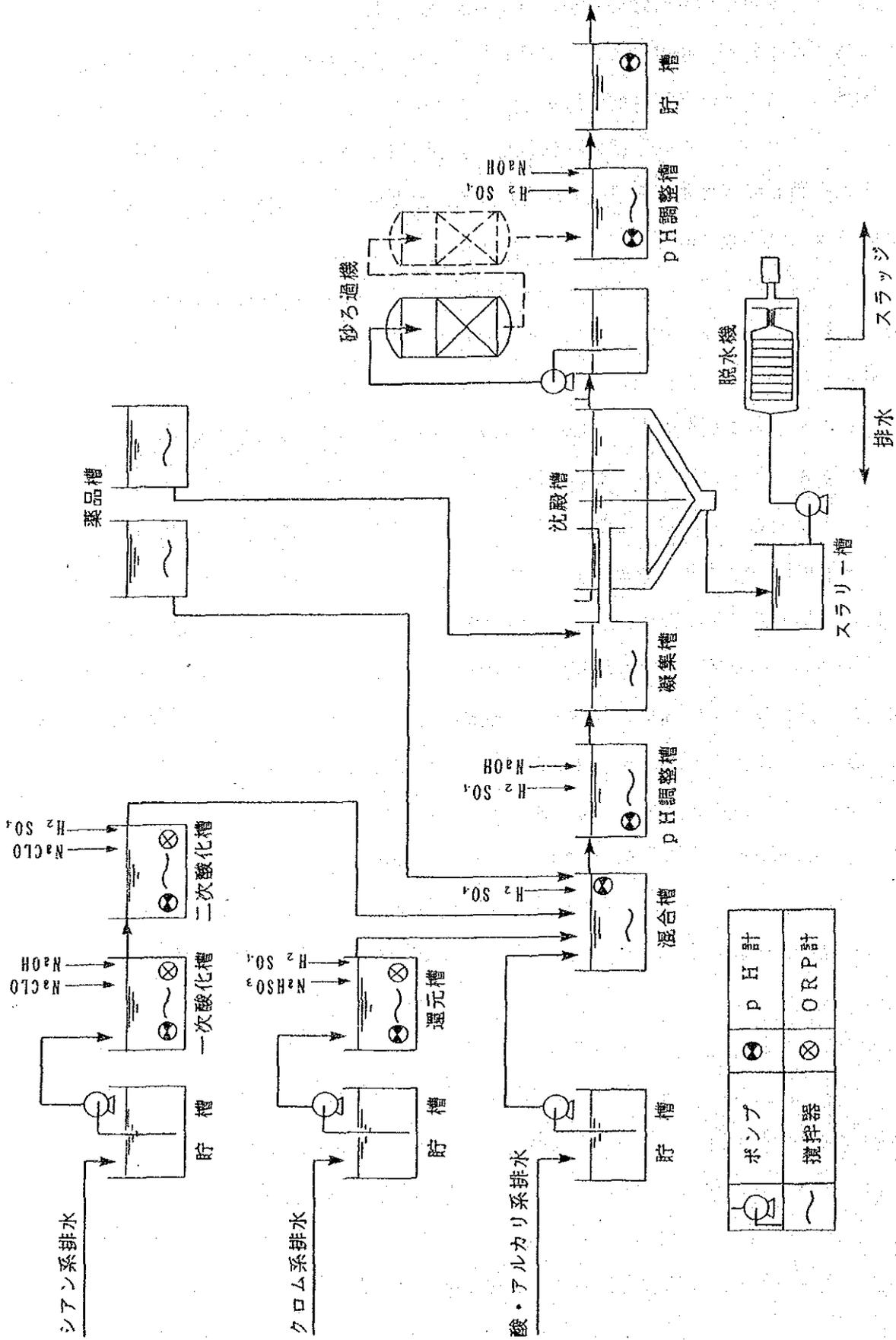
外観図を図V-1-5-3に示す。

クロムメッキ槽から発生し、空中に浮遊している微粒のクロム酸ミストをタンクフードでとらえ、ミストセパレータに導びく。

ミストは流れ方向に対し、最も効果的な角度に配列された耐蝕、耐久性に優れたエリミネータの間を通過する際に、すべてエリミネータに衝突、付着、捕集される。

更に捕集できなかったミストはサラン繊維の特殊フィルタで捕獲され排気は清浄されて排気ファンを通過し大気中に放出される。

ミストセパレータには点検口があり、定期的なエリミネータを水で逆清掃ができる構造になっている。この時の排水にはクロム酸を含んでいるので、排水処理設置のクロム酸貯槽に導びき排水処理をする必要がある。



図V-1-5-1 排水処理設備概念図

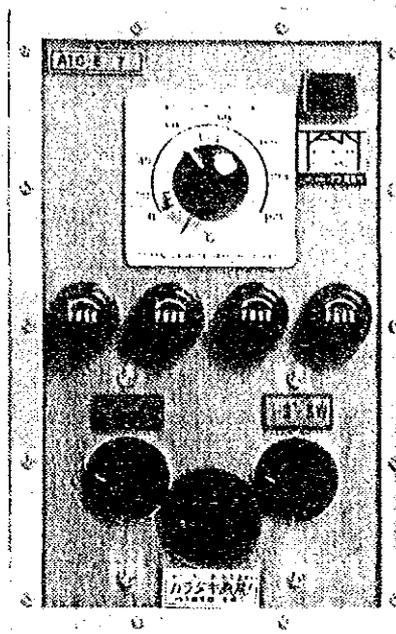
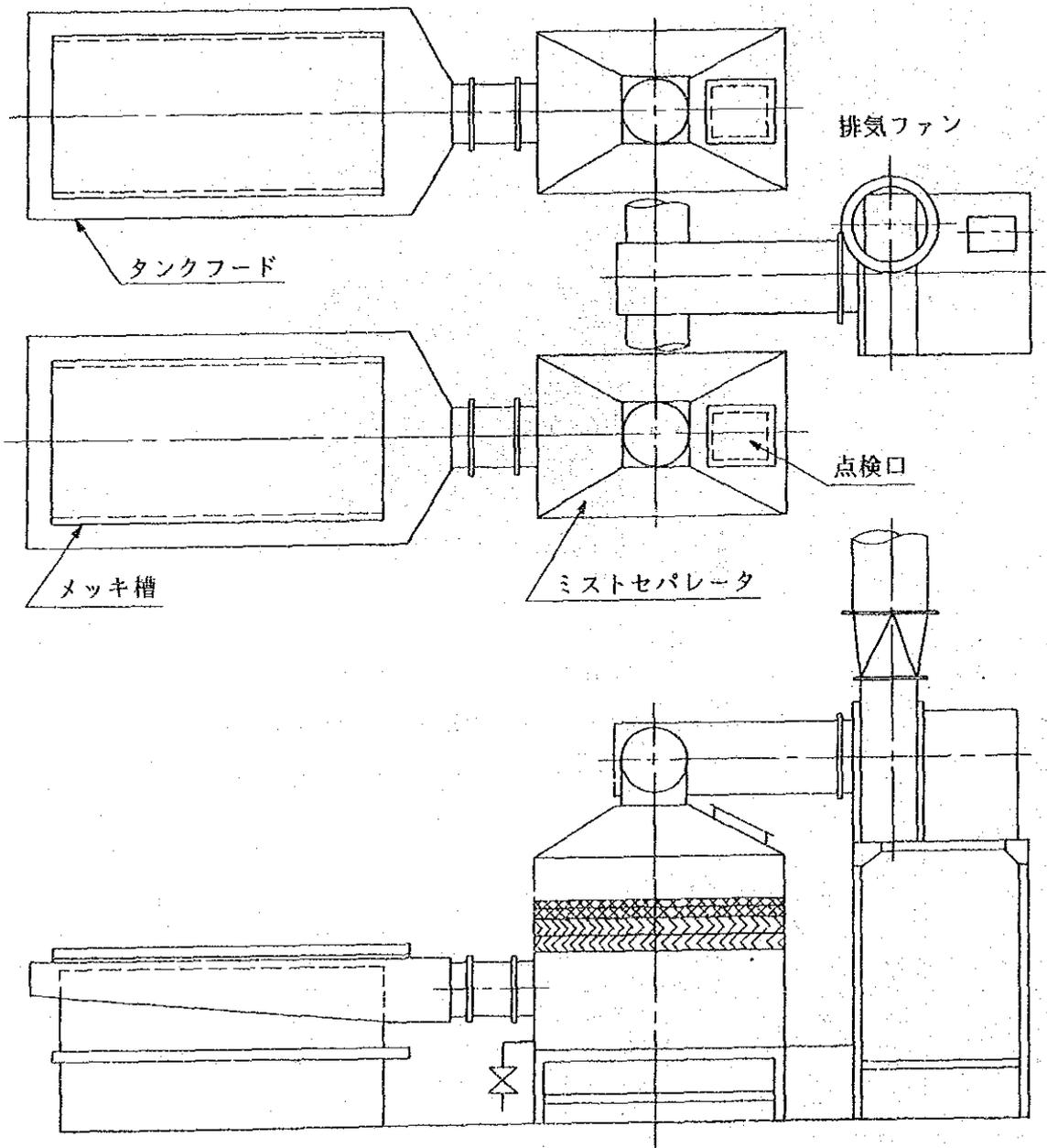


図 V-1-5-2 自動温度調節器外觀図



図V-1-5-3 ミストセパレータ外観図

1-6 板金工場

(1) 溶接機の新設及び更新

板金工場のみならず当工場内では、数多くの溶接機が使用されている。したがって溶接機の整備、修理及び老朽設備の償却・更新などを一定の基準で経済的に最も有利になるように計画することが、近代化作業の一環として重要である。

ここで、一番基準となるのが溶接機の耐用限度と生産計画に見合った溶接機に対する設備投資の点である。溶接機の耐用限度は、溶接機の性能や構造及び使用者側の使用条件によって定まるもので、基準となる数字の決定は難しいが、一般的には溶接機の各部品の摩耗、破損や機能の低下による維持費の増加および電力費の増加と設備に要する資金及び更新によって得られる能率増、コスト(Cost)の低減などの利益を比較して決定されるべきで、単に機器の耐用年数だけで決定されるものではない。

板金工場の溶接機の更新を必要とする点は、下記のとおりである。

- 1) 1970年代の古い溶接機が多く、電気系統を中心とした故障率が高く、維持費が増大している。
- 2) 旧型の制御方法、例えばセレン(Selenium)やシリコン(Silicon)を用いた機器が多く、最近の制御方法、例えばサイリスタ(Thyristor)、トランジスタ(Transistor)やインバータ(Inverter)に較べて、使用電力量が多く、また溶接条件の安定性に欠ける。

また、製品の大型化に伴い、16Mn鋼で最大使用板厚が48mmに、炭素鋼で最大使用板厚が20mm、アルミニウム(Aluminum)で最大使用板厚が18mmとなり、現状での天然ガス(Gas) 液化分離設備や空気分離設備に比較して、設計板厚が約1.75倍程度(溶着量で約5倍)増大することから、それに対応した溶接機の新設が必要とされる。新設に対する基本的な考え方は、次のとおりである。

- ・板厚の増加に伴う溶接電流の増加に対して、能力のアップ(Up)した溶接機の使用
- ・溶接線長および溶接量の増加に伴う、溶接機台数の増加
- ・厚板化に伴うミグ(MIG)溶接機の増強

推奨する溶接機の一例を次に示す。

a) 交直両用ティグ(TIG) 溶接機

交直両用ティグ溶接機の仕様を表V-1-6-1に示す。

b) マグ(MAG)・ミグ(MIG)両用溶接機

マグ・ミグ両用溶接機の仕様を表V-1-6-2に示す。

c) 大電流ミグ(MIG)溶接機

大電流ミグ(MIG)溶接機の仕様を表V-1-6-3に示す。

(2) 工場環境の改善

1) 湿度対策

当工場のように年間平均湿度が80%を超える環境で製品を製作するには、設備及び施工に関して種々の高湿度対策が必要とされる。

高湿度下の作業での問題点は次のとおりである。

a) 溶接欠陥、例えばブローホール(Blowhole)の発生率が上昇する。

b) 溶接機は、電気機器を中心に絶縁不良による故障率の上昇および感電等の労働災害の発生率が上昇する。

溶接欠陥(ブローホール)の発生に対する湿度の影響は、シールド(Shield)が乱れてアーク(Arc)雰囲気中へ空気が混入して直接影響を及ぼす場合と、溶接装置及び溶接材料に結露し、それがアーク雰囲気へ持ち込まれる場合の2種類であるが、溶接状況が正常な場合、後者への施工及び設備の対策が必要となる。

最もブローホールが発生し易いアルミニウムでの溶接の例では、湿度が80%以下ではあまりブローホールは発生しないが、80%を超えると急激にブローホールの発生が多くなる。図V-1-6-1に気孔数に及ぼす雰囲気湿度の影響を示す。

したがって当工場での溶接作業では、ブローホールの発生の防止策が、溶接欠陥率を直接下げる有効な手段と言える。

2) 施工面からの高湿度対策

図V-1-6-2では、高湿度のもとで雰囲気湿度がどのような形でブローホールの生成に寄与するかを示す。この結果に示されるように、高湿度域でブローホールが多く発生する原因は、電極ワイヤ(Wire)、コンジットライナ(Conduit Liner)あるいはガスホース(Gas Hose)内面に水分が吸着・結露することによっている。施工面からの具体的な高湿度対策としては以下に示すとおりである。

a) 可能な限り電極ワイヤ、送給装置及びコンジットをアルゴン(Argon)雰囲気中に確保し、大気へ直接曝露しない工夫をする。

b) 水分の吸着を生じ易いゴム (Rubber) のガス配管を避け、トーチヘッド (Torch Head) 周辺の可動部以外は金属、ステンレス (Stainless) 鋼あるいは銅の配管あるいはテフロン (Teflon) の配管を用いる。溶接機の内部配管についても同様である。

c) 溶接前にトーチ配管やトーチ内部のパージ (Purge) を十分に行って、内部に吸着された水分を十分に除去する。

d) 溶接直前にテストアーク (Test Arc) を置いてトーチ内を十分乾燥させる。

e) 溶加材及び溶材の保管に注意し、不用意に現場に放置しない。

一方、溶接機器を中心とした絶縁不良対策としては、主にメーカー (Maker) に依存しなくてはならないが、あらかじめ耐候性の優れた部品を用いた設計をする必要がある。

感電等への防止対策としては、作業上での注意点として

a) 溶接用保護手袋を必ず用い、また良く乾燥したものを着る。

b) 溶接ホルダ (Holder) 等の結露の状況を作業前に良く確認する。

などについて、溶接工に徹底させる。

3) 作業場の分離

アルミニウムや銅と鉄鋼構造物との混在作業による影響の状況を図 V-1-6-3 に示す。鉄鋼構造物との同一作業場所で、アルミニウムのミグ (MIG) 溶接作業前に試験板を放置した日数とブローホールの発生率との関係を示すもので、開先面をビニールシート (Vinyl Sheet) 等で保護した場合はブローホールの増加は余り認められないが、保護しないと増加する。

これに示されるように、金属粉末の飛散の激しいグラインダ (Grinder) 作業を伴う混在作業の場合には、有色金属に以下の問題が発生する。

a) 付着した鉄粉は酸化して有色金属へ固着して、ブローホールや異物巻込みの原因となる。

b) 同様に固着した酸化鉄は茶褐色に変化するため、製品の美観を損う。

これらを防止するためには、作業場を別棟にするか明確な作業場の分離が必要である。設備計画で板金工場の有色金属の作業用として別棟の建造を計画することが望ましい。

また、ブローホール欠陥の発生し易いアルミニウム並びに銅の溶接作業場では、エア (Air) 工具の使用を原則として避けるべきである。この理由は、駆動源のエア

にはコンプレッサ (Compressor) の摺動部のグリス (Grease) やオイル (Oil) が混入し、油脂ミスト (Mist) がエアと一緒に飛散し、溶接材料や機器に付着してブローホールを引き起こす。したがって、有色金属の開先洗浄後の職場では、電動工具を使用することが必要である。

4) 設備面からの高湿度対策

当工場のように年間を通じて湿度が高い場合、溶接作業場全体を恒湿度に維持することが溶接欠陥の防止及び溶接機器の保全上からも有効である。

特に高湿度になると欠陥の発生し易い有色金属については、施工対策だけでは、十分に欠陥の発生を防止することは難しいことから、溶接作業専用のクリーンハウス (Clean House) の設置が望ましい。クリーンハウスの設備は、恒温、恒湿を確保するとともに、他の作業から発生する粉塵の混入防止も考慮する必要がある。クリーンハウスの一例として添付 V-1-1-付4 クリーンルームシステム (Clean Room System) を示す。

(3) 溶接用作業工具の改善

アルミニウムの加工工具は鋼と違って、木材用の加工工具を若干パワーアップ (Power-up) したものを専用工具として用いた方が能率的である。開先の裏掘りや欠陥部の除去にはハンディー (Handy) な裏掘りカッター (Cutter) (図 V-1-6-4) を用いた方が作業能率が良いし、また、溶接工が自分で作業することによって、溶接方法に応じた開先の裏掘りや欠陥部の除去作業ができる。

グラインダによる開先加工は、軟質な有色金属においては、砥石の粘結剤が開先面に付着したり、砥粒が開先面に喰い込んだりしてブローホールを発生させるため、避ける方が望ましい。もし使用した場合は、工具刃を用いたカッター等でその面を除去する必要がある。

アース (Earth) 線の固定不良は、製品に傷又は溶接に欠陥を発生させる。アースの固定には、専用の銅の固定治具の適用で確実にを行うことが望ましい。図 V-1-6-5 にアース固定治具の一例を示す。

小径の圧力容器やノズル (Nozzle) の配管の溶接では、溶接姿勢を正しく固定し、また回転速度を均一にするための装置が必要であり、小型のポジショナー (Positioner) を用いることにより、個々の溶接作業の安定化・均質化が図れる。図 V-1-6-6 に小型ポジショナーの一例を示す。

(4) 作業環境の改善

開先加工後の開先については、その取扱いに十分注意を払うことが大切である。開先に傷をつけたり、異物を喰い込ませるようなコンクリート (Concrete) 上への直置きは避けて、盤木をはさんで保護することを工場作業者に徹底することが必要である。製品、半製品の取扱いも同様で、製品上に生じた傷も欠陥であることを十分認識する必要がある。

また、盤木上での作業を実施することにより、コンクリートの摩耗を防止する効果もあり、コンクリート粉末が舞い上がる機会が減少する。また、欠陥の発生し易い有色金属の溶接作業場の床面にペイント (Paint) を塗って、コンクリート粉末の飛散を完全に防止する必要がある。

(5) 溶接用大型回転冶具の改善

板金工場では、大型構造物の大電流ミグ (MIG) 溶接、サブマージアーク (Submerged Arc) 溶接では、回転冶具としてターニングローラ (Turning Roller) を使用している。

回転冶具としてターニングローラを使用して構造物を回転する場合、ターニングローラ同志の回転軸とローラ (Roller) の位置合せが難しく、回転する間に回転ずれを起こす。特に、ターニングローラ面の保守管理を十分に行っていないと、その傾向が激しくなる。

これらの回転ずれを防止するために、一方に大型の回転ポジションを設置し、回転速度と溶接線の位置固定を行い、構造物の重量はフリー (Free) のターニングローラで支持し、両者の特長を生かして大型の構造物の溶接を行うことが必要である。その方法の一例を図 V-1-6-7 に示す。

(6) 工場内の運搬作業の改善

板金工場の運搬作業の工程において、次に示す点について改善の必要が見受けられる。

1) 板金工場の運搬施設は、主に天井走行クレーン (Crane) 及び電動台車によって行われていたが、中小の機器、部品及び数物の部品等を取り扱う場合、これらの設備では機動性がなく、一度に運搬する量も限られる。したがってフォークリフト (Fork-lift) を採用することを提案する。

2) 数物である小物類、ガスケット (Gasket) 及びリング (Ring) 等の部品をプレス (Press) 加工した後、作業員が員数チェック (Check) をし作業台上に山積する。その後運搬者が、この部品を再度一個一個台車上に乗せて運搬している (図 V-1-6-8)。これらの部品を入れる適当なパレット (Palette) や箱等を考案することにより、プレ

ス加工後の作業から運搬作業までの工程が大幅に改善される。

またフォークリフトを採用するにあたり、その付属補助具としてパレットの使用が望ましい。なおパレットは運搬する品物により各種の選定が必要となる。別項記載の図V-2-6-1パレットの種類を参照のこと。またフォークリフトや台車の利用も同様に別項記載の図V-2-6-2を参照のこと。

フォークリフト及びパレットを採用するメリット(Merit)を次に示す。

- a) 荷の積み替え工程が省略できるとともに、一度に運搬できる量も増え効率が良い。
- b) パレットを利用することにより、保管上パレットごと積み重ねることができ、工場内の整理整頓はもとより作業スペース(Space)の有効活用が図れる。
- c) 板金工場は傷つき易い有色金属を扱っている職場であり、これらの製品をコンクリート(Concrete)床上に直置きすることは品質管理上好ましくない。そのためにもパレットの有効活用が望まれる。

(7) 安全面の改善

板金工場の溶接作業において、次のような安全面での改善が必要である。

- 1) 溶接作業での障害は、一般に表V-1-6-4に示すように眼の傷害が非常に発生しやすい。

板金工場内の溶接工の溶接用保護面の遮光ガラス(Glass)の明るさは、軟鋼の手溶接ガラスの遮光性能しかない。設備の大型化に伴い溶接入熱量が増加する。またアーク反射率の高いアルミニウムの溶接等では、更に遮光度を上げる必要があるし、溶接の内容に見合った遮光ガラスを用意して眼の傷害の発生を防止する必要がある。参考として適性遮光度の使用区分の標準を表V-1-6-5に示す。

- 2) 作業に適した服装、靴及び保護具の配慮がなされていない。例えば、靴はハイヒール(High-heeled Shoes)を着用して作業を行っている作業者が多く見受けられた。このような不安定な作業装備によって思わぬ災害が起りやすく、作業に適正な装備の徹底を図る必要がある。安全及び災害防止の問題はきわめて重要であるにもかかわらず、日常この問題が取上げられることがあまりにも少ないように思われる。管理者はもっと安全問題に関心を持つ必要がある。

(8) パイプベンダー (Pipe Bender) の更新

パイプベンダーは2ロール (Roller) 型であるので、パイプ支持側の摩擦抵抗により曲げ加工時に負荷が生じ、軟質な有色金属では、断面の変形が生じる。これを防止するには、支持側の摩擦抵抗の少ない3ロール型のパイプベンダーを導入することによって、加工時の変形を抑えることが可能になる。

推奨するパイプベンダーの一例を表V-1-6-6に示す。

(9) 板材矯正装置の設置

空気分離設備の精溜塔の内部構成部品である塔板 (棚板) は、板金工場に保有する押抜き機及び校平機各1台により加工しているが、要求精度を満足するに至っていない。

この塔板 (棚板) は設計上、下記に示すような高い製作精度が要求されている。

塔板 (棚板) の仕様 :

材質/寸法 ----- アルミ板、板厚 1mm×幅 800mm

孔 ----- 孔径 1mm±0.05mm

孔ピッチ ----- 3.25mm±10%

板の水平度 ----- 1/1000

製作精度が確保できない原因の一つとして塔板に使用される材料の平坦度が悪く、要求精度を満たしていない。このために板の平坦度を矯正し、水平度を確保する板材矯正装置の導入設置が必要である。その仕様は将来の大型化を考慮し次のようにするのが望ましい。

加工幅 ----- >1500mm

板厚 ----- 0.5 ~ 2mm

材質 ----- アルミ板

加工精度 ----- 1/1000 (板の水平度)

(10) 溶接設備の保守・管理

溶接設備 (溶接機及び溶接治具) の保守及び管理については添付V-1-付5「溶接設備管理」を参照のこと。

表V-1-6-1 交直両用ティグ溶接機の仕様

定格一次電圧	V	200	
相数		単相	
定格入力	KVA	51	
定格周波数	Hz	50/60 共用	
定格使用率	%	60	
直流無負荷電圧	V	95	
交流無負荷電圧	V	100	
直流出力電流	A	TIG溶接	5~500
		手溶接	5~500
直流出力電圧	V	TIG溶接	16~24
		手溶接	20~40
交流出力電流	A	TIG溶接	20~500
		手溶接	20~500
交流出力電圧	V	TIG溶接	16~26
		手溶接	20~40

表V-1-6-2 マグ・ミグ両用溶接機の仕様

定格出力電流	A	500	
定格入力電圧・相数	V	200, 3相	
定格周波数	Hz	50/60 共用	
定格入力	KVA	31 (27KW)	
定格使用率	%	60	
出力電流範囲	パルス(Pulse) 有	A	50~500
	パルス(Pulse) 無	A	50~400
出力電圧範囲	V	15~42	

表V-1-6-3 大電流ミグ溶接機の仕様

構 成	細 目	仕 様
本 体	ワイヤ送給電動機	DC 100W、6000rpm
	ワイヤ送給速度	0.6 ~ 6 m/min
		1.3 ~ 13 m/min
		2.5 ~ 25 m/min
	ワイヤ送給方式	定速度送給
	走行用電動機	DC 100W、6000rpm
	走行速度	15~150 cm/min
	水平調整範囲	50 mm
	垂直調整範囲	75 mm
初期電流時間	0 ~ 5 sec	
アークスタート	高周波電圧による	
ト ー チ	最大使用電流	750 A
	使用ワイヤ径	2.4・3.2・4.0 mmφ
	冷却方式	水冷
溶 接 電 源	一次入力	73 KVA
	一次電圧	200 v 3φ 50Hzまたは60Hz
	定格二次電流	1000 A
	出力電流範囲	100 ~ 1000 A
	出力電圧	15~50 V
	使用率	100 %
	外部特性	定電圧/垂下特性
	温度上昇	B種 (一部H種)
	制御方式	サイリスターIC制御

表V-1-6-4 重傷傷害の例

1	アークによる眼災	49.9%
a	溶接者	17.2%
b	溶接助手	17.2%
c	第三者	15.5%
2	ホルダによる感電	10.4%
a	ホルダが身体の一部に触れたもの	5.2%
b	溶接棒が身体の一部に触れたもの	3.5%
c	ホルダが他の鉄板などに触れ2次的に感電したもの	1.7%
3	ケーブルによる感電	10.3%
a	ケーブルの被覆損傷部分に触れたもの	8.6%
b	同上の部分が他の金属に触れ第三者が感電したもの	1.7%
4	火花による火傷	10.4%
a	火花が身体の一部に飛来したもの	6.9%
b	火花が作業衣に飛来して燃焼したもの	3.5%

表V-1-6-5 適性遮光度の使用区分の標準

しゃ光度番号	アーク溶接・溶断の作業	ガス溶接・切断の作業	高熱作業		その他の作業
1.5	散乱光または側射光を受ける作業	—	—	—	雪・道路・屋根または砂等からの反射光を受ける作業、赤外線燈または殺虫燈などをを用いる作業
1.7					
2					
2.5	—	弱輝度の作業	高炉・鋼片加熱炉、	転炉または平炉などの作業	アーク燈または水銀アーク燈等を用いる作業
3			造塊などの作業		
4			—		
5			—		
6	30A以下のアーク作業	中輝度の作業	電気炉の作業	—	—
7	30~75Aのアーク作業				
8	75~200Aのアーク作業	—	—	—	—
9	200~400Aのアーク作業				
10	400A以上のアーク作業				
11	—				
12	—				
13	—				
14	—				

備考 1 普通眼鏡形のものを使用する作業において側射光を受ける場合には、サイドシールド付きまたはアイカップ形のものを使用すること。

2 しゃ光度番号の大きいフィルタ（おおむね10以上）を使用する作業においては、必要なしゃ光度番号より小さい番号のものを2枚組合わせて、それに相当させて使用するのが好ましい。1枚のフィルタを2枚にする場合の換算は、つぎの式による。

$$N = (n_1 + n_2) - 1 \quad \text{ここに } N: 1 \text{ 枚の場合のしゃ光番号}$$

$$n_1, n_2: 2 \text{ 枚にした場合のおのおののしゃ光番号}$$

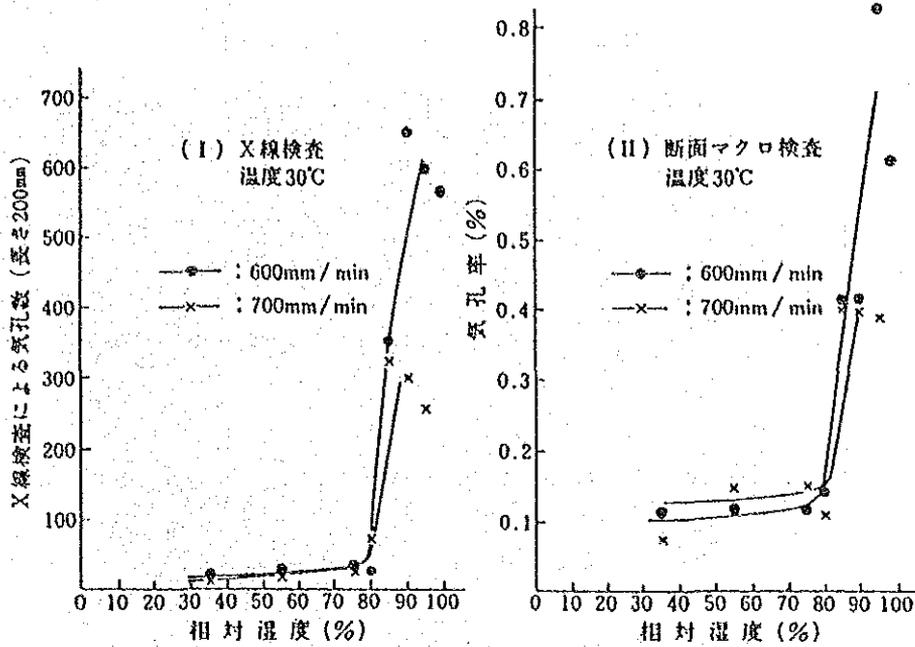
例：10のしゃ光番号のものを2枚にする場合

$$10 = (8+3) - 1, \quad 10 = (7+4) - 1 \text{ など}$$

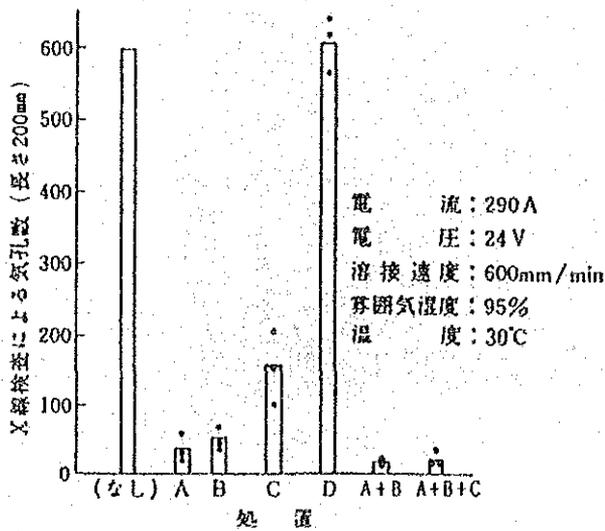
表V-1-6-6 パイプベンダーの仕様

操 作 方 法		電動・電動加圧式
構 造		横 型
ロール径	トップロール mm	220
	ボトムロール mm	230
周 速 度 m/min		6
主 電 動 機 kW		5.5ブレーキ付
加 圧 用 電 動 機 kW		1.5ブレーキ付
大 き さ L × W × H mm		1,200×700×800
重 量 kg		1800
L 型 外 曲 げ mm		6×50×50
可 能 最 小 径 mm		400(3×40×40) 500(6×50×50)
L 型 内 曲 げ mm		5×40×40
可 能 最 小 径 mm		300(3×30×30) 350(5×40×40)
平 鋼 mm		9×50
可 能 最 小 径 mm		300(6×50) 300(9×50)
○ 鋼 管 mm		42.7×3.5
可 能 最 小 径 mm		360(34.0×3.2) 400(42.7×3.5)
● 丸 棒 mm		30
可 能 最 小 径 mm		450(30) 350(20)
□角パイプフランジ曲げ mm		40×20×116
可 能 最 小 径 mm		800

ミグ溶接, 横向, ビードオンプレート (290A, 24V)



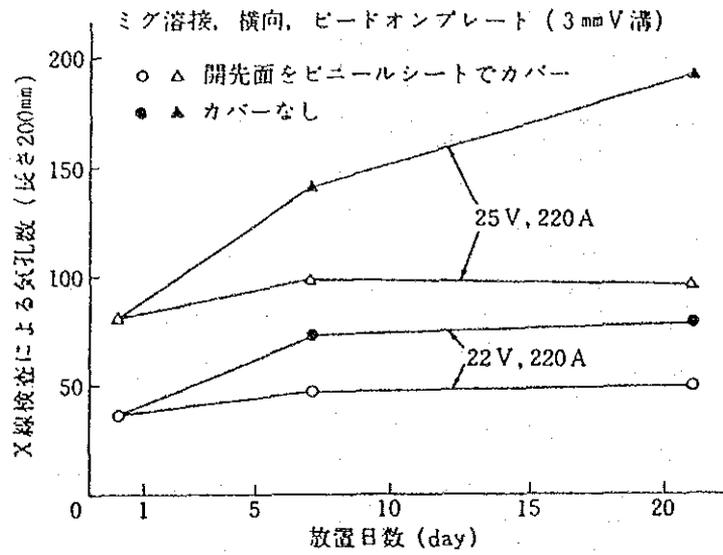
図V-1-6-1 気孔数に及ぼす雰囲気湿度の影響



高湿度域での防止対策	
処置	防止対策
処置A	電極ワイヤ送給装置及びコンジットをアルゴン雰囲気にして, 水分の吸着結露を防止する。
処置B	アーク発生前の1時間放置時にアルゴンガスを放流 (5 l/min) し, ガスホース内面に水分が吸着, 結露するのを防止する。
処置C	冷却水を加熱 (約50°C) し, トーチ部へ水分が結露することを防止する。
処置D	母材を加熱 (約50°C) し, 水分が母材に結露するのを防ぐ。

図V-1-6-2 高湿度域における気孔防止対策

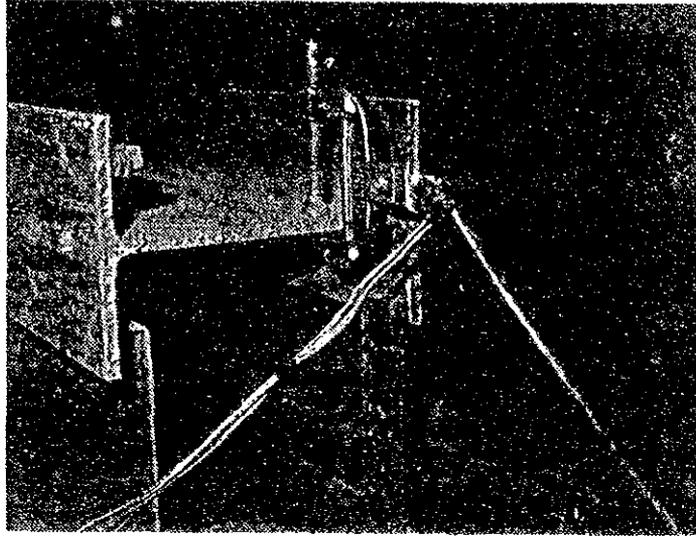
(横向ビードオンプレート溶接)



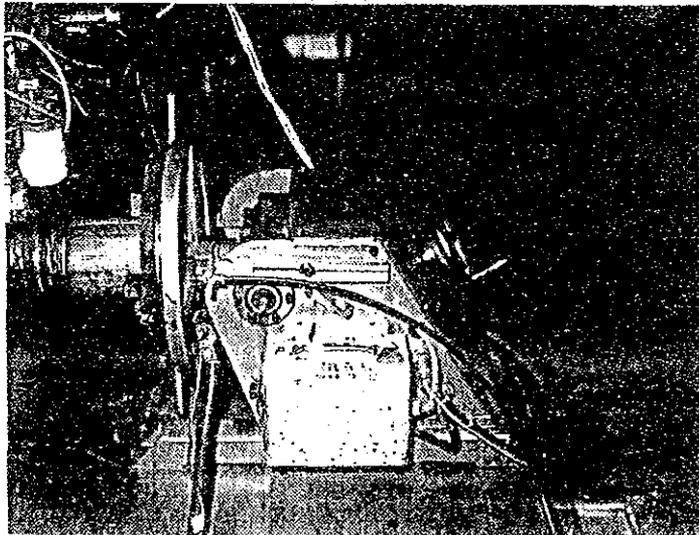
図V-1-6-3 気孔の発生に及ぼす放置日数と開先面保護の影響



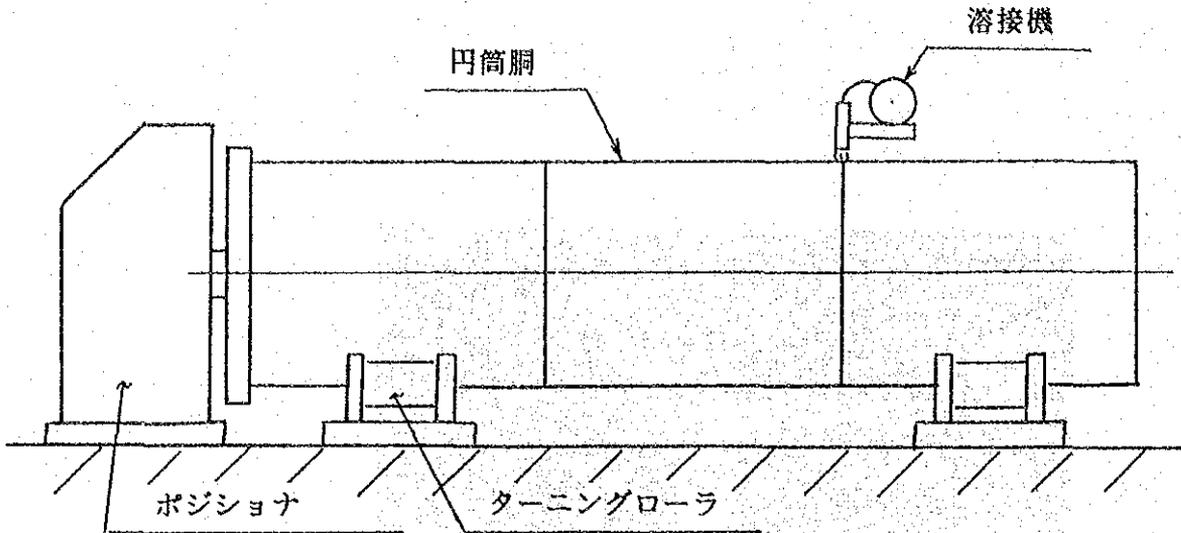
図V-1-6-4 ハンディーな裏掘りカッター



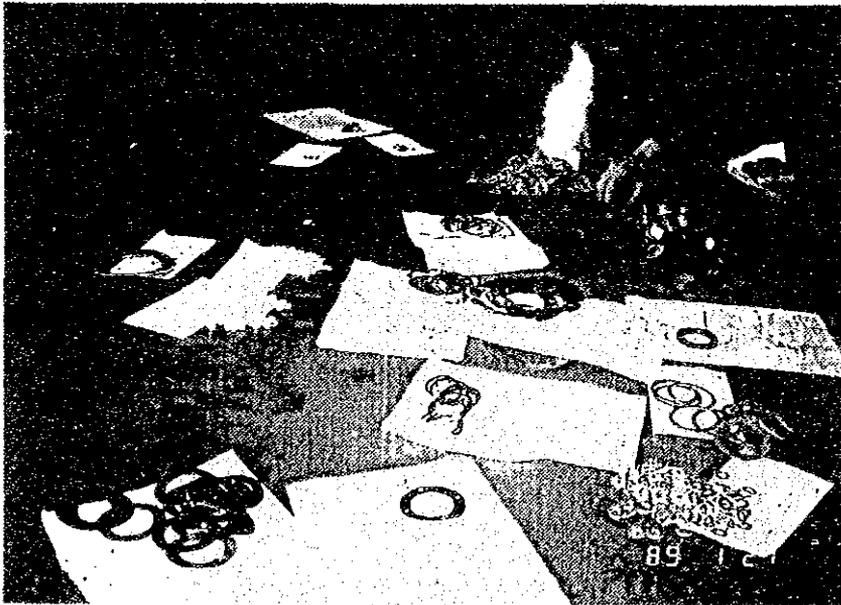
図V-1-6-5 アース固定治具



図V-1-6-6 小型ポジショナー



図V-1-6-7 ターニングローラ使用例



図V-1-6-8 小物部品のハンドリング (Handling) 状況

1-7 製缶工場

(1) 溶接機の新設及び更新

製缶工場は、アーク溶接機、サブマージアーク溶接機及びCO₂半自動溶接機の数多くの溶接機が使用されている。したがって、溶接機の整備、修理及び老朽設備の償却・更新については、工場の作業形態及び主たる溶接法を参考として溶接機を選別する必要がある。

軟鋼およびステンレス(Stainless)鋼で用いる主な溶接方法は以下のとおりである。

1) アーク(Arc)溶接

一般に手溶接と呼ばれており、ホルダ(Holder)でつかんだ溶接棒と被溶接物との間に交流または直流の電圧をかけて、その間隙にアークを発生させる。アークの強い熱によって母材の一部が溶けると同時に、溶接棒それ自身も先端より溶け落ちて母材と融合する。この溶接法は、一般に広く用いられている。

2) サブマージアーク(Submerged Arc)溶接

心線の送給と溶接の進行を自動化した自動金属アーク溶接法の一つである。サブマージアーク溶接法は継手の表面に盛上げた微細な粒状のフラックス(Flux)の中に裸の溶接線材を送給して、母材との間でアークを出すので、アークはほとんど見えないのが特徴である。フラックスは熔融状態で電導性を持っているが、固体の状態では電気の不導体であるのでアークスタート(Arc Start)時に鉄粉とかスチールウール(Steel Wool)を溶接棒と母材との間において通電しなければならない。

この溶接の特徴はアーク長が常に一定になるよう心線の送り速度が自動的に調整され、溶接電流も2,000~3,000Aの大電流を用いることができ、しかもフラックスのシールド(Shield)作用のために熱放出も少なく、溶込みが非常に大きく高能率の溶接ができることである。

溶接速度は早く、また溶接条件を一定に保ちやすいので溶接部が均一となり手溶接のごとく溶接工の技量によって溶接結果が左右されることが少なく、継手の信頼度が高い。なお溶込みが大きいことから開先角度を小さくできるので、歪みの発生が手溶接に比べて少ない。

現在、自動溶接中最もすぐれた方法として、幅広い分野で用いられている。

一方、サブマージアーク溶接では溶接材料の吟味が特に大切で、開先の精度、清掃

条件も溶接結果に影響を及ぼすので、溶接前の準備に周到な注意を必要とする。

3) CO₂ 半自動溶接

半自動溶接法は、主としてCO₂ ガスアーク (Gas Arc) 溶接法であり、シールドガス (Shielded Gas) の成分、ワイヤ (Wire) の化学成分あるいはフラックス (Flux) の有無によって種々に分類される。

現在使用されている半自動溶接機は溶接法やメーカー (Maker) によってことなるが、一般に共通して次のような構成要素を有している。

- a) 溶接トーチ
- b) ワイヤ送給装置
- c) 制御装置
- d) 溶接電源
- e) 付属機器

半自動溶接機は手溶接機に比べて上記のように構成要素が多く、装置も複雑となっているので、適切な保守管理を行うことが大切である。

半自動溶接機の故障の原因の約半数がトーチに関係している。この意味からトーチの保守管理は、日常管理として一番重要なポイント (Point) となっており、保守・点検が部品の寿命に影響するので注意を要する。

保守・点検の要領については添付V-1-付5「溶接設備管理」を参照のこと。

推奨するアーク溶接機、サブマージアーク溶接機及びCO₂ 半自動溶接機に対する、それぞれの一例を表V-1-7-1、表V-1-7-2、表V-1-7-3に示す。

(2) 工場環境の改善

軟鋼やステンレス鋼の場合は有色金属に比べて環境が溶接に及ぼす影響は少ないと言えるが、基本的には板金工場の1-6-(2) 項で述べたとおりで、それに応じた対策を行うことが必要である。

更により良い品質の製品を製作するために、軟鋼の加工場とステンレスの加工場を別々に区分し、粉塵や異種金属の混入防止等を図ることも重要である。

特に手溶接においては、溶接棒が湿気に対して敏感であり、湿気を帯びるとブローホール (Blowhole) や亀裂の原因となる。

溶接棒の取り扱い方として、包装から開封した溶接棒、現場から返却された溶接棒は、通常70~100℃で30分~1時間、また低水素系の溶接棒は、300~350℃で30分~1時

間加熱保持して十分に乾燥してから使用すべきである。

また、一般的には開先面、シールド(Shield)系(トーチ内部及びガス配管等)やワイヤ(Wire)等への結露に十分注意することが必要である。

さらに、サブマージアーク溶接用のフラックス(Flux)の貯蔵・保管に対し、吸湿防止に十分注意しなければならない。フラックスが吸湿すると、ピット(Pit)、ブローホールが発生しやすくなるだけでなく、高温割れに対する感受性も増大するおそれがある。特に焼結型フラックスは吸湿しやすいので、溶接前に十分乾燥することが必要である。

(3) 溶接用作業工具の改善

溶接工が用いる作業工具としては、ハンマ(Hammer)、ワイヤーブラシ(Wire Brush)、はつりたがね、グラインダ(Grinder)、および溶接装置の取扱い工具等があり、測定具としては、脚長ゲージ(Gauge)、喉厚ゲージ、隙間ゲージ、スケール(Scale)、ポータブル(Portable)電流計などが上げられる。

これらのうち、使用頻度の高い、ハンマ、ワイヤーブラシ、脚長ゲージと溶接装置の取扱い工具は各自携帯する必要がある。

アース(Earth)線についての注意事項は次のとおりである。アーク(Arc)の源である溶接電流は溶接の最も重要な因子である。そして、その電流はホルダ(Holder)の導線とアース線にそって導かれるので、ホルダ側の配線に正規の導線を用いても、アース側の配線に不備があると正規の電流が得られないことになる。

一般にアース線の容量不足あるいはアース線に鉄板、スクラップ(Scrap)、アングル(Angle)等を用いている場合があるが、これらの不良のアース線を用いていると電力を損失したり、作業中のアークの不安定や、中断を招いたりして多くの不都合を生じるので注意しなければならない。正規のアース線を設置し、アースはしっかり被溶接物に締付けることが必要である。

小型の圧力容器やノズル(Nozzle)配管の溶接の場合、小型のポジショナー(Positioner)を用いることにより、個々の溶接作業の安定化・均一化が図れる。小型のポジショナーの例は板金工場の1-6(3)項を参考にして改善を図ることを推奨する。

(4) 作業環境の改善

製缶工場の作業環境については板金工場と同様な問題がある。製缶工場の作業環境の改善については板金工場の1-6(4)項を参考にして、改善を図ることを推奨する。

(5) 溶接開先加工設備の導入

製缶工場に保有する固定式溶接開先加工機1台により、製缶工場及び板金工場で作成する板材の溶接開先の加工を行っているが、現在、加工量に対して設備が不足しているため残業によって賄っている。したがって、ハンディ(Handy)型の溶接開先加工機の導入を検討する必要がある。

厚板及び大板の開先加工は現有の設備を専用とし、薄板及び小、中板にはハンディ型の設備を併用することにより、これらの問題が解決できる。

(6) 溶接用大型回転治具の改善

製缶工場の溶接作業においても、胴物の開先合せに苦勞している。ターニングローラ及びポジショナー等を有効に使用して改善する必要がある。板金工場の1-6(5)に述べた事を参考にして製缶工場独自の改善案を考案する必要がある。

(7) 工場内の運搬設備の導入

製缶工場の運搬設備は板金工場と同様に、主に天井走行クレーン(Crane)及び電動台車で行われている。大型の加工機器及び部品等を取り扱う場合、これらの設備では機動性がなく効率が悪い。したがって、フォークリフト(Fork-lift)とその補助具であるパレット(Pallette)を採用することを提案する。

なお、フォークリフト及びパレットを採用するメリット(Merit)は、前述の板金工場の1-6(6)項を参照のこと。

(8) 安全面の改善

1) 運搬時の荷物の固定方法

圧力容器の円筒胴を台車に乗せ運搬する時、転がり防止の治具として簡易的な物、例えばボルト(Bolt)等を使用していた。

このような固定では不安定で、重大な災害になる基である。

安全面からも、これら安易な固定方法を改善していく必要がある。

一般に使用されている固定方法の例を図V-1-7-1に示す。

2) 作業環境

製缶工場内の作業環境において、安全衛生面で改善が必要と見受けられたものは、

- a) 工場内に鏡板や円筒の半成品等が山と積まれ、工場の床面積が生産のために有効に活用されていない。また安全面から見ると、作業通路が十分に確保されてなく、不安定な物の置き方をしている。

b) 床に吊りワイヤー(Wire)や溶接のアース(Earth)線等が散乱している。

等である。「整理」「整頓」「清掃」「清潔」と「躰」は生産活動の原点である。清掃せよ、整頓せよと管理者・監督者が声を大にしても思うように進まないものである。すなわち整理・整頓がしやすい環境をつくることである。その手法の主なものを次に示す。

a) 工程待ちの部品、仕掛部品などは、ばらばらに置くのではなくパレット等を準備し、整理整頓がしやすい状況にする。

b) 吊りワイヤーや溶接棒の残棒入れ、スクラップ(Scrap)入れを作り、それぞれ色分けをして管理する。

c) 安全通路を明確に標示し、安全面にも考慮する。

3) 製缶工場は板金工場と同様に、溶接作業での眼の傷害が発生しやすい職場である。

また、作業に適した装備の徹底を図る必要がある。板金工場の1-6 (7)項に述べた事を参考にして改善をする必要がある。

(9) X線透過試験設備の改善

X線による非破壊検査では、X線出力の増大によってX線の照射に要する時間の短縮が図れるが、その一方、依然としてフィルムカセット(Film Cassette)の設定、X線管を用いる場合の照準作業には多大の人手と時間を要する。

X線を用いた非破壊検査の基本動作としては、検査場への検査物体の設置、X線発生装置の照準設定、検査位置のマーキング、フィルムカセットの貼りつけ、フィルムマーカー(Film marker)の設定、透過度計(Penetrimeter)等の設定、など検査の前工程を行った後、予め計算されたX線々量を照射する。一般には、照射そのものは1~数分で終了するが前工程に要する時間は、2~3人で10分以上の時間を要することから、前工程の能率向上が必要とされる。

ここでは、X線による非破壊検査の自動化を導入する場合の基本的動作のフローチャート(Flowchart)を図V-1-7-2に示す。

X線フィルムに対する問題は、ペネトラメータだけではなく、階調計(図V-1-7-3)を設置して、溶接部の撮影をすることにより、検査精度の向上を図ることが望ましい。

また、X線フィルムのマーキング例を図V-1-7-4に示す。

当工場では照射範囲を示す有効長を示す鉛マーク(Mark)が指示されていないが、欠陥部の詳細位置の決定のためには、常に検査物体の有効長マークとX線フィルムの有効長

マークを対応できるようにした方が、補修工程での無駄が省ける。

現有のX線装置を使用して撮影効率を上げるには、X線検査室の構造を変えることが望ましい。現在のように一室3台のX線装置があっても、撮影時に人払いをする関係上、最も準備の遅いX線装置に撮影時期を合わせるため、準備が早くすんだ他のX線装置は待時間となる。

この点から、検査室の構造を変えることが望ましい。各々の撮影装置に対応して、可動の鉛コンクリート (Concrete) の遮蔽壁で分けられた小分室 (図V-1-7-5参照) にして撮影能率を上げ、また、可動壁を取りはずして撮影作業を実施することにより、大きな検査物体のX線検査も可能となる。

(10) 鏡板の成形加工機の導入

製缶工場に保有する1,000 TON 水圧プレス (Press) により種々の鏡板の成形加工を行っているが、次のような問題を抱えている。

- 1) 当工場で使用する鏡板は、材質・板厚・寸法において多品種で沢山の金型を当工場内に保有している。この金型の保管スペース (Space) は約18M×27Mにおよび、工場内の作業スペースを占有しているとともに保管管理に多くの時間を費やしている。金型保管状況を図V-1-7-6に示す。
- 2) 薄板の鏡板の成形加工において、引き裂き傷やしわ等の欠陥が発生するため、製品として品質・強度上好ましくない。

当工場における鏡板の製造可能範囲および欠陥の発生範囲を表V-1-7-4に示す。一般に先進工業国では、特殊の鏡板を除いて、専門の鏡板メーカー (Maker) に依存することによりこれらの問題を解消している。

したがって、当工場においても、次の点について検討する必要がある。

- a) 使用頻度の高い鏡板と少ないものとの分類
- b) 欠陥が発生する範囲の分析
- c) 外部より購入できる範囲で、納期的に問題のない範囲

以上を十分に分析・検討し次の方法に順次切り替えて行くことが必要である。

- a) 使用頻度の高いものは、現有のプレスで加工を行う
- b) 使用頻度の低いもの及び欠陥が発生するものについては、スピニング (Spinning) 機の新規導入を検討する
- c) 使用頻度の低いもので外部から購入ができ、しかも納期にも満足できるものは、外

部より購入することを検討する

- d) 外部からの購入が難しく、納期も満足できない大径厚肉の鏡板については、将来、当工場で生産することも考え、そのための設備の設置についても考慮すべきである。

(11) 磁気吹き対策

軟鋼を中心とした溶接で、直流溶接を実施した場合、磁気吹き現象が起こり作業を困難にする場合がある。この現象は溶接電流によってアークの周囲にできる磁力線が被溶接物の形状による影響を受けて非対象になった時アークが一定方向に吹付けられて均一な溶着が不可能となり、溶込不足や気孔を発生しやすくなる。

磁気吹きを防止するには、アースの位置を変えたり、また溶接棒の角度を変えて短いアークを用いる等の方法がある。

また、Crを含む鋼では、材料そのものがマグネットチャック (Magnet Chuck) 等の影響で、帯磁している場合があって、この磁気の影響で前述のような磁気吹きを起す場合もあり、入手材料の残留磁気量についても監視する必要がある。

(12) サブマージアーク溶接装置の改善

サブマージアーク溶接は、フラックスと心線が別々に供給される。粒状のフラックスは溶接用ワイヤの前方に供給され、アークはフラックス中で、溶接用ワイヤと被溶接材の間に発生して溶接を行う。

この溶接は熱入力が大きく、溶込みも深いので、厚板に利用されるが、1.6mm以下の薄板に利用される場合もある。

ただし、ステンレス鋼においては、合金成分のCrが10~15%程度の損失があるので、ワイヤやフラックスの成分調整が必要である。また、オーステナイト (Austenite) 系ステンレス鋼のうちNbやTiで安定化したものは、ビード (Bead) 表面に細かい割れが生じ易いので注意が必要である。

平板を溶接する場合は、特に問題は無いが、胴物の溶接の場合、溶接後に残留したフラックスが回転するにつれ床に落下するので、フラックス回収装置の吸入口をアークの後方に設置して自動回収する方が、ごみ等の混入が無く、再使用の場合の問題点が少ない。フラックス回収装置の一例を図V-1-7-7に示す。

表V-1-7-1 アーク溶接機の仕様

定 格 一 次 電 圧	V		200
相 数	-		単相
定 格 入 力	kVA		26
定 格 周 波 数	Hz		50/60共用
定 格 使 用 率	%		40
直 流 無 負 荷 電 圧	V		80
交 流 無 負 荷 電 圧	V		80
直 流 出 力 電 流	A	TIG溶接	5~300
		手 溶 接	5~300
直 流 出 力 電 圧	V	TIG溶接	16~20
		手 溶 接	20~32
交 流 出 力 電 流	A	TIG溶接	20~300
		手 溶 接	20~300
直 流 出 力 電 圧	V	TIG溶接	16~22
		手 溶 接	20~35

表V-1-7-2 サブマージアーク溶接機の仕様

機械本体

適用電流	AC 250~1500A (1電極当り)
適用ワイヤ径	(2.4) (3.2) 4.0、4.8、6.4mmφ ()内は特別付属品が必要)
適用ワイヤコイル	重量 12.5kg、25kg巻
台車走行速度	12~120 cm/分
レール	1.8 m長、ラック付、250 mmゲージ
水平調整量	±40mm (両電極1体)
水平微調整	±20mm (両電極それぞれ単独)
上下調整	±25mm (両電極それぞれ単独)
電極間隔調整範囲	60~180 mm (両電極とも垂直にして、 左電極に対して右電極可動)
ホッパ容量	20ℓ (10ℓ × 2コ)

電源

定格一次電圧	V	AC 1φ 200 (180・200・220Vタップ付) (スコット結線端子付)
定格周波数	Hz	50-60周波数別専用
定格二次電流	A	1500
定格一次入力	kVA	113 (M) 138 (ML)
電流調整範囲	A	400~1500
定格無負荷電圧	V	40+j12V (60Hz) 40+j10V (50Hz)
二次無負荷電圧	V	89
使用率	%	1300Aにて1時間連続

表V-1-7-3 CO₂半自動溶接機の仕様

定 格 出 力 電 流	A	500
入 力 電 圧	V	200
相 数		三相
周 波 数	H z	50~60共用
定 格 入 力	K V A	30
定 格 使 用 率	%	60
出 力 電 流	A	60~500
出 力 電 圧	V	15~42
クレータフィラ電流	A	60~500
クレータフィラ電圧	V	15~42

表V-1-7-4 鏡板の製造可能範囲および欠陥発生範囲

直径	h ₁	h ₂ = 15		h ₂ = 25				h ₂ = 40				h ₂ = 50				
		S=2	S=3	S=4	S=6	S=8	S=10	S=12	S=14	S=16	S=18	S=20	S=22	S=25	S=28	S=30
80	20					○										
100	25	○		○												
125	32			○												
150	38	○		○		○	○	○								
200	50	○		○	○	○	○	○								
250	60	○		○	○	○	○	○								
300	75	○	○	○	○	○	○	○								
350	88			○	○	○		○	○							
400	100	●	○	○	○	○	○	○	○							
450	112		○	○	○	○		○				○				
500	125	●		○	○		○	○				○			○	
550	137		●	加冷	○		○	○	○							
600	150		●	工間	○	○	○	○		○		○	○			
650	162		●	域			○									
700	175			●	○	○	○	○	○							
750	188		●		○											
800	200			●	○		○	○	○	○						
900	225			●	○	○		○				○	○			
1000	250				●	○		○	○	○			○	○		
1100	275						○									
1200	300	加工能力			●	●	○	○	○			○				
1300	325	ライン→					○		○				○			
1400	350				●	●	○	○	○							
1500	375			●												
1600	400					●	○	○		○						
1700	425			●	●	●										
1800	450					●		○	○		○					○
1900	475				●											
2000	500				●		●	○		○	○	○	○			
2100	525												○			
2200	550									○			○			
2300	575										○					
2400	600					●	●									
2600	650															
2800	700															
3000	750															

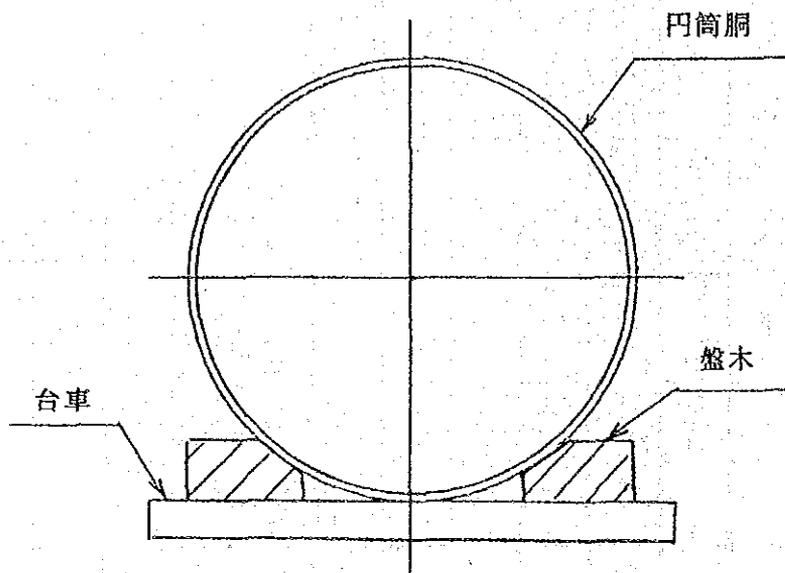
S : 板厚
h₁ : 鏡板曲部深さ
h₂ : 鏡板平行部長さ

←加工能力ライン

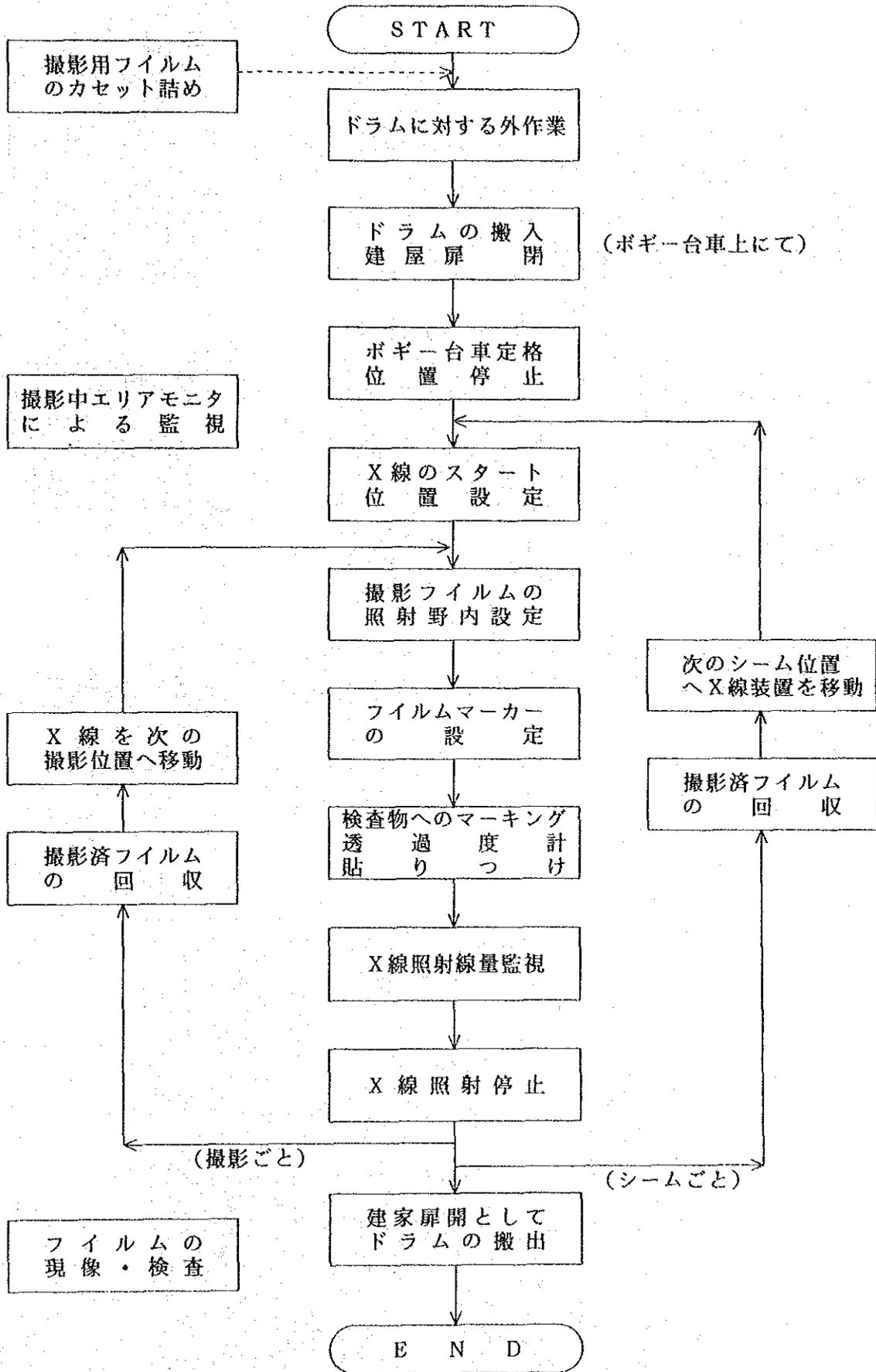
熱間加工域

※○加工良好
※●シワ発生

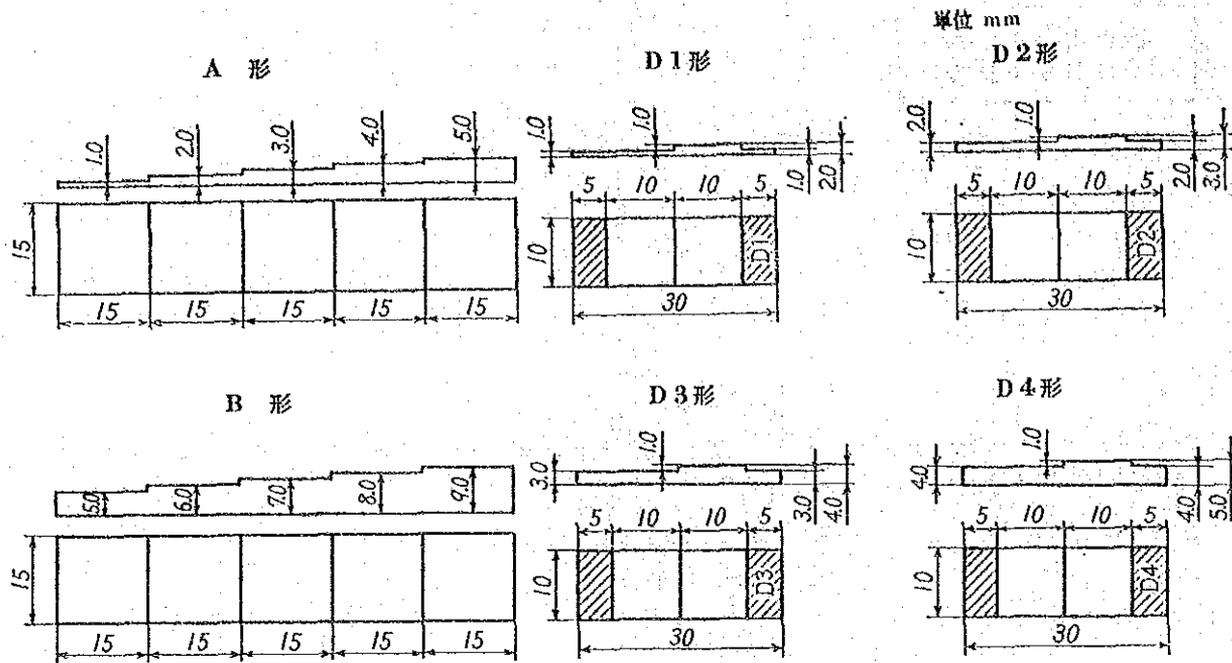
注：四川空気分離設備廠の手持ち資料に基く



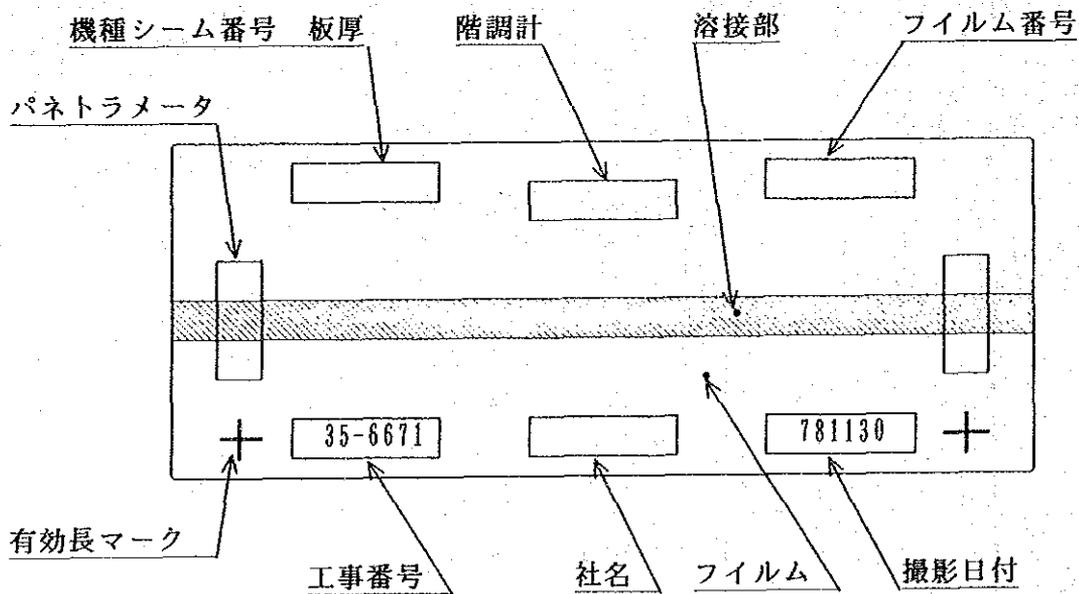
図V-1-7-1 荷の固定方法



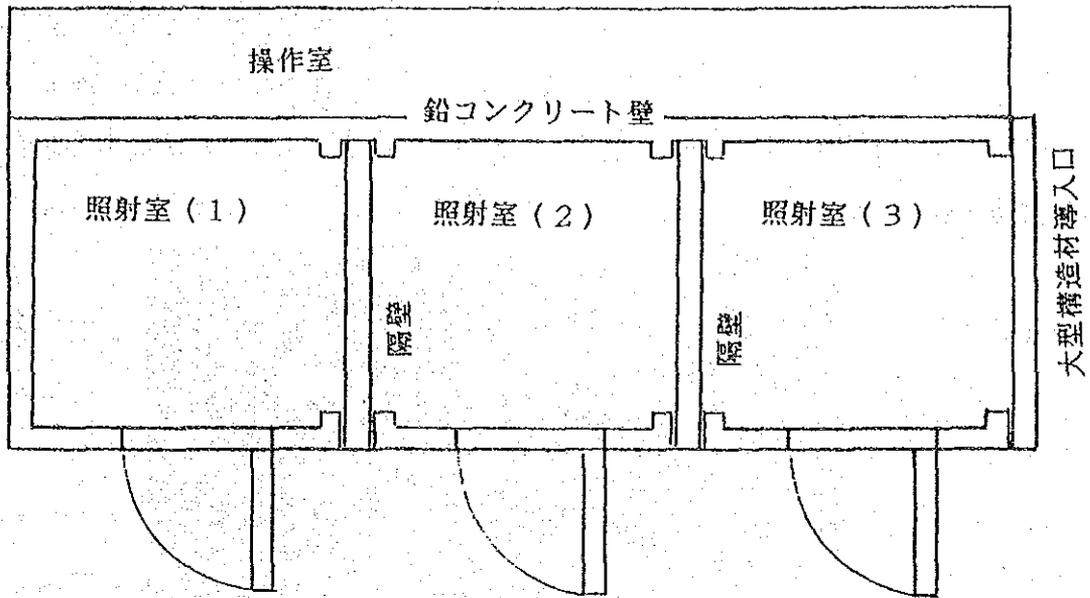
図V-1-7-2 X線による非破壊検査の自動化を導入する場合の基本動作



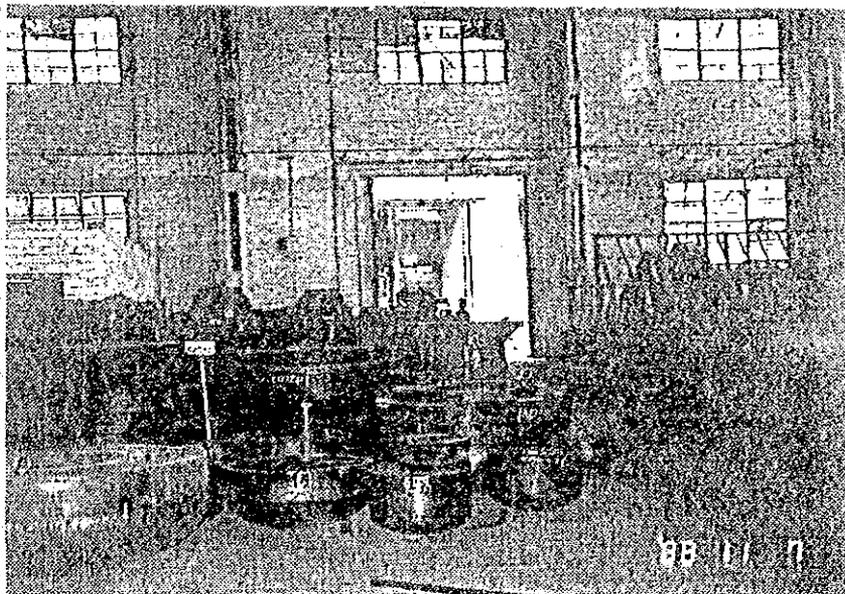
図V-1-7-3 階調計



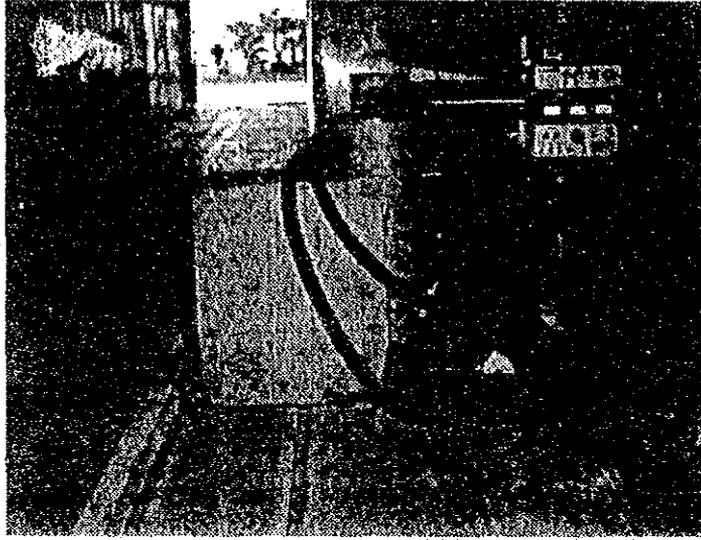
図V-1-7-4 X線フィルムのマーキング例



図V-1-7-5 可動の鉛コンクリートの遮蔽壁に分けられた小分室



図V-1-7-6 金型保管状況



図V-1-7-7 フラックス回収装置の例

1-8 機械工場

1-8-1 目的と計画の概要

(1) 縦形ホーニング盤の更新

全工場とも機械設備の老朽化がみられるが、特に往復圧縮機の主要部品であるシリンダー車室の内面研磨に供されるホーニング盤は精度が低下し、加工精度の確保が難かしい。

大型、小型、ホーニング盤が各1台あるが、いずれも精度が低下しており、過去に精度修復のための開放修理を繰返しているが、精度の回復までには至っていない。

シリンダー車室は鋳物のため、研磨粉が摺動部に入りやすく、かなり摺動部が損耗している。

精度の回復が難かしいので、使用頻度の高い大型ホーニング盤の更新が必要である。

(2) 代替機の導入

大型平削盤（テーブル幅1,500mm×長さ4,000mm）が1台のみで、故障時や定期修理時に代替機がない。

工具工場に平削盤（テーブル幅1,000mm×長さ3,000mm）が1台あるので、加工可能な範囲でこれを活用している。

近代化計画で空気分離設備の容量がアップすると、往復圧縮機のクランクケースが大きくなり（幅1,100×長さ1,570×高さ470）工具工場の平削盤では代替機として対応できなくなる。近代化計画に備えて、代替機として大型平削盤の導入が必要である。

(3) NC加工部品の拡大

全工場でNC機械は旋盤2台、放電加工機2台、ミーリング盤1台があり、現在汎用ミーリング盤1台をNC機に改造している。

主要製品である空気分離設備と天然ガス液化分離設備を構成する機器は、いずれも高精度の加工を要するものが多い。

特に重要部品として膨脹タービンのシャフト、往復圧縮機のピストン棒、連接棒のビッグエンドボルト (Big end bolt)、クロスヘッド軸受等の加工精度は製品の品質に大きく影響する。これらの部品は汎用機械で熟練作業員により加工されている。

加工精度の確保と品質の均一性を図るため、軸もの加工用にNC旋盤の導入が必要である。

NC旋盤の導入は新規設備ではなく、現有の汎用旋盤をNC機に改造することにより行う。

1-8-2 計画の内容

(1) 縦形ホーニング盤の更新

縦形ホーニング盤を1基設置する。

ホーニング加工とは砥石を使用して加工物と一定の面接触状態を保ちつつ同時に回転と往復を主体にした運動によって加工物の寸法、形状、表面の修正を能率的に行う精密加工法である。

ホーン仕上げによって得られた仕上面は、粗さが滑らかであることはもちろんであるが、寸法精度が正しく、その表層の受けている加工歪もまた小さいので、仕上げ面としてはラップ仕上げ、超仕上げとともにすぐれたものとなっている。

図V-1-8-1は縦形ホーニング盤の外観図の一例を示すが、本機は特殊構造のヘッドストック (Head Stock) を採用しているため、ホーン仕上げの圧力を大きくすることができ、重研削が可能である。

したがって、ホーン仕上げ前の研削を省いてホーニング加工後、ただちにホーニング仕上げができる。その他次のような特徴を有している。

特 徴

- 1) 砥石拡張が自動3段切換方式のため、ワークに対する初期なじみや任意の面粗さが得られる。
- 2) 本体組込みの油圧式上下クランプ装置により、ワークの着脱が容易で心出しも不要である。
- 3) 作業テーブルは左右スライド式のため、研削中に他のワークの着脱も可能で計測も容易である。
- 4) ペンダントスイッチの各押釦により自動、単独操作が簡単に行え、また前面油圧操作盤で、研削中でも上下ストロークならびにホーン圧の変換が可能である。
- 5) ショートストロークは手動レバー操作で、軽く作動し、楕円テーパの修正も容易である。

表V-1-8-1には主なる仕様例を示した。

(2) 大型プラノミラの導入

大型プラノミラ (Planomiller) を1基設置する。

プラノミラはベッドすべり面上を水平に送られるテーブル上に工作物を取付け、クロスレール又はコラム上を移動することのできるフライスヘッドをもち、大物部品の平面加工に適した平削り盤である。

図V-1-8-2は門型プラノミラの外観図の一例を示すが、本機は高速で、強力な重切削が可能であり、操作性にもすぐれており、高精度を保持できる特徴を有している。

表V-1-8-2は仕様の一例を示している。

(3) N C 旋盤への改造

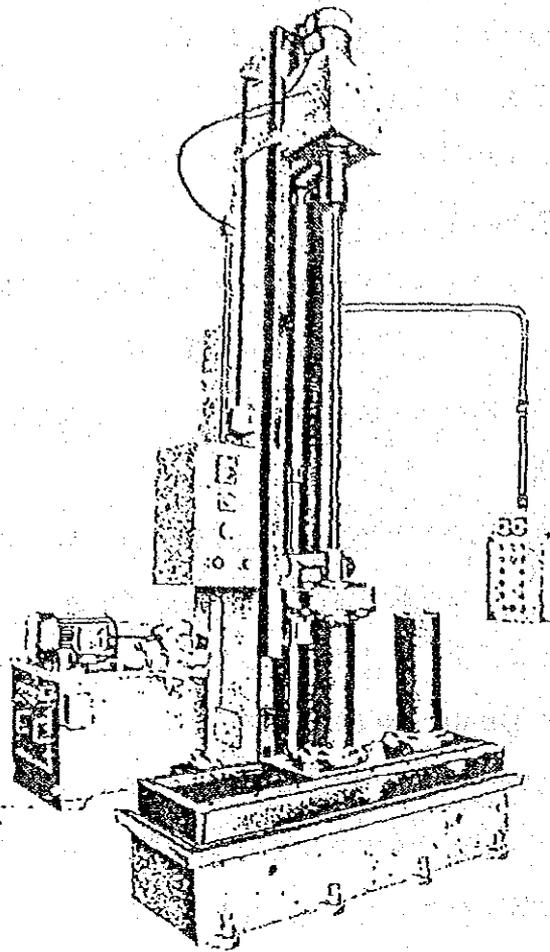
汎用機械をN C機へ改造するための技術レベルには達していないが、旋盤のN C化を手始めに自力で改造することを推奨する。

この結果、加工部品の品質を向上させるだけでなく、全体の技術レベルと技能レベルの向上につながり、大きな相乗効果が期待できる。

一般にN C機械の効果として次のことがあげられる。

- 1) 他品種少量生産の自動化手段であり省力化が図られる。
- 2) 加工条件を一定に保ち品質の均一性が図られる。
- 3) 複雑形状の部品加工の能率化と精度の向上。
- 4) 基準に対する関連寸法の精度向上による組立作業の能率化。
- 5) 作業時間が一定化されるために労働管理、工程管理が容易になる。
- 6) 作業データが定量化され作業管理の合理化、標準化が図られる。
- 7) 作業条件の設定が集中化され、熟練者の必要度合が減少する。
- 8) 加工内容があらかじめプログラムされるので、加工の進行は時間的などぎれがなく行われる。機械停止時間が減少し、加工時間の短縮が図れる。
- 9) 治工具の標準化が図れる。

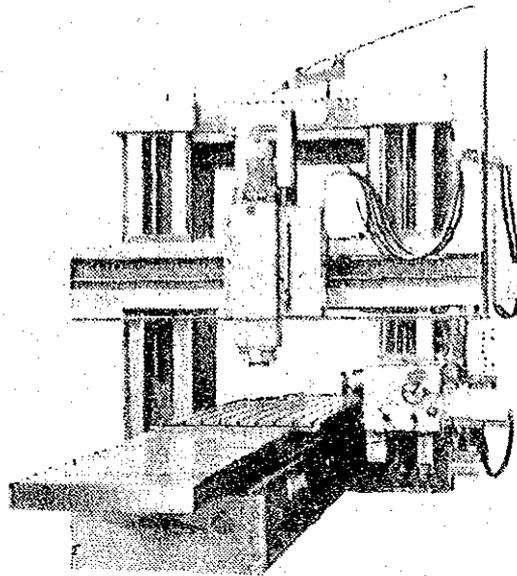
一方自力でN C機へ改造することにより表V-1-8-3に示すような効果が期待できる。



図V-1-8-1 豎形ホーニング盤外観図

表V-1-8-1 仕様の一例

加工穴径	$\phi 200 \sim 450\text{mm}$
長さ	1,500mm
主軸回転数(3段)	14/21/34 RPM
砥石拡張方式	油圧式 3段
モータ	3.1KW
機械寸法 全高	4,700mm
縦	2,500mm
横	1,100mm



図V-1-8-2 門型プラノミラ外観図

表V-1-8-2 門型プラノミラの仕様例

テーブル 幅		1,500mm
長さ		4,200mm
作業面の大きさ		1,500mm × 3,600mm
ストローク		4,150mm
ベッドの長さ		8,540mm
切削し得る高さ	b	1,500mm
コラム摺動面間の距離	a	1,900mm
切削し得る幅	c	1,600mm
所要床面積		6,000mm × 11,500mm

表V-1-8-3 NC機への改造期待効果

現 状	期 待 効 果
■ 加工精度が落ちた。	<input type="checkbox"/> 機 能 向 上
■ 能率が悪くなった。	<input type="checkbox"/> 操 作 性 向 上
■ 故障が多い。	<input type="checkbox"/> 生 産 性 向 上
■ 部品が入手できない。	<input type="checkbox"/> 加 工 精 度 向 上
■ 加工製品の形状が変わって、現有機では対応できない。	<input type="checkbox"/> 生 産 技 術 向 上
■ 手動機械なので、自動化したい。	<input type="checkbox"/> 品 質 の 均 一 性
■ 遊休機械の活用をほかりたい。	<input type="checkbox"/> 老 朽 機 有 効 利 用
■ 技術レベルをあげたい。	
■ 若年者が多く、品質バラツク。	

1-9 バルブ工場

1-9-1 目的と計画の概要

(1) 老朽機械の修復および更新

全工場に共通していえることは全般的に製造設備が老朽化しており、生産効率と製品品質に悪い影響を及ぼしている。

特にこの傾向はバルブ工場の設備が顕著であり、故障による機械停止時間が他工場に比べて極端に多くなっている。

老朽機械への対応として修復するか、更新するかを選択は画一的には決められず、生産効率面、品質精度面、投資効果面等あらゆる角度から検討して決定しなければならない。

過去の統計からみて故障が多く非生産的な機械や、加工精度が極端に悪く修復が期待できない機械のリストアップ(list up)を行い現状を正確に把握することが重要である。

更に重要なことは現有設備の効率的活用を図るため、劣化を防ぐために、全員参加で保全活動を展開することである。

1-9-2 計画の内容

(1) 自主保全活動の展開

機械の保全は、機械を操作する者がそのすべてを行うのが理想の姿である。機械の点検や保全は保全部門の仕事と思われがちであるが、この考え方が存在する限り機械の故障はなくなることはない。

したがって、このような考え方を改め、設備に携わるすべての人の考え方や行動を変えることが大切であり、全員で設備の故障を零にする活動を展開する必要がある。

すなわち、“設備は故障するもの”という考え方ではなく、設備に携わるすべての者が、それぞれの立場から正しく設備を取扱うことによって“設備は故障しないもの”にすることができるという考え方に改めることである。

設備の故障とは全機能が停止する突発故障と思われがちであるが、設備の劣化によって突発故障には至らないまでも、段取調整時間の増大、空転、小停止の多発、工程不良の発生等いろいろなロスが発生させるような状態も設備の故障なのである。

一般には突発故障だけが故障とみなされ、ロスが発生させるタイプの故障は無視され

たり、忘れられたりしていることが多い。しかし実際には設備ロス全体から見ると、後者の方が、はるかに大きなロスを発生していることが多い。

このようにロスを発生させている設備欠陥を放置すると、いつかは大きな故障が発生し、生産をストップさせることになる。

故障を防止するためには潜在化している欠陥を顕在化させることが必要で、それにはいつも設備についてその状況を最も知っている操作員の参画が重要な存在となり“全員参加の自主保全活動”を展開する価値が高まるものである。

自主保全活動を展開するには、保全部門と運転部門（設備を操作する部門）との役割を決める必要がある。

図V-1-9-1に保全の分類と分担を示すが、保全目標を達成するためには、大きく分けると、

- ・維持活動：故障をくい止める、故障を直す。
- ・改善活動：寿命を延ばす、保全時間を短縮する、保全をなくす。

この二つの活動を並行して進めてゆく必要がある。

1) 運転部門の活動

運転部門は“劣化を防ぐ活動”に重点をおいて、次のような活動を実施しなければならない。

(a) 劣化を防ぐ活動

- ・正しい操作
- ・基本条件の整備（清掃・給油・増締め）
- ・調整（主として運転や段取上の調整）
- ・故障、その他不具合データの記録
- ・改善対策検討に対する保全部門への協力

(b) 劣化を測る活動

- ・日常点検
 - ・定期点検の一部
- （主として五感による）

(c) 劣化を回復する活動

- ・小整備（簡単な部品取替えや応急的処置）
- ・故障、その他不具合状況の迅速かつ正確な連絡
- ・突発修理の援助

2) 保全部門の活動

(a) 実施活動として

実施活動としては、劣化を測る活動、劣化を回復する活動を重点とするいわゆる定期保全、予知保全、改良保全など、より高度な技術技能の要求される分野に力を注ぐことが、保全の専門家としての本来の業務である。

(b) 運転部門の自主保全活動への指導・援助

自主保全活動が重要であることは前に述べたが、これは保全部門の適切な指導・援助があってこそ成り立つものである。

保全部門は点検基準の作成や点検方法の指導等を地道に、根気よく運転部門に働きかけることが重要な責務である。

添付資料として「ステップ式自主保全活動の展開」をV-1-付6に示した。

目 標	手 段 分 類	実 施 活 動			分 担		
		劣化を防ぐ	劣化を測る	劣化を復元する	運 転	保 全	
自主保全活動	維持活動	正常運転	正しい操作			○	
			段取調整			○	
		日常保全	清掃・潜在欠陥の摘出・処置			○	
			給油			○	
			増締め			○	
			使用条件、劣化の日常点検			○	
		小整備			○		
	定期保全	定期点検			○	○	
		定期検査				○	
		定期整備				○	
	予知検査	傾向検査				○	
		不定期整備				○	
	事後保全	状況の早期発見と確実迅速な処置連絡			○		
		突発修理				○	
	改善活動	改良保全 (信頼性)	強度向上			○	○
			負荷の軽減			○	○
			精度向上			○	○
		改良保全 (保全性)	コンディション モニタリングの開発			○	○
検査作業の改善						○	
整備作業の改善						○	
	整備品質向上				○		

図V-1-9-1 保全の分類と分担

1-10 組立場、試運転場

1-10-1 目的と計画の概要

(1) 組立場、試運転場の整備

独立した建屋内に塗装場、組立場、試運転場があり、各々の面積も狭く、特に塗装場と組立場は上部が吹き抜けた壁で仕切っただけで、組立場への塗装ミストを防ぐための防塵対策はなされていない。組立作業、試運転作業は製品の最終品質を保証する工程であり、防塵に対する環境整備は最も重要なことである。

環境改善のために塗装場を塗装工場に移転し、組立場と塗装場の仕切壁を撤去し建屋内を改造することを推奨する。

塗装場の移転跡は組立場、試運転場とし、作業スペースを拡大する。また試運転場に設置してある給油装置と操作盤を現在の組立場に移設し試運転場も拡大することを推奨する。

(2) 試運転機器の整備

工場試運転は設計どおりの性能がでているか、また機械的に異常なところがないかを確認する工程であり、工場内での総合的な最終品質を確認する唯一の手段である。

したがって、試運転に用いられる機器類や計器類は最良の状態に保たなければならない。特に使用される計器類の精度維持は最も重要である。往復圧縮機と膨脹タービンユニットの試運転においては次の事項を確認し品質を保証する必要がある。

確認事項

- | | |
|--------------|-----------------------------------|
| 1) 給油系統 | 油圧、油温、油量 |
| 2) 冷却水系統 | 水温、水量 |
| 3) ガス系統 | 吸込温度、吐出温度
吸込圧力 吐出圧力
吐出（吸込）量 |
| 4) 電動機 | 電流、電圧、電力 |
| 5) 振動、騒音、回転数 | |

これらの試運転データは的確に記録され、検査記録として保管されなければならない。

また試運転中はささいな変化を見逃すことなく、常に各部の状況を監視する必要がある。試運転状況の集中監視とデータの一括採取のための操作盤/計器盤を新設すること

を推奨する。

給油装置は清掃された形跡もなく、老朽化しているので、可搬式のものに更新する必要がある。

(3) 運搬機器

組立場、試運転場の建屋内には運搬機器として5TON天井クレーンが1台あるだけで、工事が輻輳するとクレーン待ちによる生産ロスが発生する。組立、試運転工程では部品の持ち運びを頻繁に行うので、運搬機器は生産効率を向上させるために重要な設備の一つである。運搬機器の不足は人力による運搬作業を多くし、労働生産性を低下させるばかりか、労働災害の誘発につながる危険がある。

特に組立作業は人力作業が主体であるので、その作業形態に適した運搬機器を導入し人力作業、人力運搬の合理化を図る必要がある。

1-10-2 計画の内容

(1) 組立場、試運転場の整備

同一建屋内にある塗装場は作業環境の面からも品質管理の面からも、組立場と隣接させることは好ましくないので塗装工場に移転する。また塗装場と組立場の仕切壁を撤去し、床面の整備を行う。

塗装場の移転にともない塗料倉庫は不要となるので、その敷地を利用し一部建屋を改造して、組立場に設置されている往復圧縮機4台の移設を行う。この往復圧縮機は膨脹タービンユニットの試運転用空気源に使用されるもので、試運転場に隣接することが好ましい。また物の流れを考慮すると組立場は部品置場に隣接させることにより運搬ロスの削減にもつながるので、組立場と試運転場を作業工程に沿った流れになるようにレイアウトの変更を行う。この改造により、組立場、試運転場の障害物はなくなり、同一平面上の作業が可能となり、生産性の向上はもとより安全性の改善も図られる。

図V-1-10-1は現状の組立場、試運転場の配置を示している。

図V-1-10-2は塗装場の移転と圧縮機の移設、仕切壁の撤去とレイアウトの変更を実施した改造後の配置を示している。

(2) 試運転機器の整備

1) 試運転制御盤

操作盤と計器盤を兼用した試運転制御盤を1基設置する。

制御盤の正面には回転計、温度計、圧力計、電力計が組込まれ、運転中の各部の状態が監視でき、試運転データを集中的に採取することが可能となるよう設置する。

また主電動機、補助電動機（給油ポンプ、冷却水ポンプ用等）の発停用スイッチも盤面に設置し、運転操作が集中的に行えるようにする。試運転準備作業として本制御盤と計測個所、電動機を結ぶ電気計装配線、配管はその都度行うことになる。

試運転制御盤の外観図の一例を図V-1-10-3に示す。

2) 強制循環給油装置の更新

往復圧縮機と膨脹タービンユニットの試運転用として給油装置を更新する。

現有の給油装置はオーバーホールをして給油系統を清掃し再利用する。

更新する給油装置は図V-1-10-4の外観図に示すようにオイルタンク上にオイルポンプ、フィルタ、オイルクーラ等がコンパクトに組込まれ、試運転機と給油管と戻油管を連結すれば機能が発揮できる構造になっている。

本装置は電気ヒータをタンク内に内蔵し、冬期の使用にも性能が低下することもなく、油温、油圧は自動的に調整され自動運転が可能である。

またフィルタの清掃はオイルポンプを運転したままで行うことができ、常に清浄な油が試運転機に給油される。

タンク内の、清掃もマンホールが設置されているので容易にでき、メンテナンスが簡単である。

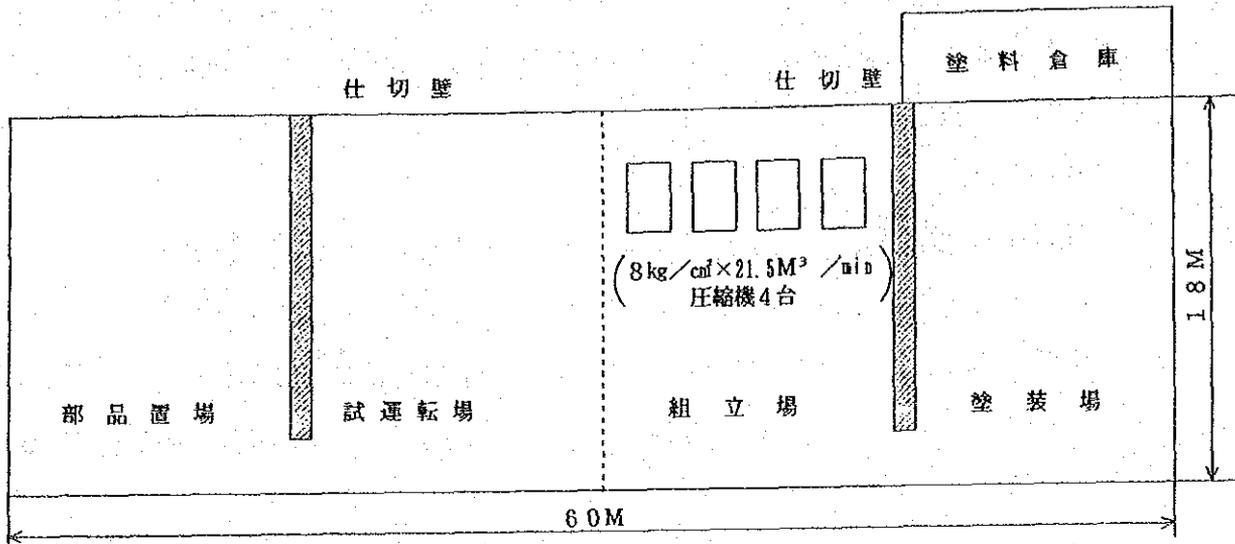
表V-1-10-1に給油装置の主なる仕様の一例を示す。

(3) 運搬機器の充実

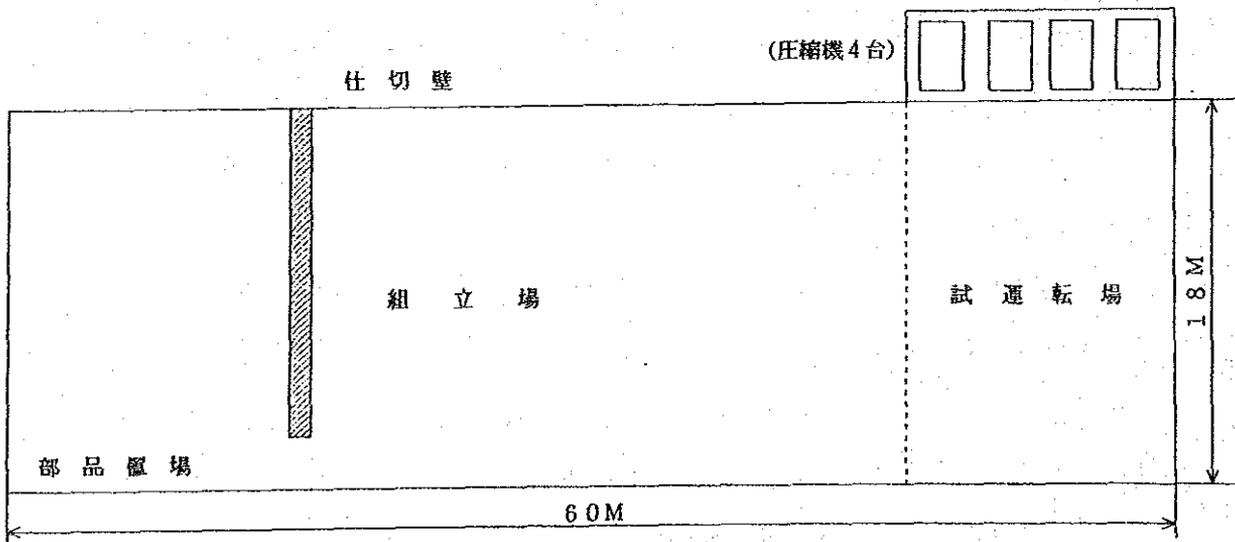
組立作業時の重量物搬送に適し、フォークリフトを用いて移動が自由にできる運搬機器を3基導入する。

推奨する運搬機器の一例としてY-MANを図V-1-10-6に、その仕様例を表V-1-10-2に示す。

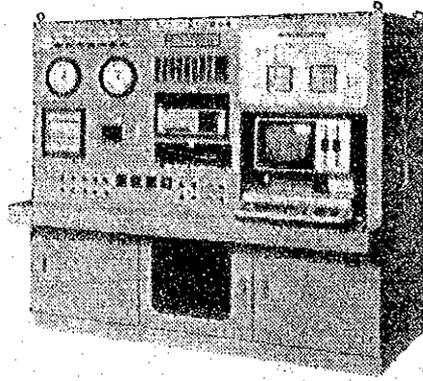
この運搬機器は水平移動、斜め移動、三次元移動、旋回動作が容易にでき、かつ、操作レバーにより動作速度が微速から高速まで無段階に調整できるうえ、操作レバーから手を放すか、手の動きを止めると物体は瞬間にその位置で停止するようになっており、安全なことはもとより、組立作業に適しているものである。



図V-1-10-1 組立、試運転場（現状）



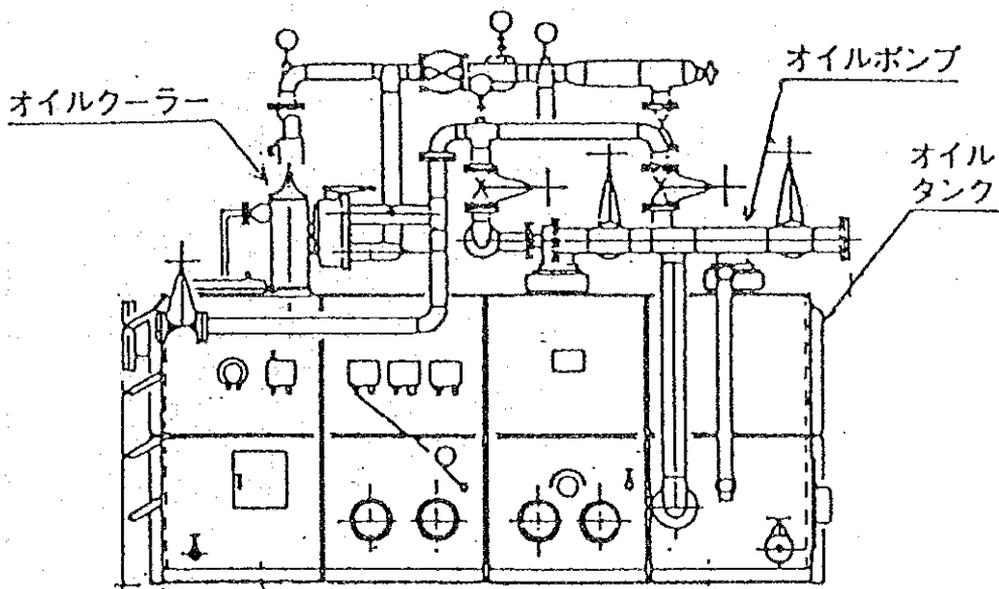
図V-1-10-2 組立、試運転場（改造後）



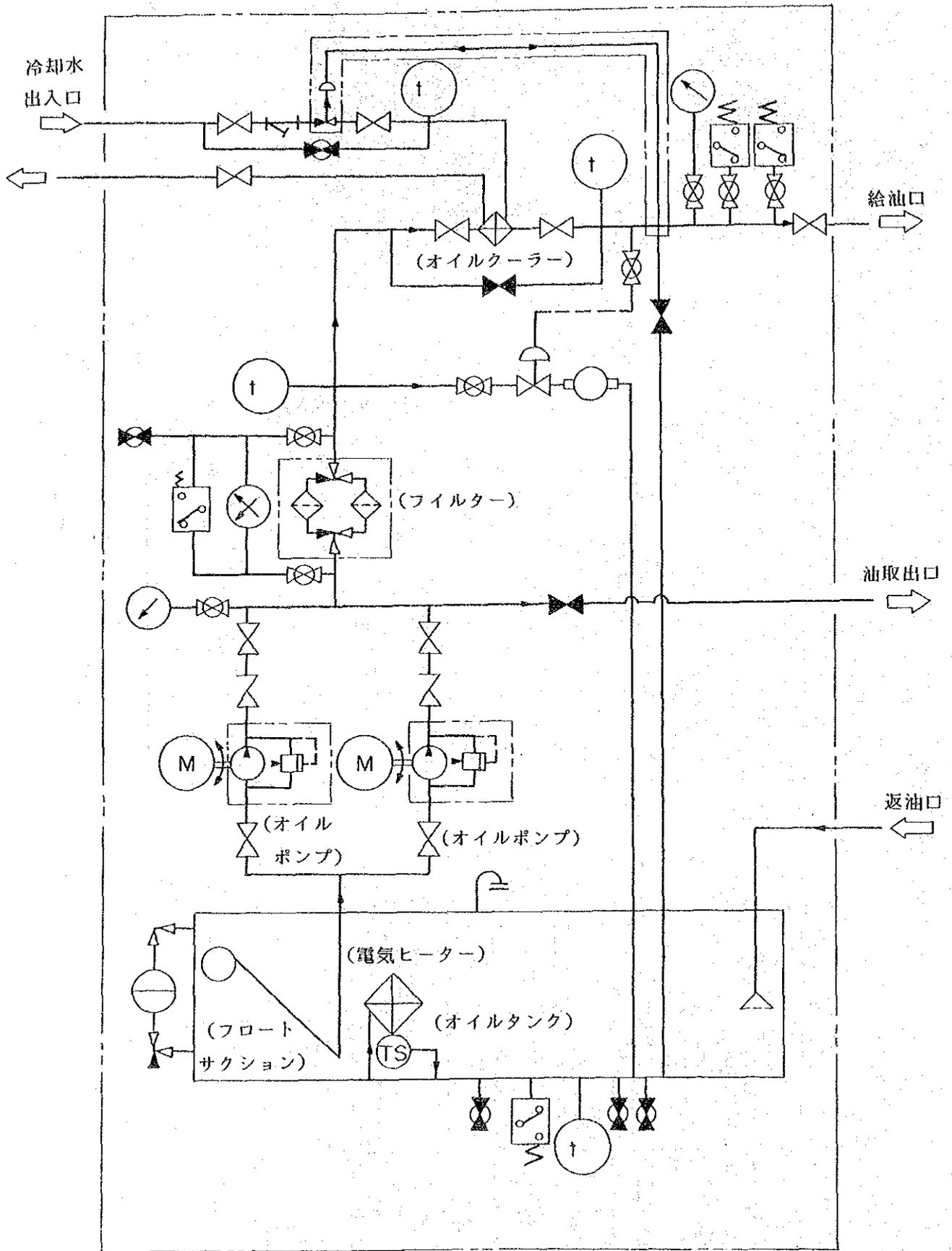
図V-1-10-3 試運転制御盤外観図

表V-1-10-1 給油装置の仕様例

タンク容量	4,000ℓ
ポンプ吐出量	100ℓ/min
ポンプ吐出圧力	5.5kg/cm ²
モーター容量	3.7KW × 220V × 50c/s
冷却水量	100ℓ/min
戻油温度	20℃
電気ヒータ容量	17KW

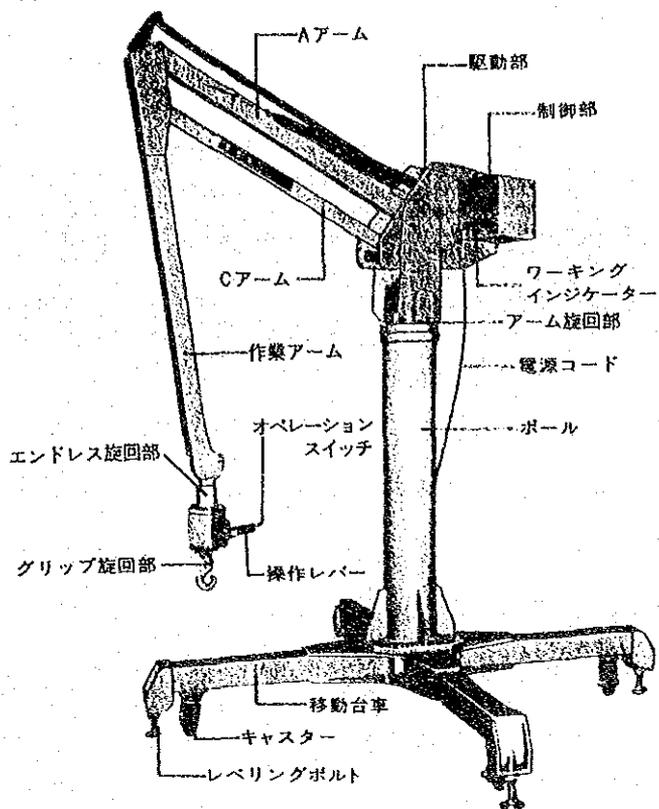


図V-1-10-4 給油装置外観図



図V-1-10-5 系統図

各部の説明（標準型）



図V-1-10-6 運搬機器の一例

表V-1-10-2 仕様例

1	特上重量	100kg
2	上下動作距離	1500mm
3	最大旋回半径	2000mm
4	電 源	AC200V (単相)

1-11 機械修理工場

1-11-1 目的と計画の概要

(1) 長ねじ製作用旋盤及び精密ねじ研削盤の導入

全般的に製造設備は老朽化し、工作機械の精度は低下している。

機械修理工場では年間補修計画をたて、計画的に工作機械の精度の維持・向上に努めているが、所期の加工精度は得られていない。

この主な原因は、工作機械の親ねじの磨耗にあり、この親ねじを取替える必要があるが、現有のねじ切り盤では、ねじ精度が3級しか確保できない。

ねじ切り盤は過去において、開放、修理を行い、精度の修復に努めたが、1級精度には回復できず、現在に至っている。

工作機械類の精度低下を回復するために、長ねじを製作できる旋盤とねじの仕上精度を向上するために必要な精密ねじ研削盤の導入を推奨する。

1-11-2 計画の内容

(1) 長ねじ製作用旋盤及び精密ねじ研削盤の導入

長ねじ製作用旋盤及び精密ねじ研削盤を各1台導入する。

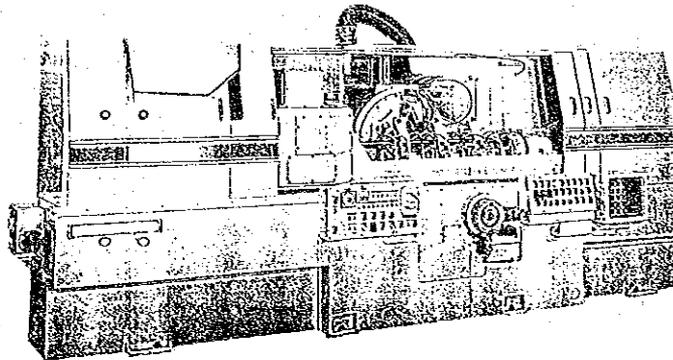
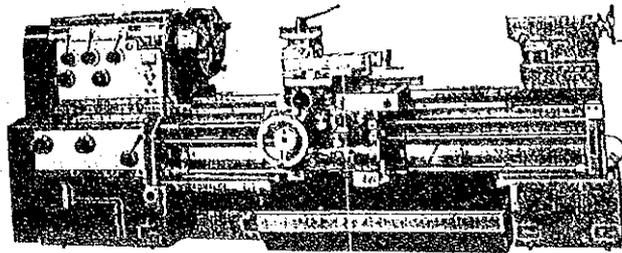
工作機械用親ねじの加工工程は①荒研削、②中研削、③仕上研削の3段階に分けて行う。この工程中に熱処理工程が必要な場合、どの工程の前、後に熱処理をするかは製造メーカーにより異っている。

一般的に次のいずれかの工程がとられる。

- 1) 黒皮材を熱処理→荒、中、仕上研削
- 2) 黒皮材を荒、中研削→熱処理→仕上研削
- 3) 荒ねじ加工→熱処理→荒、中、仕上研削

導入するねじ研削盤は上記のいずれの仕上研削工程にも適用可能で多条ねじ溝の加工も出来ることが望ましい。

長ねじ製作用旋盤及び精密ねじ研削盤の外観図と主なる仕様の一例を図V-1-11-1、表V-1-11-1に示す。



図V-1-11-1 長ねじ製作用旋盤（上）及び精密ねじ研削盤（下）外観図

表V-1-11-1 仕様の一例

	長ねじ製作用旋盤	精密ねじ研削盤
センター距離	3,500mm	3,300mm
加工ねじ長さ	3,000	3,000
研削最大外径	φ400	φ200
正味重量	4,000kg	18,000kg

1-12 工具工場

1-12-1 目的と計画の概要

(1) レイアウトの変更

工具工場の建屋の大きさは幅1.8M、長さ8.4Mと比較的に狭い。

旋盤をはじめ平削盤、横中ぐり盤、研磨盤等40台の設備が設置されている。

このほか放電加工機が別建屋にあり、恒温室にはジグボレー等の精密加工機3台が各々個室に設置されている。

建屋内には鏡板用金型の材料倉庫と研磨室、工具加工室が仕切壁により、区分され専用の作業場になっている。

図V-1-12-1は現状のレイアウトを示しているが一点鎖線が仕切壁の位置を表している。この仕切壁は物の動きや人の動きの障害となるばかりか作業指示等の情報伝達にも好ましくなく、一人作業の場合の安全確認の点からも弊害である。

作業場から障害物を取り除き、同一平面上での作業を可能とするため、仕切壁の撤去と一部の設備を移設してレイアウトの変更を行うことを推奨する。

1-12-2 計画の内容

(1) レイアウトの変更

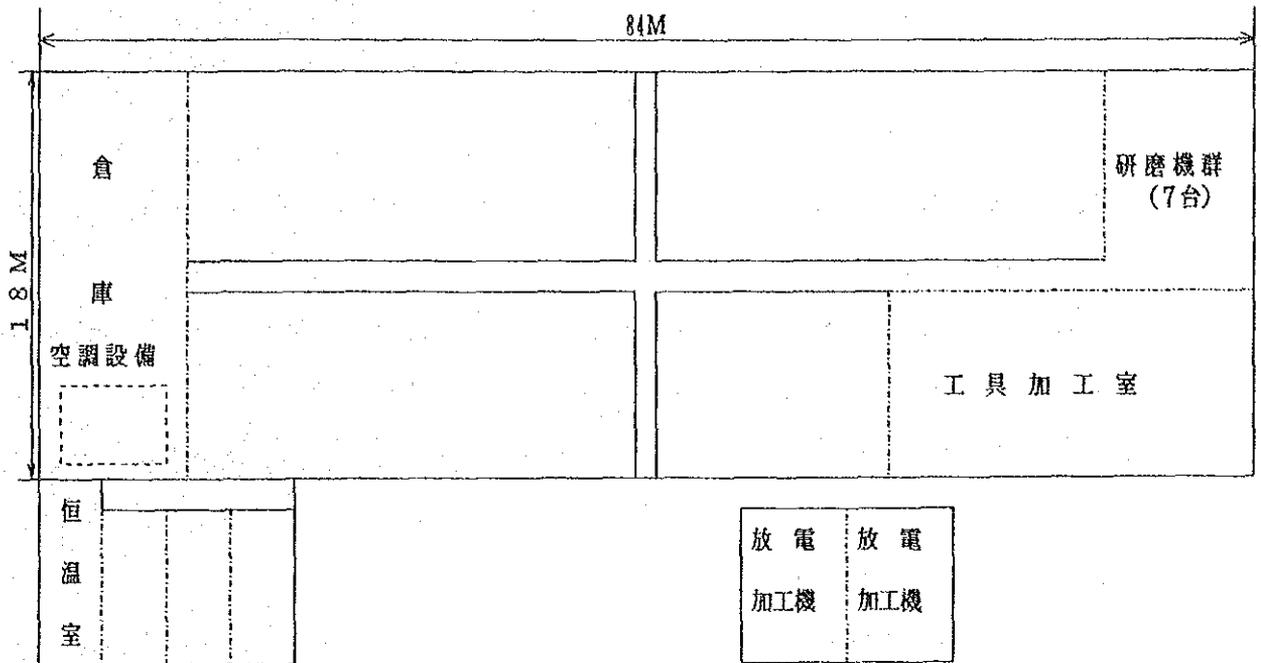
工場内にあるすべての仕切壁を取り除き、図V-1-12-2の示すレイアウトに変更する。ただし材料倉庫跡の研磨機群と一般機械の仕切壁は一部残す。

材料倉庫に保管してある材料は調達課の倉庫に移し、その跡に研磨機を移設する。

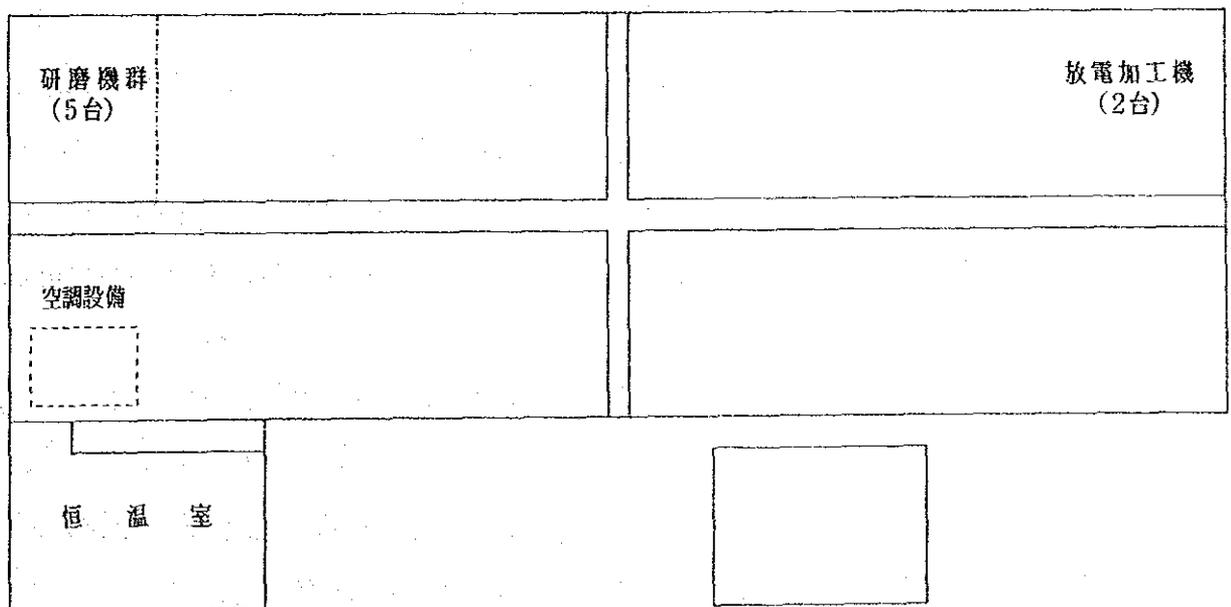
老朽化して精度の悪い研磨機2台は撤去する。研磨機の移設跡に独立建屋内にある放電加工機2台を移設し同一建屋内に入れる。

恒温室は機械1台ごとに一室になっているが室内の仕切壁を取り除き大部屋とする。

併せて恒温室の内部の状況が外から確認できるように窓ガラスを設置することを推奨する。



図V-1-12-1 工場レイアウト (現状)



図V-1-12-2 工場レイアウト (変更後)

1-13 開発試作工場

1-13-1 目的と計画の概要

(1) ガスベアリングの開発

膨脹タービンユニットの軸受としてガスベアリングの開発計画がある。

軸受は回転機械における重要部品の一つであり、その開発には、製造設備と開発設備に関しても十分な検討が加えられなければならない。

現在の軸受は潤滑油使用のすべり軸受が採用されており、製造設備上の問題はない。ガスベアリングは検討の段階で最終図面は完成していないが、主要寸法は決められている。これによると円周4個所に、また軸方向に8個所に、合計32個の小径、深穴が加工される。

穴径は0.3mmと極小で、現有設備ではこの加工には対応できない。

ガスベアリングの穴加工は穴径の精度はもちろんのこと、円周上の割ふりと軸方向のピッチは超精密さが要求される。これらの条件を満足できる小径深穴加工機の導入を図る必要がある。

(2) スピンテスタ

膨脹タービンのインペラはアルミ鍛造の削り出しで、高速回転で使用される設計になっている。

またインペラ効率を高めるためにろう付タイプの新インペラの開発をすすめている。更に、近代化計画で天然ガス液化分離設備と空気分離設備とも容量がアップされることになり、それに伴ってインペラの外径寸法も $\phi 160$ から $\phi 250$ と大型化する。

このようにインペラの使用条件は厳しくなるが、構造的な一体性と安全性を確認するための設備がない。

ろう付タイプと大型化するインペラに対応するためにスピンテスタを設置する必要がある。

スピンテスタは真空中に保たれたチャンバ内でインペラを常用回転数を上廻る過速度(115%~120%)で回転させ、強度を保証するテスト装置である。

(3) 試作実験場

製品レベルの向上を図るために、製品の改良、開発は自らの力で不断に推進する必要がある。社会的要請によるプラント容量の増大や、効率の向上に対応して新技術の導入

はますます重要となり、モデルチェンジや新設計に対して品質や性能を確認するための実証試験設備の充実が強く望まれる。

工場における研究、開発に取り組む姿勢は強く、開発計画も具体的にたてられ、特に回転機械を中心に重点的に推進を図る構想をもち合せている。

ろう付インペラの開発、ガスベアリングの開発等具体的な目標がたてられて、研究が進行しているようであるが、当面の試作、実験を行うための設備がない。自主開発を進めるには、まず基礎実験のできる実験設備を準備することが必要である。

全工場的に研究開発を必要とするものは材料、加工技術、要素技術等多岐にわたるが、第一段階としてまず回転機械の開発に重点を置き、試作実験室的な規模で出発するのが妥当であろう。しかし、実験場の建設にあたっては将来の開発計画の展望を踏まえて十分な余裕のある多分野の研究も行えるような構想をもって望むことが大切である。

1-13-2 計画の内容

(1) 小径、深穴加工機の導入

開発をすすめている膨脹タービンユニットのガスベアリングの加工用として小径、深穴加工機を1台設置することを推奨する。

加工部品の材質にもよるが、小径で深穴の加工は高度な技術を要する分野であり、特にガスベアリングの穴明けは超精密加工が要求され汎用機械では、設計品質を確保することは難しい。

小径、深穴加工は切削中のかじりと工具の折損が問題であるが、トルク感知装置を内蔵させることにより、切削中の異常トルクを感知し、ドリルを直ちに後退させ、かじりや工具の破損を防止させることができる。この機構をもつボール盤の導入により小径、深穴加工の自動化が可能となり、超精密で、バラツキのない部品加工が可能となる。

加工機械は次の特徴を有する

- 1) 小径の深穴がまっ直ぐに加工できる。
- 2) 市販のドリルが使用できる（後述参照）。
- 3) 0.3 mm～1.2 mmの径に対応できる。
- 4) ドリル径の10倍以上の穴深さの加工ができる。
- 5) ドリルの折損がほとんどない。
- 6) 多品種少量品の穴加工にもすばやく順応できる互換性と簡易性を備えている。

一例としてトルク感知装置を内蔵した加工機械の外観図と主なる仕様を図V-1-13-1と表V-1-13-1に示す。

なお、ドリルは規格品の中で表V-1-13-2に示すルーマ形ツイストドリルを使用する。ルーマ形ツイストドリルの研磨は汎用研磨機では加工ができないので専用の研磨機が必要であり、本研磨機も併せて設置する必要がある。

外観図の一例を図V-1-13-2に示す。

(2) スピンテストの導入

膨脹タービン用インペラの強度確認を実証するためスピンテストを1基設置する。スピンテストは、テストが実施される保護ライナ付のチャンバと駆動動力を伝達する高速タービンから成り、補助装置として、運転制御盤、潤滑油装置、真空装置等が含まれる。スピンテストの概念図を図V-1-13-3に示す。

スピンテストは開発が計画されているインペラにも対応できるもので、その主要仕様を表V-1-13-3に示す。

スピンテストはインペラを超高速で回転させることにより、次のような強度の改善が図られる。

- ・ショットピーニングで表面応力を残留させ強度を向上させるのと同様に、真空チャンバー内で永久歪みを生じる領域まで、過回転させる事により回転体の表面残留応力によって強度が改善される。
- ・鍛造や機械加工等による残留応力をオーバー・スピードのスピンテストを行うことにより、除去し且つ回転体の強度を向上させる。

(3) 試作実験場

実験場に設置する設備としては膨脹タービンに関する次のものがある。

- ・空力性能試験設備
- ・軸受試験設備
- ・振動試験設備

これらの設備は回転機械の開発をすすめるうえで必要最小限のものである。これらの設備を設置し試験研究することにより、この要素の技術レベルは着実に向上する。

次に三つの試験設備の内容を説明する。

1) 空力性能試験設備

遠心圧縮機のインペラの形式には大別して側板のない解放型と側板のある閉鎖型と

がある。前者は現在使われている形式のものであり、後者は開発を進めているろう付インペラがこのタイプである。

解放型の翼は直線状で入口部でも弯曲しており、設計的にも製作的に簡便であるが、高性能は望めない。インペラの形状は摩擦や流体通路の曲り、広がりなどにおける、流体の乱れと剥離を起さないように、流体損失が最小限になるように設計される。またインペラは羽根の入口における衝撃損失を最小にするため、羽根の入口の部分だけ曲率半径を小さくし、羽根を3～4種類の曲線で形成させ、インペラ効率を向上させるように設計される。

インペラの羽根の形状はインペラ効率を決定する最大要素であり、各メーカーの設計陣は最大効率を求めて開発、実験を繰り返している。

インペラの開発をすすめるうえで性能試験設備は不可欠のもので特に高圧、高性能のインペラ開発にはその性能試験設備の導入を図らなければならない。

性能試験設備として、コンプレッサ、タービン双方の開発に適した駆動、吸収運転が可能な遊星歯車を内蔵した高速タイプの直流式電気動力計を設置することを推奨する。

直流式電気動力計の外形図の一例を図V-1-13-4に示す。

本機は駆動時には、サイリスタスタック (Thyristor Stack) は交流を直流に変換するコンバータ (Converter) として動作し、DCリアクトル (Reactor) を介して駆動する。負荷吸収時には、発電機運転となり、サイリスタスタックは、他励インバータ (Inverter) として動作し、交流電源に回生する。

この他に大きな特徴として次の点を具備している。

特 徴

- a) 精密で高範囲な速度制御が可能である。
- b) 定速度制御及び定トルク (Torque) 制御が高精度に行える。
- c) 圧縮機のメカロス (Mechanical Loss) 計測が可能である。

直流式電気動力計の主なる仕様の一例を表V-1-13-4に示す。また、空力性能試験にも使用できるように表V-1-13-5に示す仕様の強制循環給油装置を設置する。

構造及びタイプは試運転場に設置するものと同じである。

2) 軸受試験設備

軸受の寿命に影響をおよぼす要素は材質 (含熱処理) 工作精度、取付精度、潤滑剤

等、多くあるが、使用条件により最適な設計値を選ぶことが重要である。

軸受の損傷は当該機器のみでなく、プラント全体の停止を余儀なくされ、正常な運転性能を発揮できなくなる。

損傷現象と損傷原因との関連はケースバイケース (Case by Case) で異なり、一つの損傷現象に対して、いくつかの損傷原因が複雑にからみ合っていて結びついたり、一方いくつかの損傷原因の競合によって一つの損傷現象が発生したり、新しい軸受の開発要素は多面的である。したがって軸受を一部変更した場合でも実用化に際しては、材質面、加工面、潤滑面等にわたり実証試験を十分に行い、信頼性を確認することは必須条件となる。

現在あるいは開発を計画している回転機械に使用される軸受はすべり軸受で完全流体潤滑を使用し、流体（流体および気体）の高負荷能力ないし低摩擦エネルギーを巧みに活用するものである。

軸受試験設備の外観の一例を図 V-1-13-5、と図 V-1-13-6 に示した。

図 V-1-13-5 はジャーナル軸受用試験設備で駆動機にインバータモータを用い高速で回転させ、ラジアル荷重は梶子を利用して重錘により荷重をかけ負荷試験を行う。図 V-1-13-6 はスラスト軸受用試験設備であり、原理はジャーナル軸受の場合と同じである。試験回転数が高速になると駆動機として空気タービンを使用する場合もある。

開発計画中の気体軸受に関しては最終的に動圧形か静圧形か決まっていないので、設備の検討はできないが、試験設備の必要性を次に述べることとする。

気体軸受は潤滑剤として気体を用いるので、潤滑油に比べて粘性係数は1000分の1のオーダーと低く、軸受摩擦もこのオーダーになる。

また気体は広い温度範囲にわたって、もっとも安定した相であるので、油が燃えてしまうような高温から、固まってしまうような低温まで潤滑剤として十分にそのはたらきを保つことができる。

また、気体軸受は、運転中、気体膜によって軸と軸受が完全に非接触の状態に保たれるから、原理的には寿命は無限ということになる。

気体潤滑のこれらの特徴は比較的高温や、あるいは、低温で高速回転する回転機械の軸受としてきわめて好ましい。

しかし、気体軸受も種々の欠点のあることは事実で、実用にあたっての成否はこの欠点をいかに克服するかにかかっている。まず、最初にあげられなければならない欠