

であるが、これをライン化し、生産台数に対応した設備を提案する。

3) 鍛造, プレス工程の品質確保

鍛造, プレス工程は、第2期計画に対応した生産設備と品質確保のための設備について提案する。

4) 機械加工工程のライン化

機械加工工程は、第2期計画に対応した設備と各生産部品のライン化を提案する。

主要部品(6部品)については、部品別専用ラインを各々2ライン計画し、その他の部品については工程数が少ないので、従来の汎用工作機械の活用を考えた。さらに、専用ライン化に必要な自動化設備、自製設備の開発に必要な設備・技術についても提案する。

また、品質の確保のための、計測のインライン化および装置の提案を行う。

5) 組立試運転工程の効率化

第2期計画に対応出来る効率的な組立設備および試運転設備の提案を行う。

6) 金型製作の一貫システムの導入

金型製作は、現状の手作りの加工方法から計算機を用いたカッター軌跡の自動計算システムの導入と、加工設備の更新を提案する。

これらの一連のシステム化を図ることによって、次の効果を期待する。

- ・型精度の向上を図り、アンバランス量を低減する。
- ・型製作期間を短縮して、新機種の立ち上げサイクルを短縮する。
- ・型製造のプロセスを単純化、標準化し、加工方法を自動化する。

5.2 生産工程近代化計画に当たっての前提条件

生産工程の近代化計画を行うに当たって、次の基礎資料を基にした。いずれも工場側から提供を受けた資料とデータである。

① ラジアル式ターボチャージャ

- ・ 1996年の計画生産台数15万台／年
その内、H1Cターボチャージャの生産台数75,000台／年、残りは7機種で75,000台／年である。
- ・ モデル機種は、H1Cターボチャージャとする。
- ・ 1台当たりの工数、重量はH2Aターボチャージャのデータを参考にする。
- ・ 主要部品の工法、標準時間も、同様にH2Aターボチャージャのデータを使用する。

② 軸流式ターボチャージャ

- ・ 1996年の計画生産台数 500台／年
- ・ モデル機種は、ZN261Pターボチャージャとする。
- ・ 1台当たりの工数、重量はZN261Pターボチャージャのデータを参考にする。
- ・ 主要部品の工法、標準時間も、同様にZN261Pターボチャージャのデータを使用する。

③ 実働時間

1日の勤務時間：8時間

勤務日数：1ヵ月 平均 25.5日／月 年間306日

交代制：2交代制が可能とする。(いずれも実働8時間)

④ 製造工程は原則として現状のプロセスとする。

5.3 鑄造工程

5.3.1 基本的考え方

1) 方針

ターボチャージャの生産は、車載用を中心に大きく飛躍することが見込まれており、1996年には15万台の生産を達成する。これに伴って鑄物の生産も飛躍的に伸び、1992年のターボチャージャ用鑄物は210t程度生産されたが、1996年には2,340t程度に伸びることが予想されている。鑄造品の年間生産計画を〔表Ⅲ-18〕に示す。

表Ⅲ-18 鑄造品の生産計画

	1992年	1996年
銑鉄鑄物	4,200 t (210 t)	7,540 t (2,340 t)
非鉄合金鑄物	108 t (39 t)	540 t (460 t)

注) () 内はターボチャージャ部品内数

これに対して、現工場での溶解能力は、他のディーゼル部品の伸びを若干考えても十分な設備能力ではあるが、造型設備は大幅な改善を必要とするので、ここでは新規にターボチャージャ専用の鑄物工場を設置することを検討する。

この場合、さらに将来のターボチャージャ需要の伸びを予測し、また、鑄物部品の外販を見込んで、25万台程度は無理せずに生産できるよう検討することとした。すなわち、鑄造分廠では、ターボチャージャ部品とディーゼル部品を中心に生型、乾燥型、フラン砂型により鑄物を生産しているが、この内のターボチャージャを生産している生型造型については、量産体制を組むために別工場として、造型・鑄込み工程のライン化による鑄物品質の向上と作業の効率化を図り、量産体制を確立する。

その他の部品については、現状の設備を活用して一部の補強を行い、造型・鑄込み工程のライン化による鑄物品質の向上と、作業の効率化を図るための参考として提案する。

2) 重点とする工程

ターボチャージャの鑄造工程は、生型を中心とする生産工程であるが、現工場は手狭で、量産体制を敷くには敷地的に不十分であるために、これを機会に新展開地を求めて、鑄造工場を建設したいとの強い要望もあり、ターボチャージャ部品を中心とした生型造型ラインを持った新鑄造工場の計画立案を行う。

他方、現工場においても多くの問題点を抱えている。特に、造型、砂処理、溶解工程は、鑄物の品質に大きな影響を及ぼすもので、その結果として、昨年の不良統計に見られるように多量の不良品を現出している。そこで、それらの点についても参考として改善案として提案する。

5.3.2 造型工程の改善

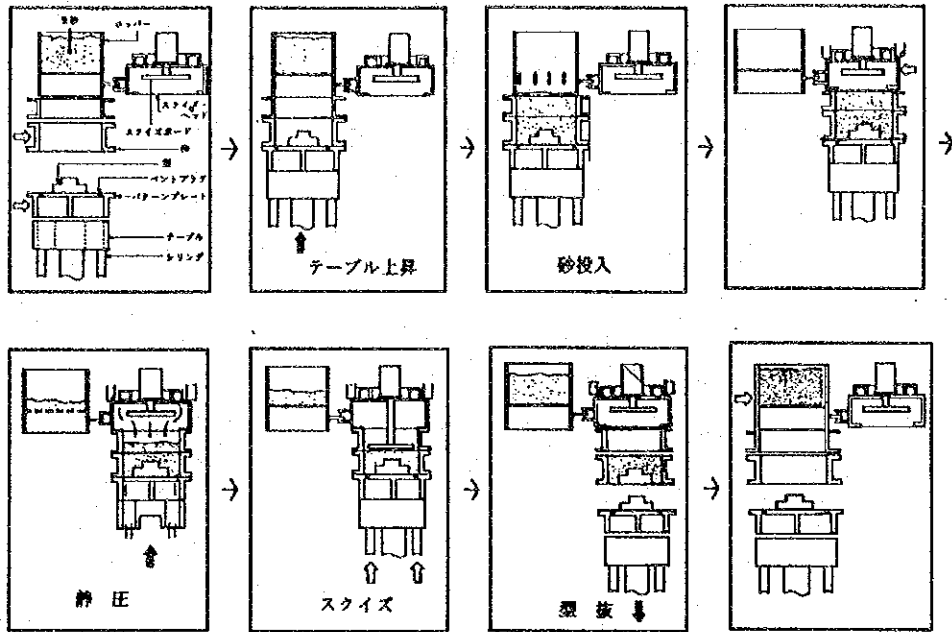
1) 生砂型造型

生砂型造型は最も一般的で、最も安価な造型プロセスであるために、広範囲に使用されている。現状における作業の実態は、振動機を使用してはいるものの、全てが手作業であり、型抜き後手修正も入るために、寸法精度としては悪い状態になっている。これを防ぐには、人の手が入らないような機械の導入が必要となる。従って、ここでは最新の自動造型機を紹介したい。機種を選定に当たってはそれぞれの特徴の他、機能、コスト、作業性を勘案して決める必要がある。

a) 流気加圧式生型造型機の特徴

流気加圧式造型法は、鑄物砂の中に瞬間的な空気の流れを作り、その圧縮力で砂を固め、さらにスキズをかけて強固な鑄型を成る方法であって、この造型工程を〔図Ⅲ-14〕に示す。また、その特徴は次のとおりである。

- (1) 鑄型硬度が均一で、高硬度となり、その結果として寸法精度の高い鑄物ができる。
- (2) 型抜き性が良く、シマの深い鑄型も容易に型抜きが出来るため、フィン状の突起物や複雑な形状の製品も容易に出来る。

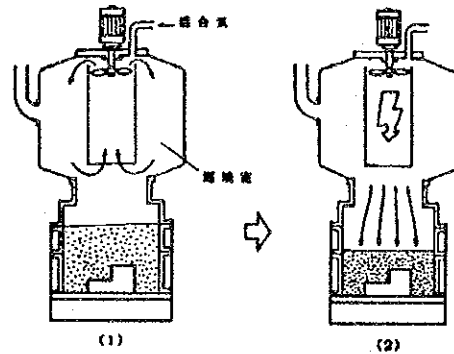


図III-14 流気加圧式造型法の工程

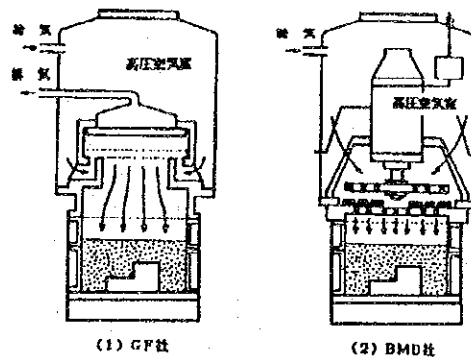
b) インパクト造型機の特徴

インパクト造型法は圧力の媒体として圧縮空気またはガスと空気を混合した可燃性ガスを用いて、急激な圧力波を型枠内の砂に対してショックのように動かして鑄型を造る方法で、この造型工程を〔図III-15〕に示す。また、その特徴は次のとおりである。なお、空気圧を用いたインパクト造型機に使われている仕切り弁の構造例を〔図III-16〕に示す。

- (1) 鑄型表面が最大の圧縮度を受け高密度となるため、鑄物の表面は非常にきれいになる。
- (2) 模型表面から離れるに従って砂の通気性が良くなるために良好なガス抜け性が得られる。



図III-15 インパルス法の造型工法



図III-16 エアインパルス造型機に

採用されている仕切り弁構造例

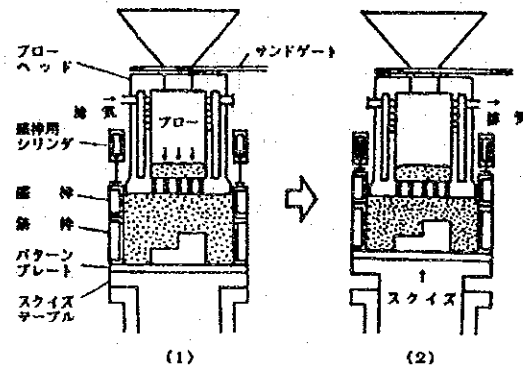
c) ブロースクイズ造型機の特徴

ブロースクイズ法は、生型砂を高圧空気で鑄枠内に吹き込み、パターンプレート面に打ちつけるようにして充填した後、背面からスクイズして均一で高密度の鑄型を造る方法である。

上下枠がマッチプレートを挟んだ状態で鑄物砂をブローイングし、スクイズを行って鑄型を造る方法で、垂直割りと水平割りの2種類の方式がある。

水平割り方式のブロースクイズ法の造型工程を〔図Ⅲ-17〕、垂直割り方式の典型的な造型工程を〔図Ⅲ-18〕に示す。

中子の数が多い場合は水平割りの方が作業性が良いと考えられ、これら両者の特徴を採り入れた造型機も開発されている。

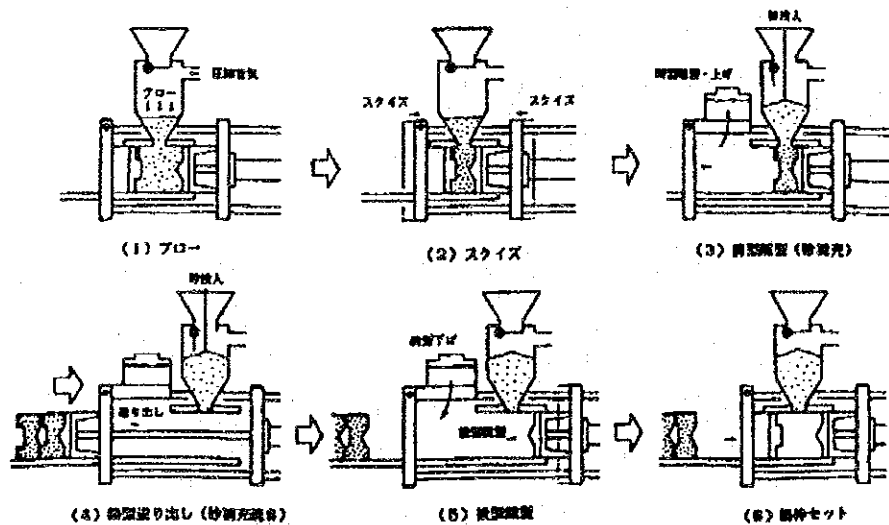


図Ⅲ-17 ブロースクイズ法の造型工程

その特徴は次のとおりである。

- (1) 水平割り，垂直ブロー方式を採っているために砂の充填性が非常に良い。
- (2) 水平割り方式によっているので鑄造方案が容易で、中子のセットが容易である。

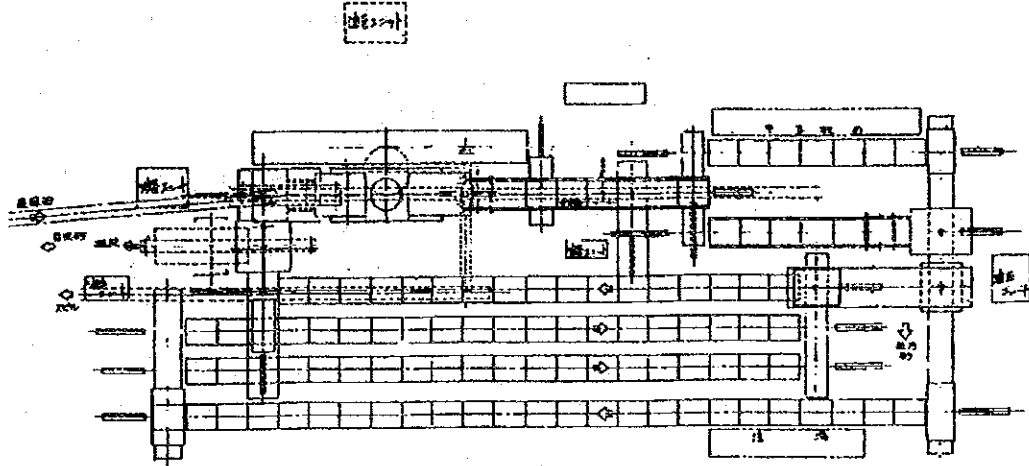
現工場のライン化に当たっては、この造型機が経済的である。



図Ⅲ-18 垂直分割・隣接型合わせ造型の工程

d) 生型造型ライン

ターボチャージャ部品用の鋳物生産ラインとして、静圧造型機を用いた造型ラインのレイアウト例を〔図Ⅲ-19〕に、また、その計画仕様を〔表Ⅲ-19〕に示す。

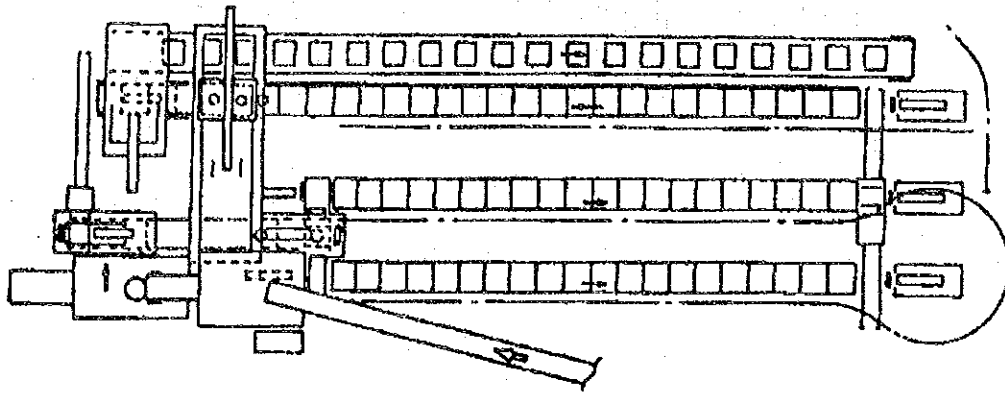


図Ⅲ-19 静圧造型機ラインの例

表Ⅲ-19 静圧造型機ラインの計画仕様

造 型 機	: APK-5C型×1台、上型・下型交互造型方式
	: 静圧プレーンスクイズ方式
使用 枠 寸 法	: 内寸 850×750×315/315
	: 外寸 1200×990
スクイズ面圧	: 最大10.9kg/cm ²
造 型 タ ク ト	: 36秒/鋳型〔100型/時間〕
定盤台車寸法	: 1103×810
1 枠 の 砂 量	: 600kg
中子セット枠数	: 7枠(上下合わせて)
注湯可能枠数	: 24枠
鋳型内冷却時間	: 71~80枠
砂処理砂の種類	: ユニットサンド
必 要 砂 料	: 68.4t/時間
鋳物と砂の分離	: シェイクアウトマシンによる
必 要 空 気 量	: 約11Nm ³ /分
総 電 力 量	: 約210KWH

また、現工場における生型造型ラインとしてブロースクイズ造型機を用いたレイアウトの例を〔図Ⅲ-20〕に、また、その計画仕様を〔表Ⅲ-20〕に示す。



図III-20 生型造型ラインのレイアウト例

表III-20 生型造型機ラインの計画仕様

造 型 機	: AMF-III08型×1台、
	: ブロー・スクイズ方式
使用 枠 寸 法	: 内寸 700×600 ×250/250
スクイズ面圧	: 5 ~ 10 kg/cm ² 2段階切替え
造 型 タ ク ト	: 36秒/鑄型〔100型/時間〕
定盤台車寸法	: 1103×810
1 枠 の 砂 量	: 600 kg
注湯可能枠数	: 24枠
鑄型内冷却時間	: 71~80枠
砂処理砂の種類	: ユニットサンド
必 要 砂 料	: 36 t/時間
鑄物と砂の分離	: シェイクアウトマシンによる
必 要 空 気 量	: 約4 Nm ³ /分
総 電 力 量	: 約210 KWH

2) 乾燥型造型

乾燥型は、鑄型材料として生型と同様のものが使えるために安易であるが、乾燥工程を必ず必要とし、生産性の点では非常に悪い。したがって、最近では余り使われないプロセスである。

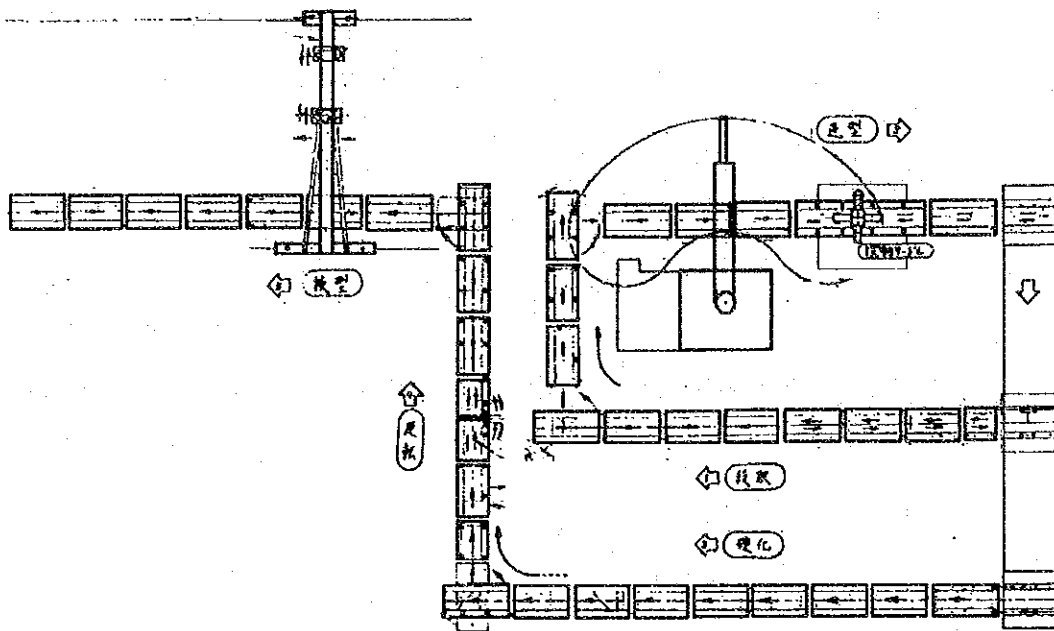
ディーゼル部品などの大物の造型には、フラン砂プロセスの方が好ましいと考えるので、出来れば乾燥型造型法は止めたい。但し、フラン砂にした場合、コスト的に問題があれば、その中間的な段階としてセメント砂プロセスを考えたい。セメント砂プロセスは日本でも過去に多く使われていたが、現在は船舶用のプロペラの造型方法として残っている。また、ヨーロッパでは、現在でも一般的に多く使われているプロセスで、経済的である。

3) フラン砂プロセス造型

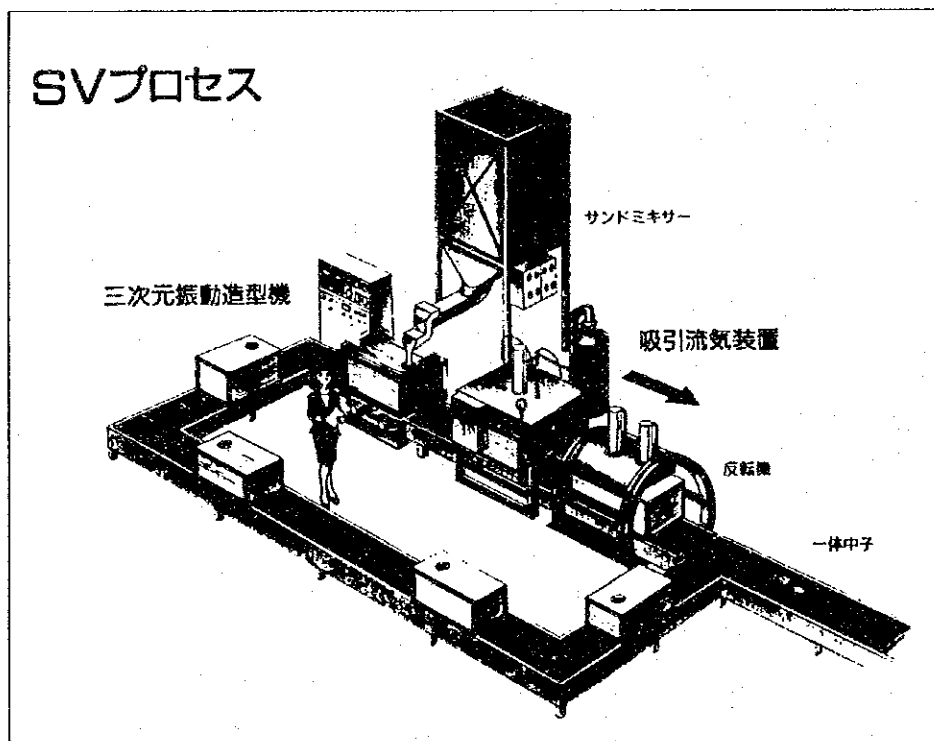
現状、小規模ではあるがフラン砂プロセスの工場が完成している。設備としては連続式ミキサーと砂回収装置だけであるが、これを機械化、ライン化して整備を行えば現在の乾燥型は完全に止めることが出来る。したがって、ここには中大物のフラン自硬性鑄型ラインを設置することを提案する。

ライン化に当たってはそれほど費用を掛けなくとも自社内でも設計製作は容易である。参考として、三菱重工業(株)において自社開発した小物造型ラインの例を〔図Ⅲ-21〕に示す。また、寸法精度を確保できる一体中子を造型するプロセスとして三菱重工業(株)が開発した造型方法を〔図Ⅲ-22〕に示す。このプロセスの特徴は次のとおりである。(この方法により、エンジン鑄物の中子は一体で造型出来る。)

- (1) 造型作業は単純で、迅速に行え、素人でも造型作業が楽に出来る。
- (2) 複雑形状の中子が一体で造型出来るために鑄バリが発生しない。
- (3) 充填密度が高いため製品の歩留りが向上し、焼着が防止出来る。
- (4) 寸法精度が向上し、鑄物のニアネットシェイプ化が図れる。
- (5) 造型作業時間および硬化時間が短縮され、生産性が向上する。



図III-21 フラン成型ラインの例



図III-22 一体中子造型プロセス

4) 油砂中子造型

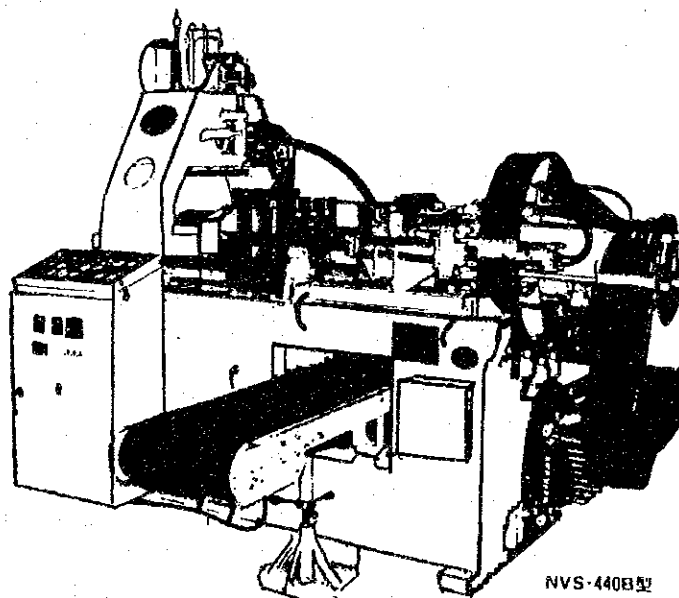
油砂中子は、特に油圧機械部品用の複雑な中子に対しては非常に適した造型法である。一方、その造型法から見ると寸法精度が悪く、作業性、生産性も良くない。したがって、出来ればシェルモールド、ホットボックス、コールドボックスなど他のプロセスに切り換えるべきと考える。

例えば、ターボチャージャー部品は、シェルモールドまたはコールドボックス中子を使用し、ディーゼル部品は、フラン砂中子を使用するなど製品の形状、大きさに合わせて、適正な造型プロセスを採用する必要がある。

5) シェルモールドプロセス

現在の方法は、その殆どが手作業であり、非常に効率の悪い方法を取っている。中子は、中実で砂使用量も多く、シェルモールド本来の使い方がなされていない。製品の形状に合った砂の使い方をすべきである。特にアルミ合金の場合は溶湯の温度も低いので、砂にコーティングされた樹脂は十分に燃えない。したがって、中子の砂抜きが困難になる。

シェルモールドは、出来るだけ薄肉で均一な肉厚の鑄型で、強固な鑄型が出来るような造型方法を採用すべきで、ブロー・反転機構の入った造型機を採用する必要がある。参考としてシェルモールド造型機の例を、〔図Ⅲ-23〕に示す。



図Ⅲ-23 シェルモールド造型機の例

5.3.3 砂処理工程の改善

1) 粘土系砂処理

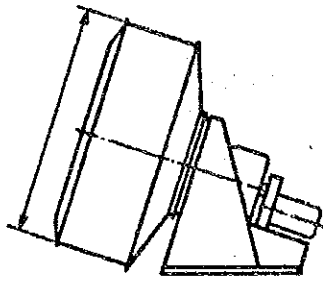
生型および乾燥型の砂は、同じ砂処理ラインで回収、調製されている。生型と乾燥型では、水分量や粘土量を変える必要があり、これが同じラインで流されると、特に生型に乾燥型用の砂が混入した場合には、ガス欠陥などの铸造欠陥を発生することになる。したがって、生型と乾燥型の砂処理系統は別にすべきである。即ち、乾燥型を廃止すれば、現在の砂処理設備はそのまま小物生型ライン用の砂処理設備として十分に機能するものである。

鑄物砂処理を考える場合には、その前工程である砂回収から検討する必要がある。ここでは先ず砂回収システムの仕様について考えてみる。その中でも、特に重要な工程について、必要設備の仕様および考え方を〔表Ⅲ-21〕に示す。

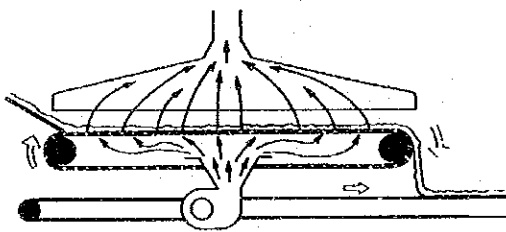
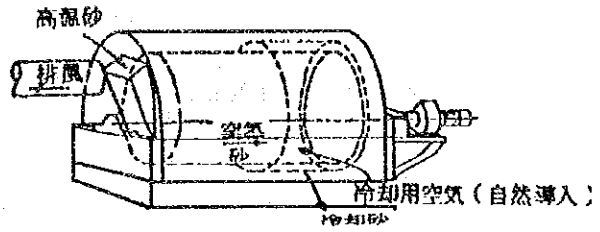
表Ⅲ-21 砂回収システムの仕様および考え方

工 程	設 備 仕 様 お よ び 考 え 方	備 考
砂落とし	①一般にシェイクアウトマシンを使用。 長さは5～6mが限度。	
ダマ破碎 および その分離	①一般にブレーカスクリーンを使用。 ダマや小地金の分離が同時に出来る。 ②ベルト上でレビビファイアによる ダマ破碎ができるが、分離できないの 後でスクリーンによる分離必要。	スクリーンとしては パンチメタルが良い 砂付着対策としては 外部より加熱必要。 排気が必要。
中間ストック	①一定量の砂を切り出すことが必要。 (砂回収変動を防止するため)	砂詰まりが起こらない 構造とする
攪 拌	①George Fischerの均一化ドラムが理想 ②マカケラ、ドラムケラ等のチンダケラも効果あり	均一化ドラムは砂付 着対策が必要。
チンダケラ	①新東のRCTと振動流動床クーラーが 最も効果的。 ②振動流動床クーラーは均質化機能がない ので、前工程で均一化ドラムと組合	RCTは砂付着対策 必要。
予備混練	①サンドメタル比が5、また、中子砂が 5%を超えると、予備混練が必要。	
排 気	①ダクトが詰まるので30～40℃の保温が 必要。 ②集塵機の濾布の目詰まり対策には フェルト使用とパルス逆洗実施。	フェルトは ポリエステル 600g/m ² の物 濾過風速は2m/min

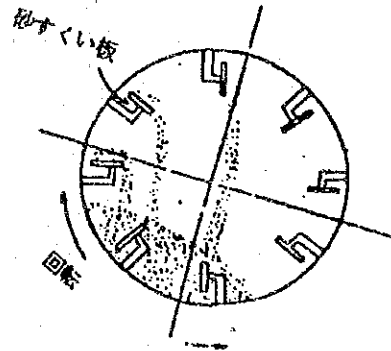
これらの砂回収工程で使用される砂冷却および攪拌設備の概要並びにシステムの主要なものの例を、〔図Ⅲ-24〕～〔図Ⅲ-29〕に示す。



図Ⅲ-24 均一化ドラム (GF)

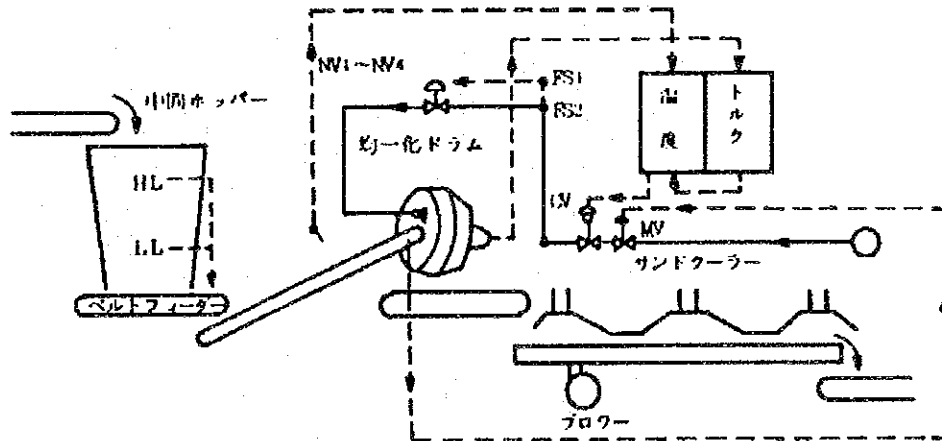


図Ⅲ-25 サンドクーラ (GF)



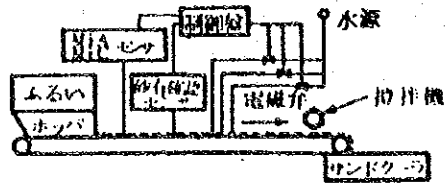
砂はすくい板より槽状に落下

図Ⅲ-26 サンドクーラ RCT (新東)

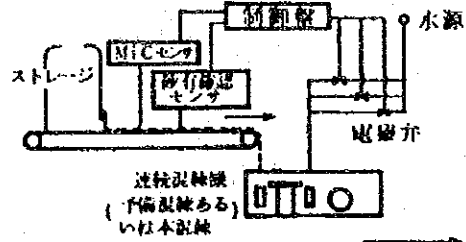


図Ⅲ-27 ピューラーシステム (GF)

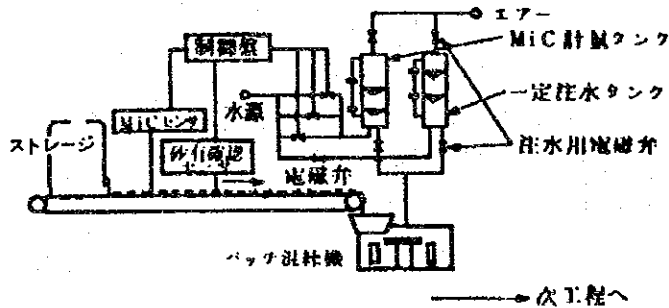
(A) MIA



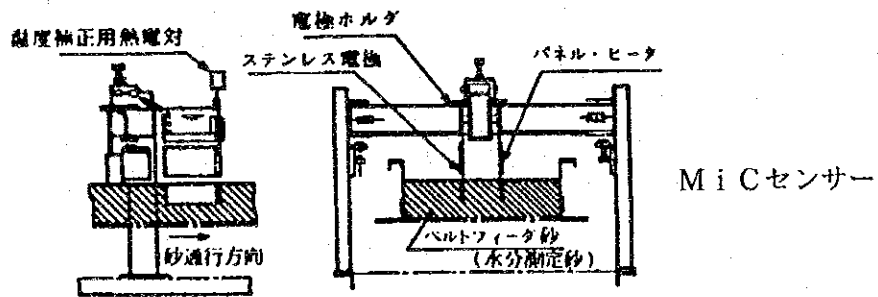
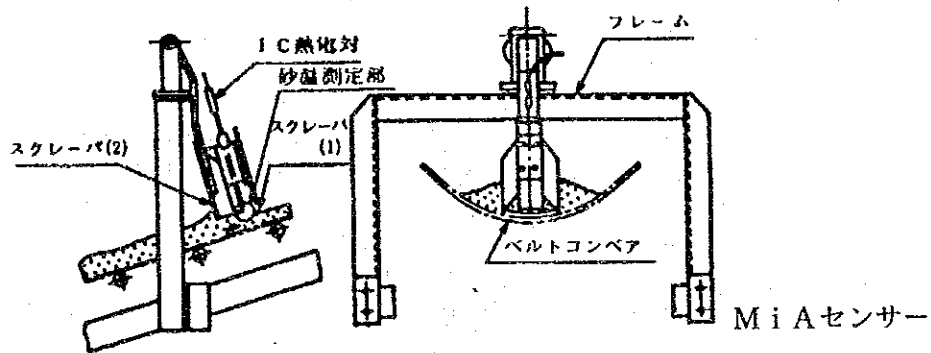
(B) MIC (連続混練の場合) → 次工程へ



(C) MIC (パッチ、混練の場合)

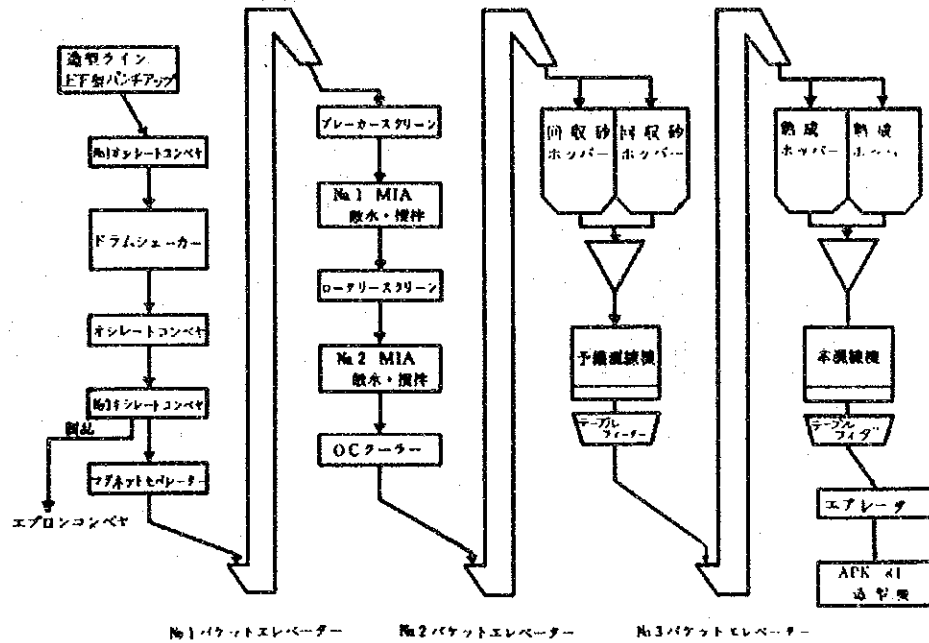


図III-28 回収砂の冷却システム (MIA/MIC)



図III-29 MIA/MICセンサー構造図

前項で提案した、ターボチャージャ部品用の鋳物生産ラインの流気加圧式生型造型機に適合した鋳物砂混練機および砂処理設備の例として、〔図Ⅲ-30〕に砂処理システムの構成と処理の概要を参考までに示す。



図Ⅲ-30 鋳物砂処理システムと処理の概要

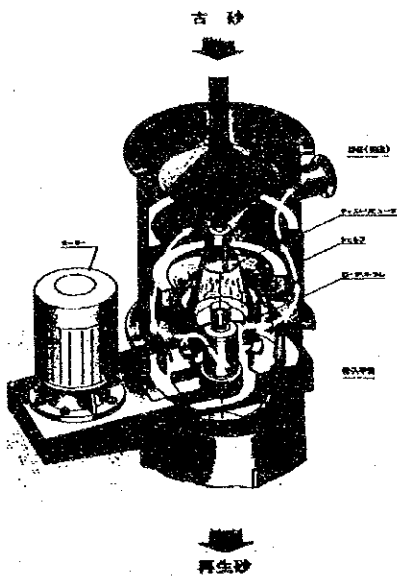
このシステムは、流気加圧造型法に適合するように、ダマの発生が少ないアジテータ型混練機を採用するとともに、予備混練によって砂を熟成することによって、粘結剤の性能を最大に引き出せるように配慮している。また、サンドメタル比に左右されずに良い砂をつくるために、砂冷却機能を強化し、混練砂用として自動コントロールシステム (MIC50-FK) を採用して、常に均一な混練砂が供給できるようにしている。

2) 有機系砂処理

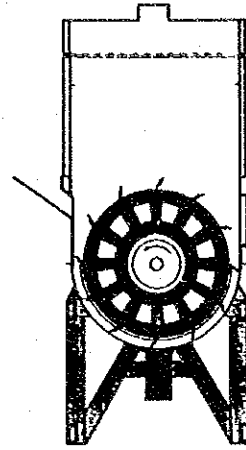
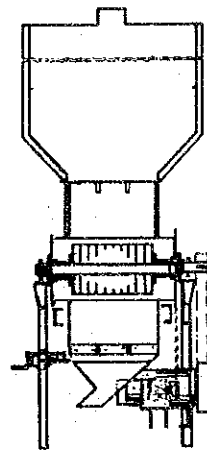
フラン砂は、回収、再生して繰り返し使用されているが、現状は粉碎リクレーマだけの簡易再生システムであり、繰り返しして長期間使用していると樹脂分が蓄積されて、ガス欠陥などの鋳造欠陥が発生しやすくなる。

フラン砂の再生システムとしては、サンドリクレーマ、サンドフレッシュなど

の再生機を追加設置する必要がある。参考までに、これら機械装置の例および概要を、〔図Ⅲ-31〕，〔図Ⅲ-32〕に示す。



図Ⅲ-31 ロータリーリクレーマ

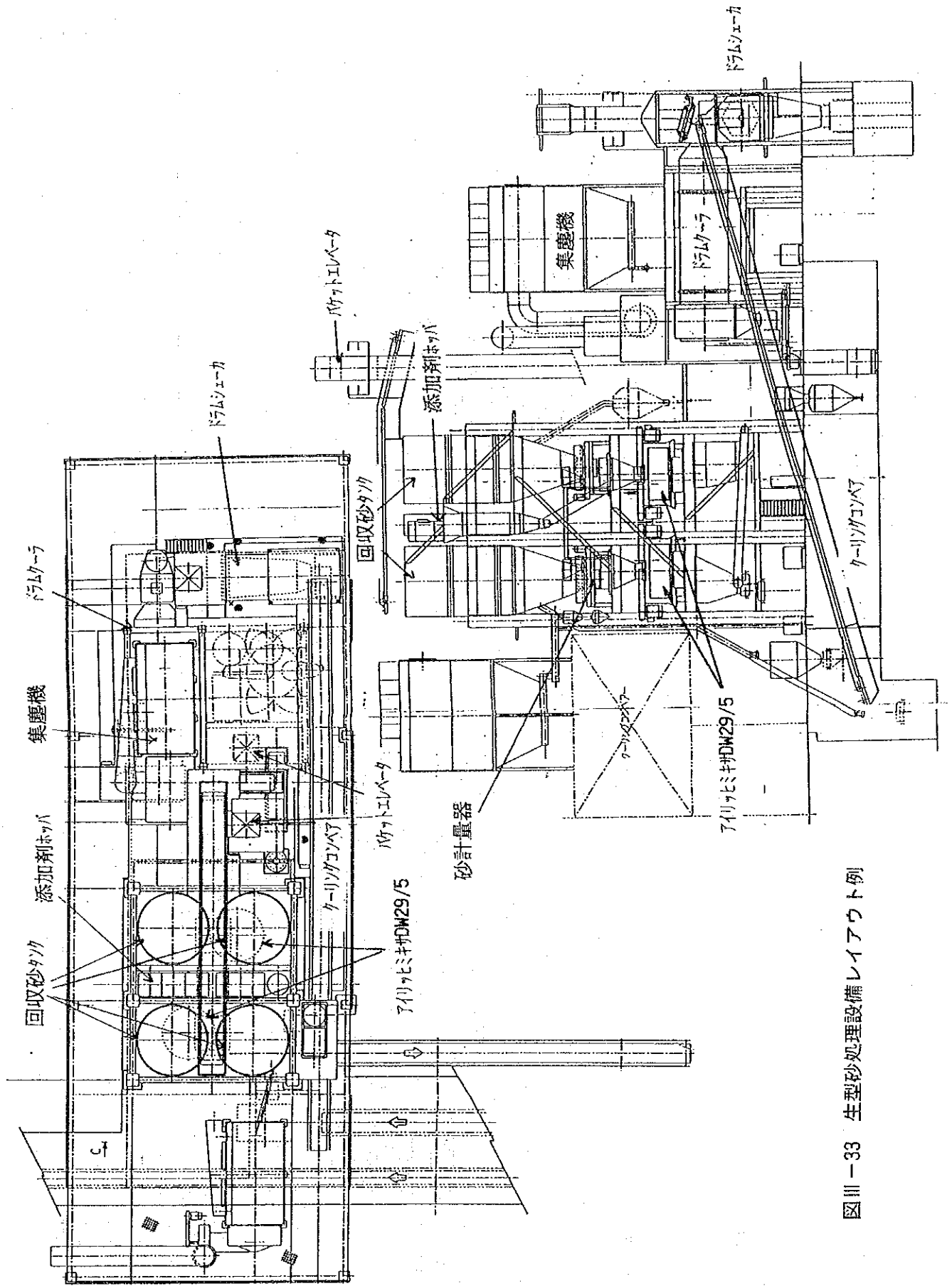


図Ⅲ-32 サンドフレッシュャ

3) 砂処理設備のレイアウト例

ターボチャージャ用の鋳物部品生産用の生型砂の処理設備としては、流気加圧式造型機に適合したアジテータ型混練機を採用したシステム構成の例を、〔図Ⅲ-33〕に示す。

現工場におけるフラン砂の処理設備の改善案の一例を、〔図Ⅲ-34〕に示す。



図III-33 生型砂処理設備レイアウト例

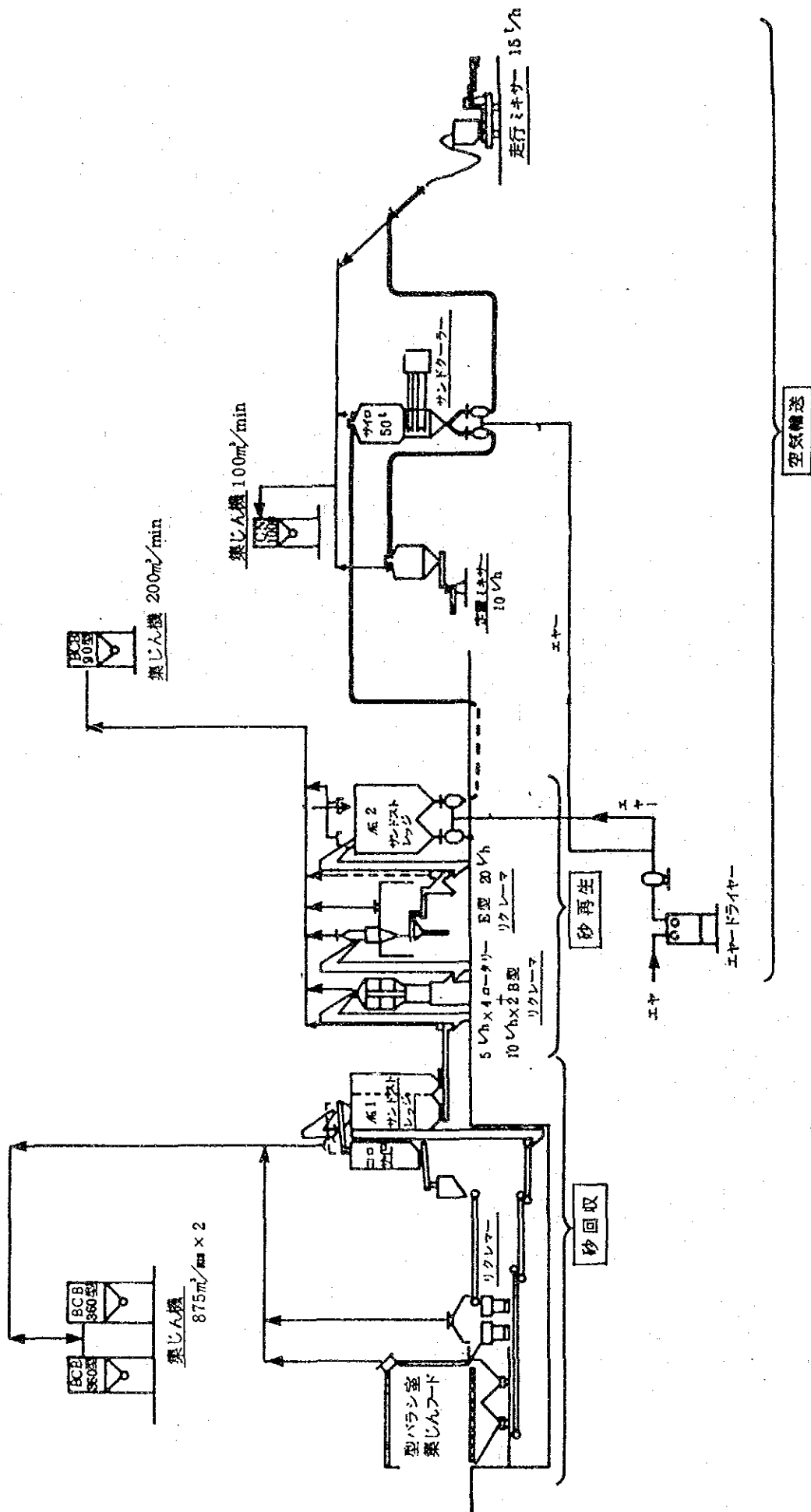


図 III-34 フラン砂処理設備構成とフロー例

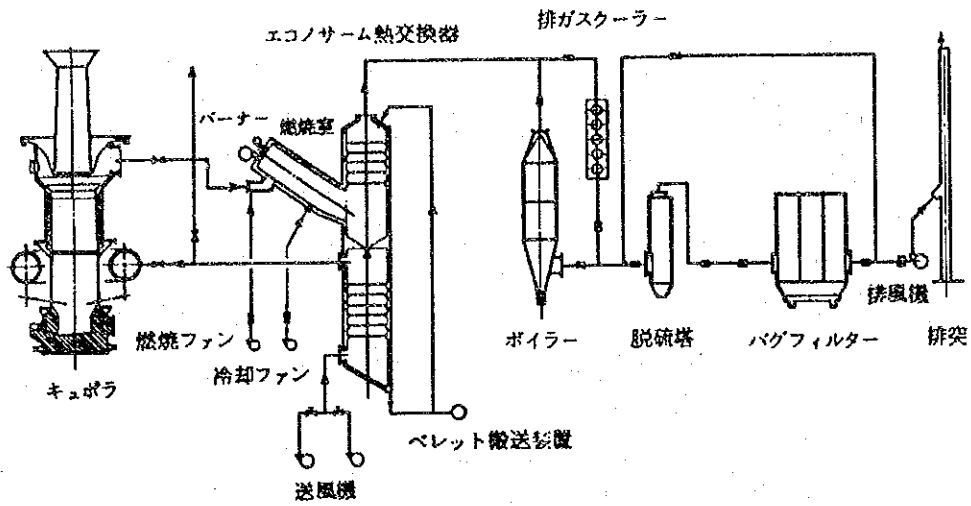
5.3.4 溶解工程の改善

1) 溶解炉

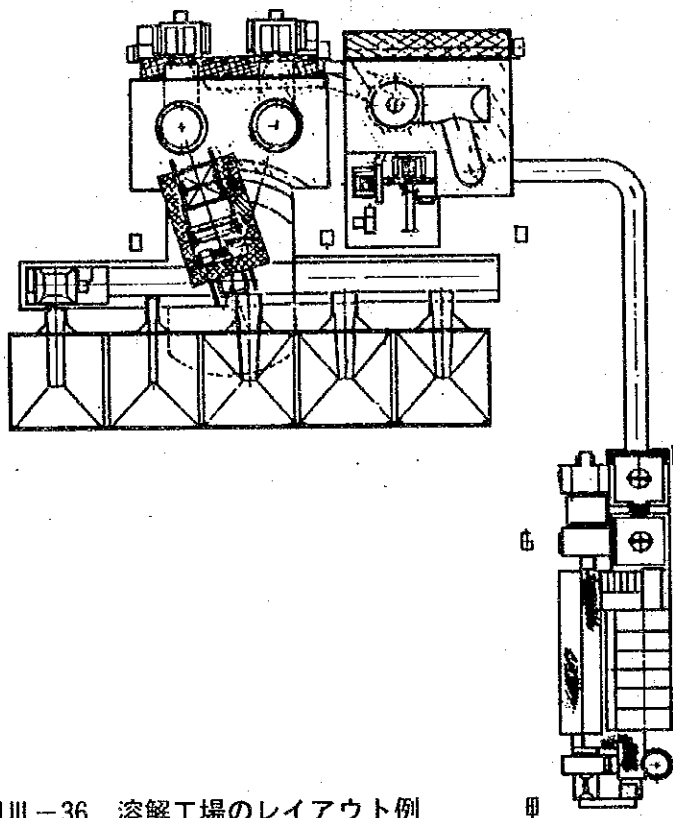
現状、キュボラ3基を持って、普通鑄鉄・球状黒鉛鑄鉄の溶解を行っている。最高溶解温度は1,480℃であり、球状黒鉛鑄鉄用の溶湯としては低めである。そこで、溶湯昇温のために、前炉として低周波誘導炉を設置したい。現在、フラン自硬性鑄型の工場には、3t低周波炉が設置されているので、これを使うのも一つの方法である。即ち、キュボラで溶解した溶湯を低周波炉で受けて、ここで保持・昇温した後球状化処理を行い、球状黒鉛鑄鉄溶湯として鑄型に供給する。

一方、ターボチャージャ部品の専門工場を新規につくった場合には、当然ながら溶解設備を設置する必要がある。この場合、キュボラ溶解を採用するか、電気炉溶解を採用するかの2つの考え方がある。即ち、キュボラの場合は電力の供給が不安定の場合で、性状のあまり良くない地金を使用して高温の溶湯を得る方法である。この場合、保持炉として低周波炉を持てばなお良い。

電気炉の場合には、低周波誘導炉および高周波誘導炉があり、低周波炉の場合は、溶湯の攪拌力が大きいが冷材からの溶解には時間がかかる。他方、高周波炉の場合は、冷材からの溶解が早く作業性が良いので、最近は鑄鉄溶解にも使われるようになってきた。電力が十分に供給されるのであれば、電気炉の方が使いやすい。これらの溶解方法の選択に当たっては、周辺環境の条件に従って決定する必要がある。なお参考として、最新式のペレット循環式熱交換器を備えた熱風キュボラを使う場合の溶解設備の構成フローおよびレイアウトの例を、〔図Ⅲ-35〕、〔図Ⅲ-36〕に示す。



図III-35 エコノサーム付きキューボラの構成例



図III-36 溶解工場のレイアウト例

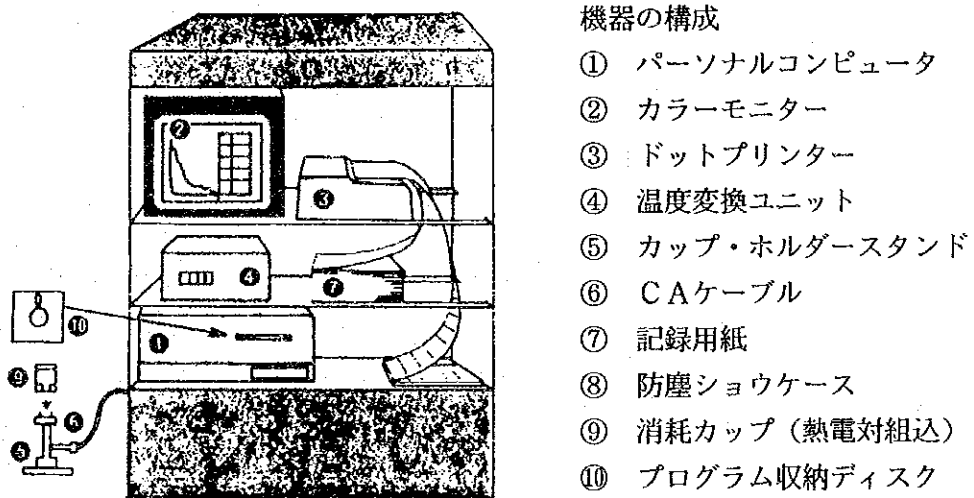
2) 炉前試験

現状、キュボラで溶解された鑄鉄溶湯の品質を、事前に確認することが行われていない。一部でチル試験のためのテストピースが採られているが、これは鑄造後の確認に使われており、品質保証の役に立っていない。

チル試験は、溶解の作業現場で直接、材質がある程度の目安が付く方法であるので、溶解作業者が今現在の溶湯の良否を判定することに使われるべきである。

さらに材質の判定には、CEメーターの使用を推奨する。現在、チル試験片の一部から化学分析用の試料を採り、湿式の化学分析により化学組成を確認しているので、事後処理となっている。また、今年中に分光分析器を導入し、炉前分析に活用しようとしているのは良いことであるが、鑄鉄の場合、黒鉛が有るために分光分析器では精度の高い値は得られない。そこで、CEメーターの場合、溶湯の凝固開始温度と終了温度および凝固形態から炭素当量を測定し、炭素量と珪素量を計算して表示することが出来る。

CEメーターの機器構成例を、〔図Ⅲ-37〕に示す。



図Ⅲ-37 CEメーター（QCレコーダー）

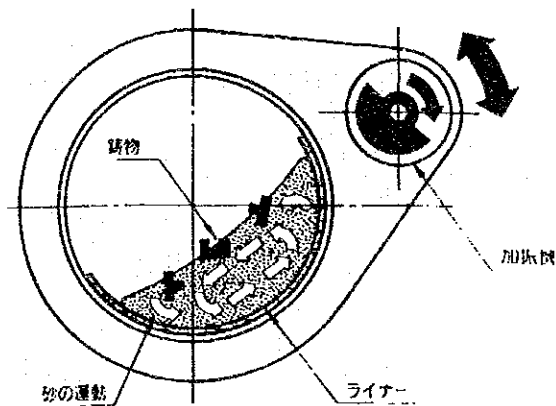
5.3.5 鑄仕上げ工程の改善

鑄仕上げ工程は、最も機械化、自動化のし難い工程であり、各社とも苦勞しているところではあるが、最近では、作業環境の改善対策として、種々の工夫・改善がなされている。ここでは日本における一般的な改善事例について以下に紹介する。

1) 型ばらし・製品冷却

鑄枠からパンチアウトされた鑄物と鑄型砂は、そのままドラムシェーカに投入して、鑄物の冷却、および鑄型砂の水分除去、ダマの粉碎が行えるので、回収砂の安定化が図れ、また鑄物は砂中を搬送されるので傷が付かない。また、粉塵発生源から直接排気されるので、工場内の環境は非常に良い。

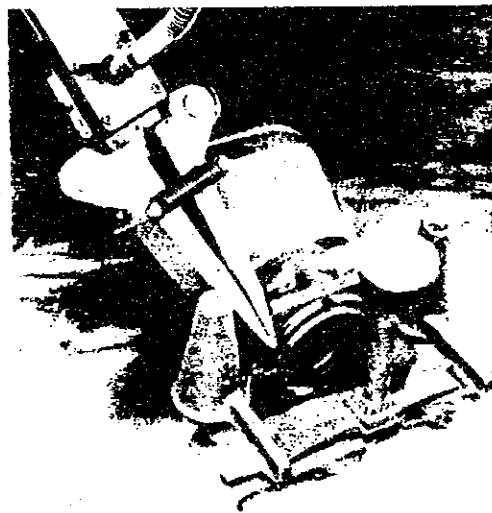
その原理・構造を〔図Ⅲ-38〕に示す。



図Ⅲ-38 ドラムシェーカの原理・構造

2) 鑄物の堰破断

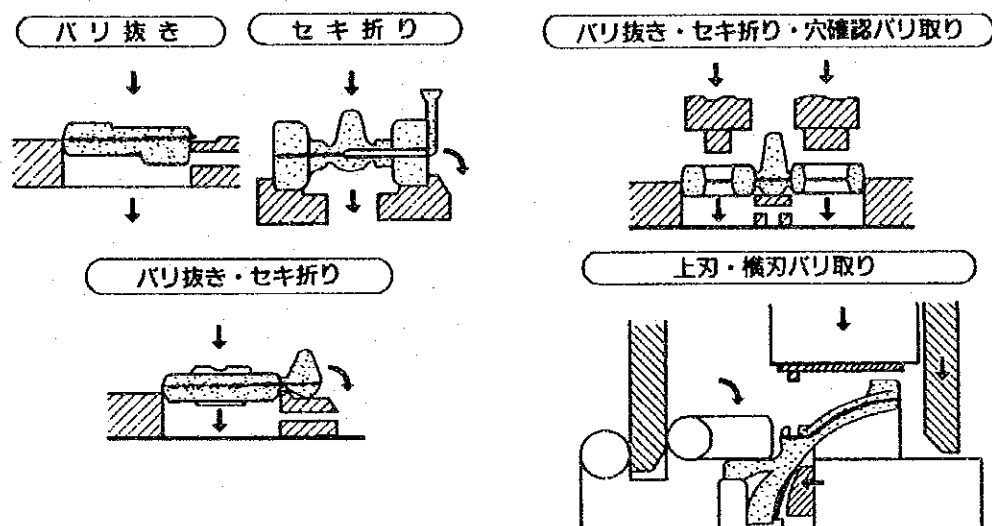
取り出された鑄物には、湯道、堰、押湯などの製品以外のものが付いているが、これらの取り除き作業はハンマーリング、あるいは砥石切断などの方法で行われてきた。最近では、ラインの流れ化への対応、重筋作業の排除、および作業環境の改善などのために、鑄物堰破断機が開発され使用されている。これは〔図Ⅲ-39〕に示すように、製品と湯道・押湯との間に2本の爪を入れ、この爪を油圧によって開き、製品との境界で破断させるものである。



図Ⅲ-39 鑄物堰破断機〔ゲートブッカー〕

3) 鋳バリ除去

鋳物には、型合わせ面などにバリなどが発生するが、従来はこれをハンマーリングおよびグラインダによって除去を行っていた。この作業に対しても、バリ取り装置やバリ取りロボットが開発されている。一例として、バリ取り装置の考え方を〔図Ⅲ-40〕に示す。これは油圧プレスにより金型を用いてバリ抜き、堰折りを行うものである。



図Ⅲ-40 バリ抜き金型システムの例〔バリ取り装置〕

5.3.6 鋳造設備並びに工場レイアウトの検討

1) ターボチャージャ用鋳物工場 (新設の場合)

a) 設備条件

- (1) 1ヶ月26日稼働とし、稼働率92%で、実働24日とする。
- (2) 2直勤務制とし、実働15時間/2直とする。
- (3) 鋳物はラジアル式ターボチャージャ部品をベースとする。
- (4) 生産量は年間25万台分を無理無く生産出来るものとする。

b) 主型造型機

- (1) 鋳枠寸法：H1C系の量産型ターボチャージャ部品（ベアリングハウジングおよびタービンハウジング）のみを生産するものとした場合には、鋳枠寸法は $550 \times 450 \times 200/200$ 程度あれば十分である。

この場合、両部品共に1枠内に2個取りの方案となる。従って、ここでは、鋳枠寸法を $550 \times 450 \times 200/200$ で計画する。

- (2) 造型タクト：2種類の鋳物を年間25万台生産するものとして

$$2 \times 250,000 \text{ 個} \div 12 \text{ 月} \div 24 \text{ 日} = 1,737 \text{ 個/日}$$

$$1,737 \text{ 個} \div 15 \text{ 時} = 116 \text{ 個/時}$$

$$2 \text{ 個/枠として } 116 \text{ 個} \div 2 = 58 \text{ 枠/時}$$

$$3,600 \text{ 秒} \div 58 \text{ 枠} = 62.1 \text{ 秒/枠}$$

即ち、造型タクトは62秒以下の造型機が必要となる。

ここではAMF III-055 型無枠造型機を選定するとサイクルタイムは30秒程度であり、十分な余裕がある。

- (3) 型内冷却時間：40分とすると必要枠数は

$$40 \text{ 分} \times 60 = 2,400 \text{ 秒} \div 40 \text{ 秒/枠} = 67 \text{ 枠}$$

即ち、造型ラインの長さは70枠+鋳込み枠数以上が必要となる。

c) 砂処理装置

- (1) 処理砂の種類 : ユニットサンド

- (2) 処理砂の必要量 : 30 t/h

$$200 \text{ kg/枠} \times 120 \text{ 枠/h} \times 1.15 \text{ スピルサフ} = 27,600 \text{ kg}$$

d) 中子〔シェルモールド〕造型機

(1) 造型タクト：中子は鋳物1個当たり平均3個必要とするものとして

$$3 \times 3 \times 250,000 \text{ 個} \div 12 \text{ 月} \div 24 \text{ 日} = 7,815 \text{ 個/日} \div 15 \text{ 時} = 521 \text{ 個/時}$$

$$521 \text{ 個} \times 1.5 \text{ 分/個} = 781.5 \text{ 分} \div 60 \text{ 分} = 13.03$$

したがって、13台のシェルモールド造型機が必要となる。

e) 溶解炉

(1) 溶解炉の種類：キュボラ

(2) 必要溶解能力：5 t/h〔効率を考慮して〕

f) 熱処理炉

(1) 加熱炉の種類：電気またはガス加熱炉

(2) 必要内容積：20 t/バッチ

g) 理化学分析機器等の付帯設備

新工場の場合に、最低限必要と判断される理化学分析機器及びユーティリティを、〔表Ⅲ-22(2)〕に示す。

h) 工場レイアウト

以上の検討結果を基にしてレイアウトを検討してみると次の〔図Ⅲ-41〕のようになる。また、その仕様は〔表Ⅲ-22(1)〕に示す。

なお、この工場の中にはコンプレッサハウジング鋳物生産用のアルミニウム鋳物工場についても織り込んだ。

表Ⅲ-22(1) 鑄鉄鑄物工場の仕様

工 程	設 備 名 称	仕 様	数 量	費 用 概 算
造 型	無枠式造型機ライン	AMRⅢ-055R 枠寸法;550X450X200/200 造型外 28秒	1 式	百万円 130
砂処理	砂混練機 (DW29/5)	4t/バッチ 96t/h	2 基	} 800
	砂処理コントローラ	MIC型水分コントローラ MIB型コンタクトリリヤ 制御	1 式	
	ドラムシェーカ		1 基	
中子 造型機	シェルモールド 造型機 (NVS-B型)	金型 400X400X100/100	10台	110
		寸法 500X500X130/130	2 台	24
		600X600X130/130	1 台	16.6
溶 解	キューボラ CEメーター	5 t/h熱風式 2 基	1 式	220
		CE値, C%, Si%, 球状化率	1 式	1.5
仕 上 げ	ショットブラスト	SNM5	2 台	30
	バリ取り装置	FM-60(506)LC-B	3 台	30
	バリ取りロボット	AGN-4X-F10-300U	2 台	50
	ホーニング装置	—	1 台	2
熱処理	加熱炉	台車式 5 × 2 × 7 m	2 基	150
	アルミ熱処理炉	T 6 処理用	1 基	100
アルミ 鑄造機	軽圧鑄造機 (LPM-2)	30KVA 金型400X400X200	3 台	90
	溶解炉	—	1 台	30
合 計				1,804.10

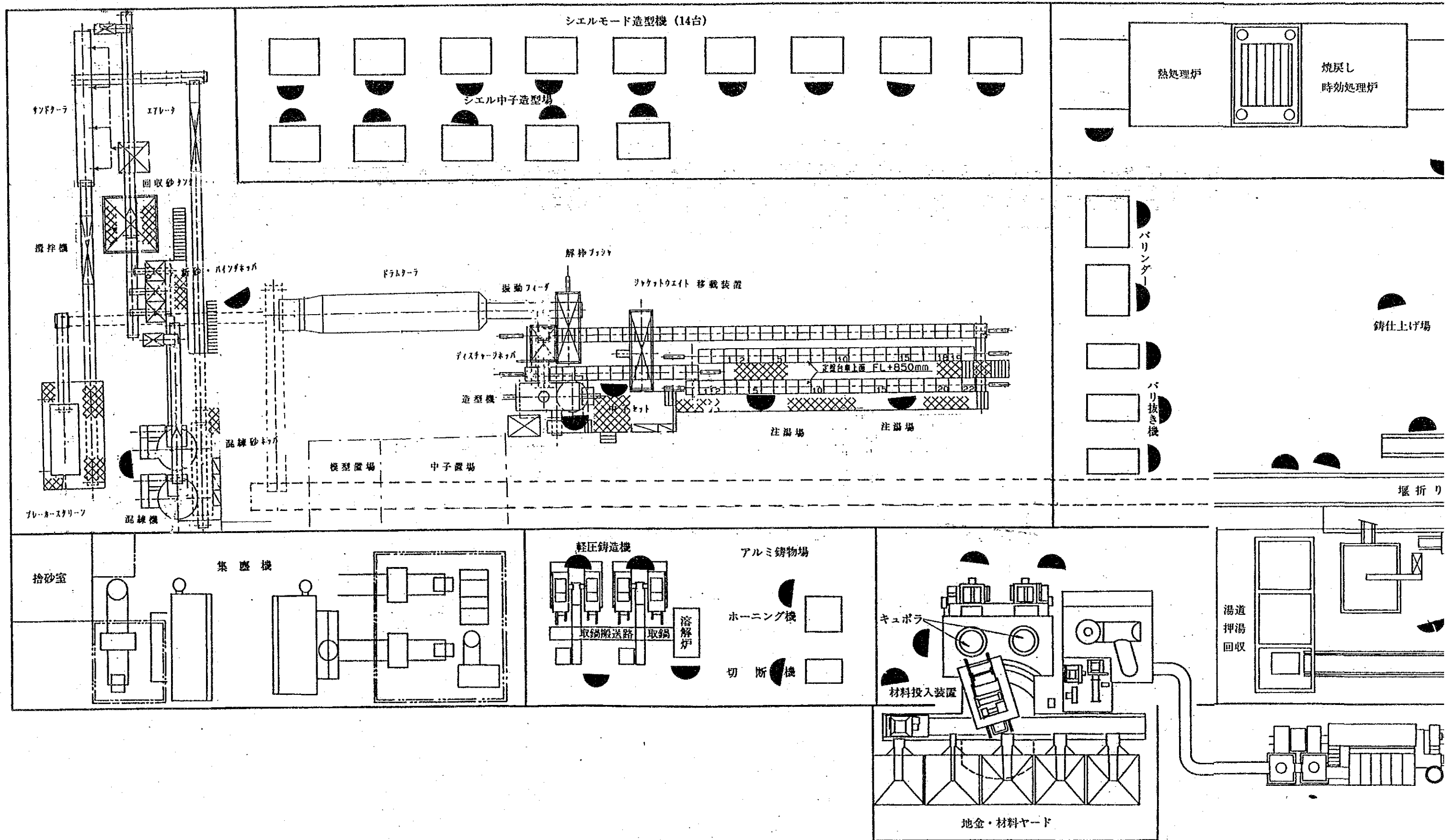
注) 費用は何れも日本国内価格

表Ⅲ-22(2) 鑄鉄鑄物工場用試験・検査設備及びユーティリティ

工 程	設 備 名 称	仕 様	数 量	費 用 概 算
砂処理	一握の砂(GTR1000)	砂温度、CB値、水分、 通気度、抗圧力、	1式	百万円 5
溶 解	発光分光分析装置 球状化处理取鍋	PDA	1式	40
		500kg 取鍋+特許料	1式	2
検 査 試 験	引張り試験機	オートグラフ	1式	9.5
	衝撃試験機	30Kgm	1式	2.5
	硬さ試験機	ブリネル硬度計 (フィッル)	1式	1
	顕微鏡	EPIPHOTO-TME-E型	1式	2.15
		小 計		62.15
共 通	受変電設備	3 0 0 0 kw	1式	150
	コンプレッサ	4 0 N ^m	1式	16
	工業用水受水設備	3 0 0 0 ℓ/分	1式	
		小 計		166
	合 計			228.15

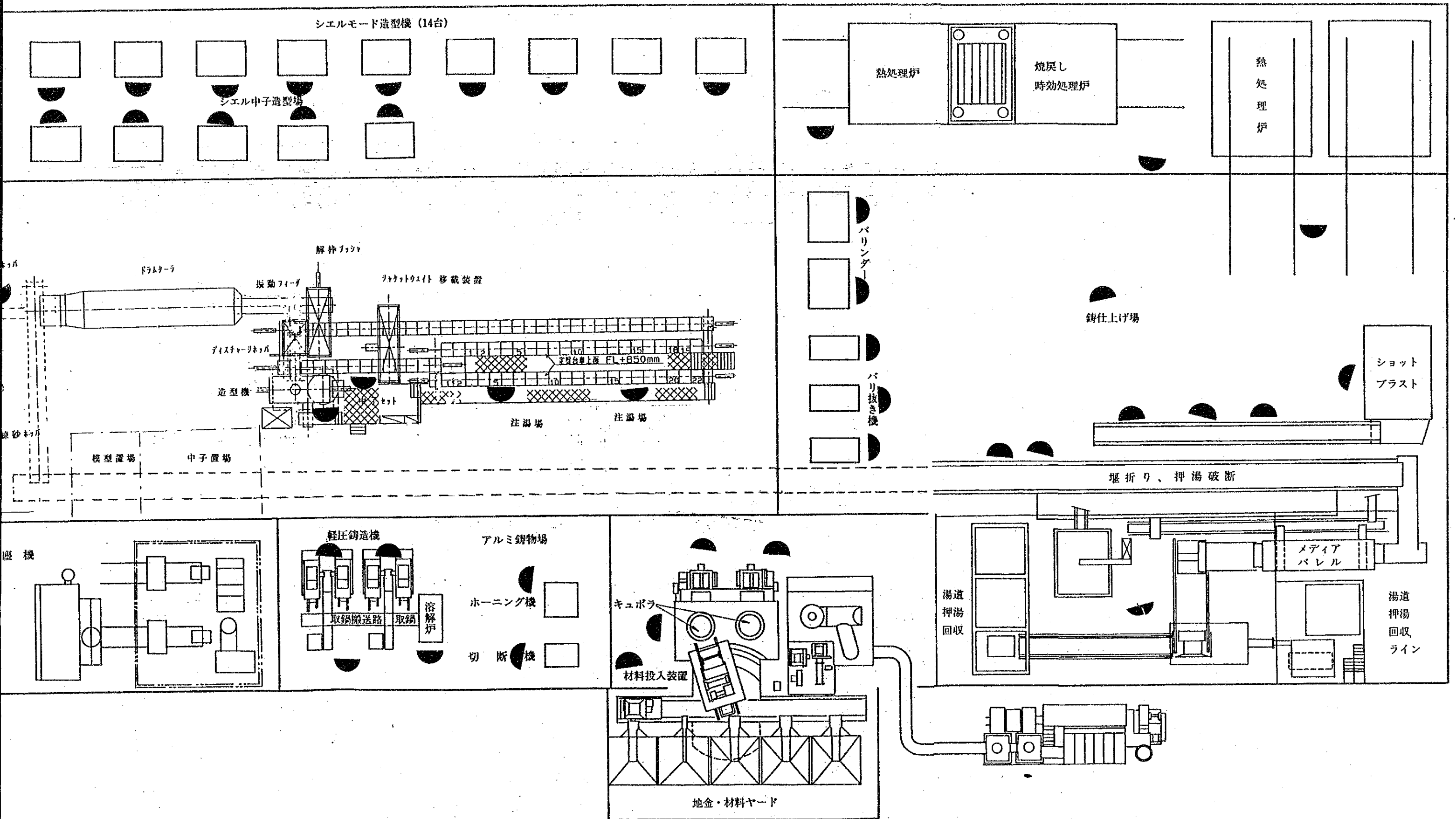
注) 費用は何れも日本国内価格

ターボチャージャ部品用鋳物工場



図III-41 ターボチャージャ部品用鋳物工場レイアウト (案)

ターボチャージャ部品用鋳物工場



図III-41 ターボチャージャ部品用鋳物工場レイアウト (案)

2) 現用の鋳物工場での改善

前項は、ターボチャージャ部品を別途展開地の新工場として検討したが、費用の関係から二重投資になる部分があり、現工場内でも十分な余地があるので、ここでは、現工場内での改善について検討を行った。

先ず、ターボチャージャ部品生産に必要な量産対応の生型造型機、砂処理装置、シェル中子造型機を中心に導入し、他は現用の設備を極力活用することを考えた。なお、ディーゼル部品については、小物部品はターボチャージャ用の生型造型ラインに織り込み、大物部品はフラン砂プロセスラインに移して生産を行うことで対応は可能である。これらによっても、現在の油砂中子造型場所は空地になる予定である。この場合の現鋳造分廠内での改善レイアウト案を、案1として〔図Ⅲ-42〕に、その増強設備仕様を〔表Ⅲ-23〕に示す。

この場合においても、造型機および砂処理設備を最新鋭のものとしているので、費用的には大幅にアップする。そこで、上記よりも寸法精度は若干低下するが、造型設備の仕様を変えた場合のレイアウト案を、案2として〔図Ⅲ-43〕に、また、その設備仕様を〔表Ⅲ-24〕に示す。

表Ⅲ-23 現工場内で生産する場合の改善・増強仕様案(案1)

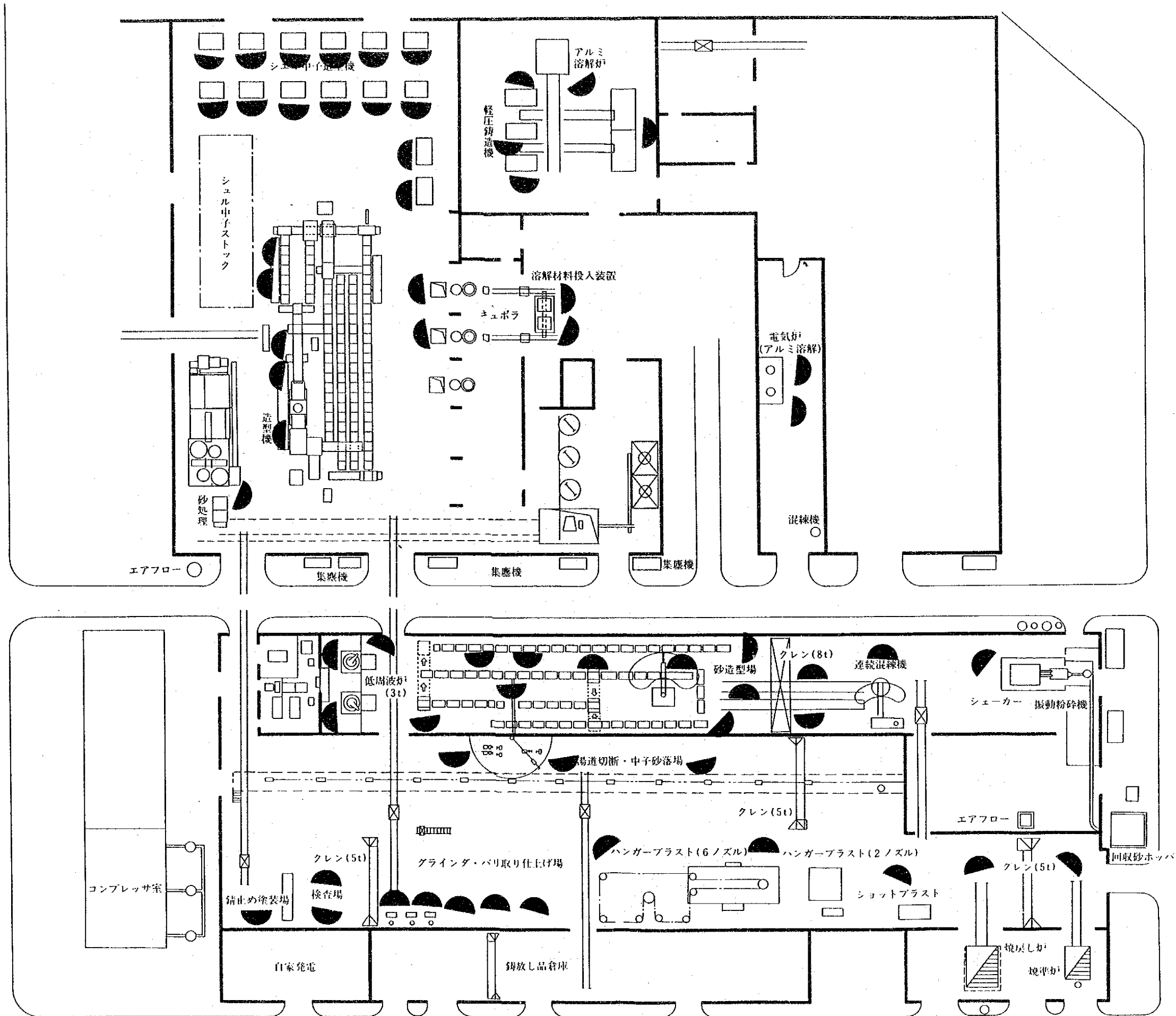
工程	設備名称	仕様	数量	費用概算
造型	無枠式造型機ライン	AMFⅢ-055R 枠寸法;550X450X200/200 造型外 28秒	1式	百万円 130
砂処理	砂混練機(DW29/5)	4t/バッチ 96t/h	2基	} 800
	砂処理コントローラ	MIC型水分コントローラ MIB型コンパクト制御	1式	
中子 造型機	シェルモールド 造型機 (NVS-B型)	金型 400X400X100/100	10台	110
		寸法 500X500X130/130	2台	24
		600X600X130/130	1台	16.6
溶解	CEメーター	CE値, C%, Si%, 球状化率	1式	1.5
アルミ	軽圧鋳造機	30KVA 金型400X400X200	3台	90
合計				1,192.1

注) 費用は何れも日本国内価格

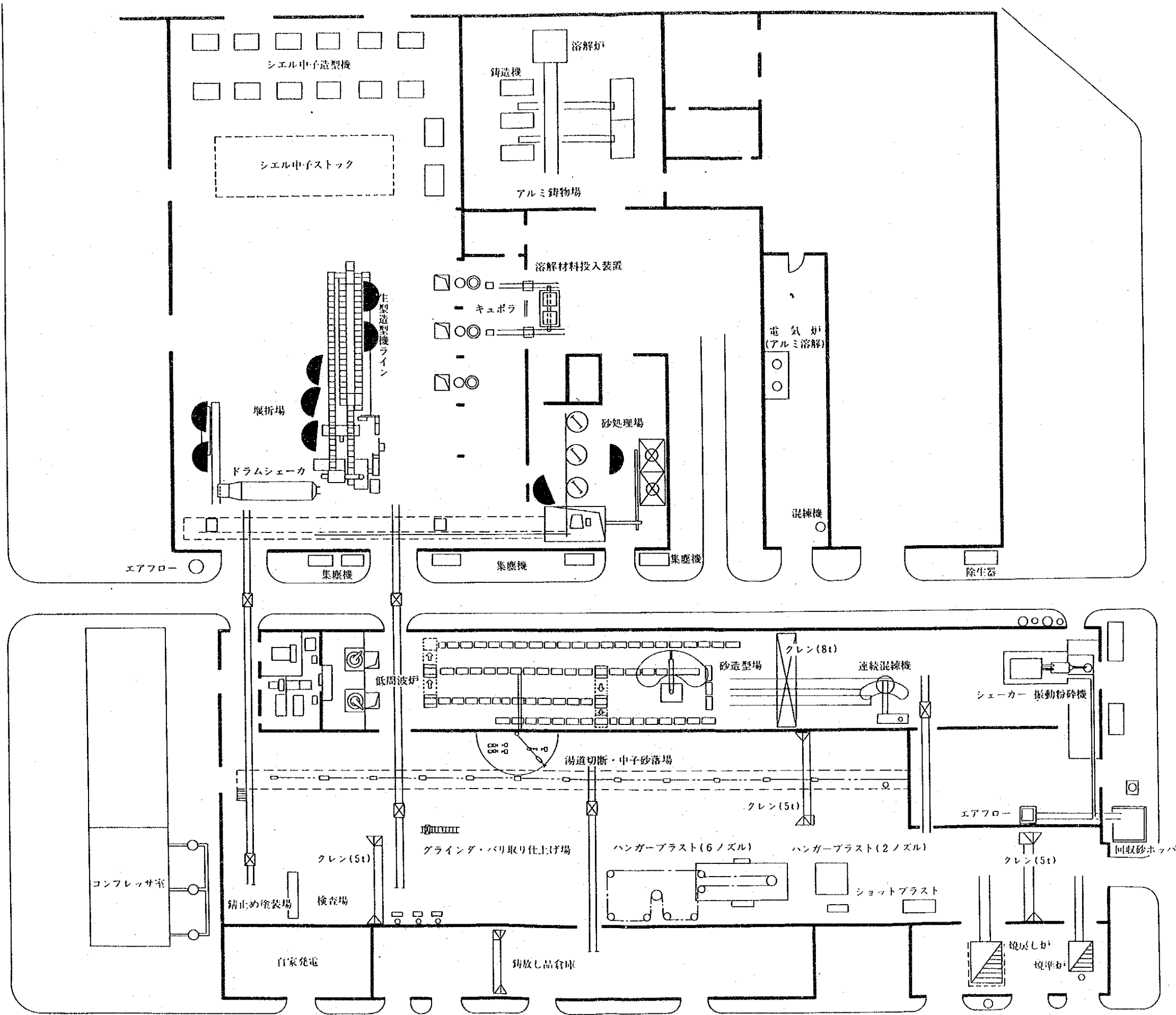
表Ⅲ-24 現工場内で生産する場合の改善・増強仕様案（案2）

工 程	設 備 名 称	仕 様	数 量	費 用 概 算
造 型	無枠式造型機ライン AMFⅢ-055R	枠寸法:550X450X200/200 造型外 28秒 型内冷却時間32分	1式	百万円 130
中子 造型機	シェルモールド 造型機 (NVS-B型)	金型 400X400X100/100 寸法 500X500X130/130 600X600X130/130	10台 2台 1台	110 24 16.6
砂処理 フラン 用	砂混練機 砂処理コントローラ ドラムクーラ サンドクーラ サンドリクレーマ サンドフレッシュャ	現用機使用 MIA型水分コントローラ(RCT含 2200φ×12000l, 22kw 振動コンバ流动床式 35t/h NRR21S BR410	1式 1基 1基 1基 1基	— 100 40 90 5 10
溶 解	キュボラ 低周波誘導炉 CEメーター	5t/h現用機使用 5t現用機使用 CE値, C%, Si%, 球状化率	1式	— — 1.5
仕上げ	ショットブラスト グラインダ他	現用機使用 現用機使用		— —
熱処理	加熱炉 アルミ熱処理炉	現用機使用 T6処理用	1基	— 100
アルミ 铸造機	軽圧铸造機 (LPM-2) 溶解炉	30KVA 金型400X400X200 現用機使用	3台	90 —
合 計				717.1

注) 費用は何れも日本国内価格



図III-42 現工場内でターボチャージャー部品を生産する場合のレイアウト案(案1)



図III-43 現工場内でターボチャージャー部品を生産する場合のレイアウト案(案2)

5.4 精密鑄造工程

5.4.1 基本的考え方

1) 方針

ターボチャージャの生産は、車載用を中心にして1996年には15万台の生産が予定されている。1992年の実績は9,600台程度であり、手作業でも充分に対応が出来た。しかし、1996年に15万台の生産を達成するためには、各製造工程において機械化・自動化を行わないと、安定した品質の鑄物を製造することは難しい。

ターボチャージャの精密鑄造部品としては、タービンホイールとコンプレッサホイールが主であるが、それぞれ材質がニッケル合金とアルミ合金であり、製法はロストワックスプロセスと石膏型と異なるので、それぞれについて現状プロセスに対する改善点について工程毎に検討する。

2) 重点とする工程

現状の精密鑄造工程は、ロストワックスにおける溶解・鑄造工程を除き全てが手作業で行われており、効率の悪い作業形態を採っている。したがって、ここでは全工程について、量産化に対応するための機械化、自動化、ライン化などについて検討を行う。

5.4.2 ロストワックスプロセス

1) ワックス模型成形工程の改善

a) 模型材料

現在使用している模型用のワックスは、自社でパラフィンと硬脂酸を等量混ぜて、46～48℃程度の半熔融状態で使用している。そこで、成形に当たっては、氷を入れた冷水で作業しているが、組立時には室温で手作業するために、多少の変形は避けられなくなる。出来れば、もう少し高熔融点のワックスを使用したい。

ロストワックスプロセスに使用される模型材料には、〔表Ⅲ-25〕に示すように色々な種類のものがある。一般的にはワックス系のフィラー入り、あるいはノンフィラーワックスが多く使用されている。

表III-25 ロストワックスプロセス用模型材料の種類

材 料	種 類	フィラーの種類
ワックス系	ノンフィラーワックス	
	フィラーワックス	<ul style="list-style-type: none"> — ポリスチレン粉末 — 有機酸 — 脂肪酸アミド — 澱粉 — 水
	中子用水溶性ワックス	
尿素樹脂系	尿素樹脂	
ポリスチレン樹脂	ポリスチレン樹脂	
	発泡ポリスチレン	

ワックス模型材料の成分は、パラフィンワックス、天然蠟、合成蠟、さらにはロジン系あるいは石油系の熱可塑性樹脂から構成される。中子用水溶性ワックスは、ポリエチレングリコールを主成分とするワックスである。

フィラーワックスは、生産性が高く、寸法安定性の優れた特性を有するが、フィラーの種類によっては、再生可能なワックスと不可能なワックスがあるので、使用する際には特にこれらの選定が重要となる。

尿素樹脂系は、尿素粉末とポリビニールアルコール粉末とからなる。収縮率が小さく、安価な模型材料である。

タービンホイールのように薄肉でエッジを出すようなもの場合には、ポリスチレン樹脂などの模型は、強度も高く取扱が楽であるが、成形に高压の射出成形機を必要とし、金型も頑強な構造を必要とするので問題が残る。

b) ワックス模型の成形

ワックスは、その種類によってそれぞれ最適の成形温度範囲を有するものであるから、良い模型を得るためには、それぞれの条件で成形する必要があり、模型の大きさ、肉厚および形状によって、ワックスの回り具合などを考慮して、ワックスの温度を変える必要がある。一般には、製品に応じて60~80℃の範囲のワックスから選定されている。

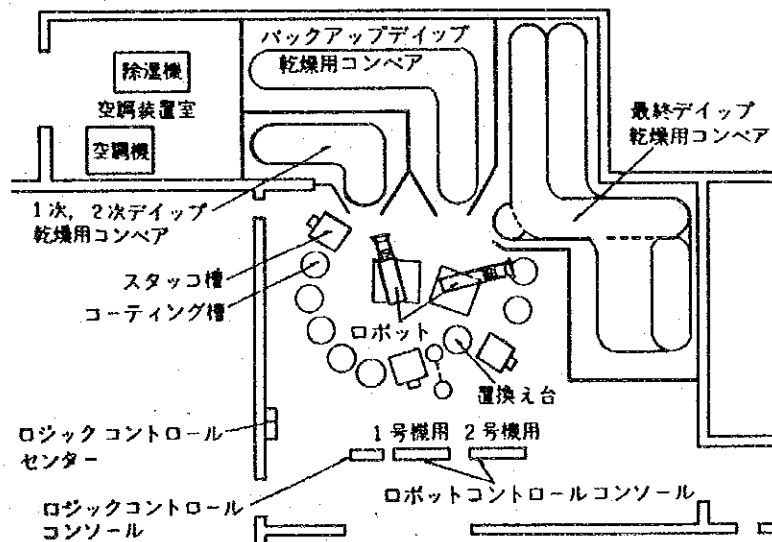
精鑄分廠では現状、ハンドポンプにより手作業でワックス模型の成形を行っているが、ワックス模型の寸法精度、変形などの問題があり、今後の量産化に

対しては対応出来なくなる。そこで、ワックスの射出成形機を導入すべきである
と考える。成形機としては種々のものがあるが、ワックスの温度が同じであ
れば、圧力の高い条件での成形が収縮率、面引けを減少させ、表面の肌も良
くなるので高圧成形機の方が好ましい。

2) 鋳型製作工程の改善

ロストワックスプロセスでは、鋳型製作に当たり、ワックス模型の周りに耐火
物をコーティングして、6～7mm程度の厚さの耐火物層を形成していくに際して、
耐火物スラリーへのディッピング（浸漬）、耐火物粒のスタッコイング（ふりか
け）、乾燥の3つの作業を反復6～7回繰り返すが、現状ではこれらは手作業で
行われている。これらの作業は単調であり、自動化機械の導入も容易である。

鋳型製作自動化ラインの一例を、〔図III-44〕に示す。



図III-44 セラミックシェル鋳型製作自動化ラインの例

この場合、ロボット2台、ディッピング槽7基、スタッコ槽3基、乾燥室3部
屋からなっている。1、2層は同じ部屋で乾燥するためにコンベアは2段になっ
ている。1層目のディッピング、スタッコイングされた後、下段のコンベアに吊
るされる。2層目は上段のコンベアに吊るされる。3層目以降のバックアップ
コート層は隣の部屋で乾燥し、最終層はさらに隣の部屋で乾燥される。

1号ロボットは、1層から3層までを受け持ち、4層以降を2号ロボットが受け持っている。

このような鑄型製作の自動化により、次のような利点が得られる。

- ① より安定した均質な鑄型が得られる。また、鑄物の品質が向上する。
- ② 造型コストを下げるができる。
- ③ 鑄型の重量が一定になるので、材料管理が容易になる。
- ④ 鑄物の品質が良くなるので、不良率が減少する。
- ⑤ 作業が安定するので鑄肌が良くなり、鑄物の表面仕上げ作業が減る。

鑄型製作において、自然乾燥の場合には、各層のコーティング間隔は2～4時間程度置いて、十分に乾燥してから次のコーティングに移るようにしないと鑄型欠陥を起こす。このように、鑄型製作の中で最も時間のかかるのは、コーティング層の乾燥である。この乾燥時間の短縮に関する工夫について以下に紹介する。

この乾燥時間短縮に関する工夫については、種々の方法が開発されているが、その主なものを以下に紹介する。これらの内、安定していて設備的にも容易な方法は、d)の酸性バインダーと塩基性バインダーを交互に行う方法である。従って、この方法について検討することを考えたい。

a) 強制通風乾燥による方法

これは、通風したトンネルの中にコーティングしたワックス模型を入れて、強制的に乾燥する方法である。強制乾燥すると、コーティング層がワックス模型から剝離したり、割れたりし易くなるが、このような欠陥を起こさない条件を見つけることがポイントとなる。

参考までに、乾燥ハンガーコンベアラインの強制通風トンネルにおける通気条件の1例を〔表Ⅲ-26〕に示す。このように、この方法は相当厳密な制御が必要となるので、実用的にはノウハウが重要となる。

表Ⅲ-26 強制乾燥する場合の通気条件例

項 目	条 件	
トンネルの断面積	0.25 m ²	
乾燥用空気の通風速度	90 m/分	
乾燥用空気の温湿度	湿球温度	乾球温度
第1層用	24℃	32℃
第2・3層用	24℃	35℃
第4・5層用	24℃	38℃
第6・7層用	24℃	41℃
乾燥用空気の相対湿度		
第1・2層用	45～55%	
第3・4層用	35～45%	
第5・6層用	25～30%	
第7層用	15～25%	

バインダーとしてエチルシリケートを使用した場合には、強制通風乾燥することによりコーティング層に割れが入ることがあるが、コロイダルシリカを使用した場合にはその影響は少ない。バインダーとしてコロイダルシリカを使用して、7層コートでコーティングを3時間以内に完了させることが出来る。

b) アンモニアガスでゲル化させる方法

この方法は、既に現在採用しているので省略する。

c) スタッコ粒に塩基性物質を混ぜる方法

この方法は、バインダーとしてエチルシリケートが用いられる。使用するスタッコ粒に予め塩基性物質、たとえば酸化マグネシウムを混合したり、あるいはスタッコ粒に塩基性物質をコートしたりして、スタッコ粒がスラリーに付着した時に、それがバインダーのゲル化を促進することを利用した方法である。

d) 酸性バインダーと塩基性バインダーを交互に利用する方法

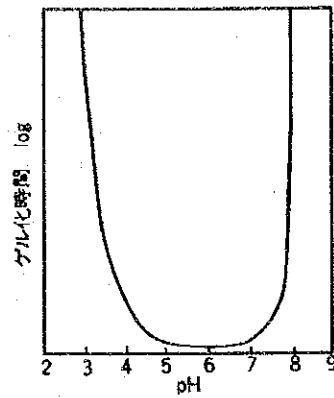
この方法には数多くの組合せが考えられている。2～3の例を紹介する。

- (1) エチルシリケートが酸性〔pH 1～2〕であるのに対して、コロイダルシリカが塩基性〔pH 9～10〕であることを利用して、この両者のスラリーで

交互にコーティングし、互いにそのpHを変化させてゲル化を促進させる。

コロイダルシリカは一般にpHが9~10の範囲が最も安定であり、次に3~4の範囲が比較的安定である。

〔図III-45〕に示す如く中性範囲に近づくと不安定になり、ゾルからゲルへと変化していく。



図III-45 コロイダルシリカの
ゲル化時間とpHの関係

(2) 酸性バインダーとしてエチルシリケートを使用し、塩基性バインダーとしては珪酸ナトリウムを使用する。珪酸ナトリウムは、塩基性がそれほど強くないので、これに水溶性アンモニウム塩を少量添加する。これら2つのスラリーを交互に使用して相互のゲル化を促進させる。

(3) 酸性バインダーとして酸性コロイダルシリカを使用し、塩基性バインダーとして塩基性コロイダルシリカを使用する。酸性コロイダルシリカは、中性に近づくとゲル化し、塩基性コロイダルシリカも中性に近づくとゲル化する性質を利用している。両スラリーを交互に使用することによってゲル化を促進させる。

コーティング作業を自動化する時、乾燥に時間が掛かると、乾燥のためのコンベアラインが長くなって、広い場所が必要となる。これらの方法は、コーティング層間の乾燥をかなり短くすることができるので、鋳型製作室を小さくすることができる。

3) 脱蠟工程の改善

現状、ワックス模型にコーティングされた鋳型は温湯の中で脱蠟されている。使用しているワックスの融点は、48°C程度のものであるために、比較的簡単な設備で脱蠟作業が行われている。

脱蠟の方法には、他にオートクレーブ法、急熱脱蠟法、マイクロウェーブ法など種々の方法があるが、それぞれに特徴があって優劣はつけ難い。一般的には、オートクレーブ法とヒートショック法が多く使われている。これらの方法について以下に紹介する。

a) オートクレーブ法

圧力容器の中に鋳型を入れ、60~70 Pa の加熱水蒸気を急速に入れて脱蠟する。脱蠟時間は10~15分である。ワックスの回収率は非常に高いが、フィラー入りのワックスの脱蠟には不適當である。

b) 急熱脱蠟法（ショックヒート法）

700~1,000 °Cに加熱された炉の中に鋳型を素早く入れて脱蠟する。鋳型を一樣に加熱することが大切で、温度差が生じると割れやすい。脱蠟時間は3~5分である。ワックスの回収は困難である。

4) 鋳型焼成工程の改善

現状での鋳型焼成は、バッチ式の電気炉で 900°C以上に加熱している。将来、量産化した場合には、現在使用している1個流しの真空誘導溶解炉は、2直のフル稼働を行うことになる。したがって、鋳型焼成炉1基では対応が出来なくなり、3~4基の並行連続操作を行う必要がある。そこで、ここでは連続鋳型焼成炉を提案したい。連続鋳型焼成炉の場合は、鋳型の大きさに合わせた炉の容量を持ったものを1基設置すれば良く、溶解・鋳造のピッチに合わせて取り出すことが出来る。

5) 溶解・鋳造工程の改善

現在使用している1個流しの真空誘導溶解炉は2炉あり、サイクルタイムは3分程度である。鋳型のセット、取り出しは手作業に頼っているが、当面は手作業を続けざるを得ない。しかしながら、この作業は単純作業でもあり、将来的には、鋳型焼成炉からの鋳型取り出し、材料投入、鋳型セット、鋳型取り出し、押湯加熱セット、取り出しまでの工程はロボットに置き換えるべきであろう。

これらの具体化については、作業内容を十分に観察・検討して、作業工程において無駄のない動作と配置を考える必要がある。

6) 鋳仕上げ・検査工程の改善

この工程は、最も機械化、自動化の難しい工程で手作業に頼らざるを得ない。したがって、この工程では、手を加えなくとも良いように、前工程で如何に高精度で、高品質のものを造り込むことが出来るかが大切になる。即ち、型設計・製作は非常に重要であり、また、模型製作・造型工程においても、精度が維持できるように、手作業による変動要因を極力無くすることが重要になる。これらの改善によって取り除き得なかった部分は、手作業によって補正することになる。

5.4.3 石膏型法

石膏型法は、精密鋳造の基本となる造型方法で、通常は非鉄金属鋳物用として、また、マスターモデル製作用として多く使われている。ターボチャージャなどのコンプレッサホイールは、複雑な薄肉の3次元形状を有しており、品質確保の点から、各社各様のノウハウによって製作されている。短期間に技術を確立するためには、先進の企業と技術提携を行って進めるのが早道であろう。

1) 模型成形工程の改善

a) 模型材料

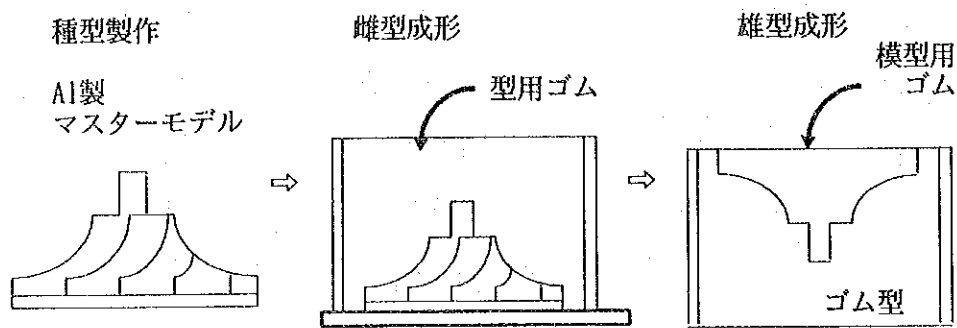
コンプレッサホイールの場合、3次元曲面を持った薄肉の羽根をもっているために、通常はゴム型を使用している。ゴムにも種々のものが開発されているが、一般に使用されている模型用ゴムの種類と特徴を、〔表Ⅲ-27〕に示す。

表Ⅲ-27 常温硬化ゴム

種類	銘柄	特徴
多硫化ゴム	FMC 200	流動性良好、伸び大、収縮小
シリコンゴム 縮合型	SH 9550/9551/9552 KE 1402/17/20 TSE 3561/350-5/360-6	全般に 流動性良好、収縮大、軟い
シリコンゴム 付加型	SH 9555/9556 KE 1300/1600 TSE 340/3402	全般に流動性良くない 収縮小、固い

b) 模型製作

石膏型を成形するために、コンプレッサホイールの場合には、3次元曲面の薄肉部があるために一般にゴム型が使用される。このゴム型を製作する方法にも種々有るが、良く使われている方法に分割金型を用いる方法とゴムの一体型がある。分割金型の場合は、羽根の枚数分の雌型を組み合わせで一体化した鋳型の中にシリコンゴムが注入される。他方、ゴム一体型の場合は、金属製のマスターモデルを用いてゴムで一体の鋳型を作るために、比較的寸法精度が良いとされている。ここでは、このゴム型製作の工程を紹介すると、〔図Ⅲ-46〕のようである。



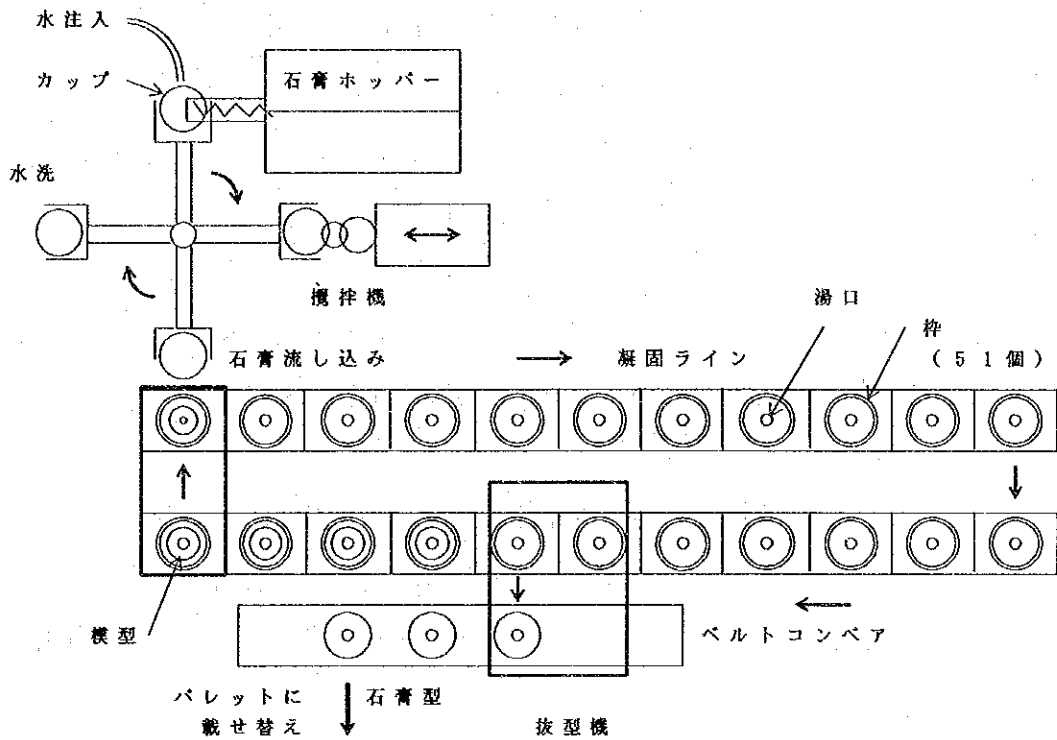
図III-46 ゴム模型製作工程

2) 石膏型成形方法の改善

石膏型の成形については特別な方法はないが、現状では全てが手作業であり、一定の安定した鋳型をつくることは難しい。この工程は単純な作業でもあり、出来るだけ機械化して、常に一定の鋳型が効率よく成形出来る方法を考えたい。

一例として、日本の旭テック(株)が自社開発した方法について紹介すると、(図III-47)に示す設備を使用している。型材としての石膏は、通気性を確保するために発泡石膏と普通石膏を混合して自動秤量・供給し、水を加えて攪拌・混合・発泡させて均一なスラリーとし、ゴム模型をセットした枠の中に流し込む。流し終えた容器は、水洗して次の混合に備える。石膏が注入された枠は、順次送りだされて自然硬化を待つ。硬化した石膏型は、抜型機により離型されベルトコンベア上に出される。出来上がった石膏型は、トレイに載せられて乾燥用の棚に置かれる。

この装置は、石膏の配合から石膏型完成まで機械が自動的に作業を行うので、常に一定の条件で鋳型製作が行えるので、安定した鋳型が供給できる。



図III-47 石膏鑄型製作工程の機械化・自動化例

3) 石膏型乾燥工程の改善

石膏型の乾燥は、充分に行う必要があるので、乾燥炉はある程度余裕をもったものとする必要がある。即ち、乾燥には充分な時間を掛ける必要があるので、1炉で1日分の型が乾燥出来る容量のものとして、2炉を設置して交互に使えるものにする必要がある。

石膏型は、トレイに載せて移動式の乾燥用棚に置かれたものを、そのまま乾燥炉の中に入れられるようにすると作業性が良く便利である。

4) 溶解・鋳込み工程の改善

溶解は、一般に反射炉または電気炉で行われている。当工場では電気炉で溶解されており特に問題はない。

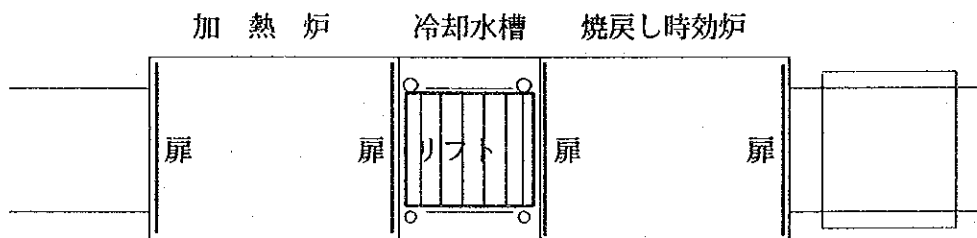
鋳込みに際しては、溶湯を低圧鋳造機に移して、乾燥した石膏型をセットして低圧鋳造されている。この方法で特に問題はないが、時に薄肉の羽根部に湯回り不良を起こすことがある。この場合、減圧をすると湯回り不良は解消されるが、減圧のタイミングは非常に微妙で、タイミングが合わないと却ってガス欠陥や肌荒れなどの不良が発生する。また、凝固する迄の保持時間が必要となり、生産性は落ちることになる。

その他の方法として重力鋳造法がある。この場合は、薄肉の羽根部に湯回り不良が発生し易いので必ず減圧を必要とするが、低圧鋳造程の厳密なタイミング調整は必要としない。また、凝固も早く、生産性も良い。なお、減圧度は400Torr程度で良い。

5) 鋳仕上げ・熱処理工程の改善

鋳込み冷却後は、石膏型から鋳物を取り出して押湯を切断し、熱処理（T6処理）を行う。現状では、低圧鋳造工場と熱処理工場の間が離れており、不便である。出来れば同一工場内で全てが処理できるようにしたい。

また、熱処理に際して、加熱炉と焼き入れ水槽が離れており、素型材の品質に対しては不安定になり、余り好ましくはない。量産に当たっては、一連の熱処理作業が連続的に行えるように設備の配置を考える必要がある。参考のために、熱処理炉の配置例を〔図Ⅲ-48〕に示す。



図Ⅲ-48 熱処理炉の配置例

5.4.4 精密鑄造設備並びに工場レイアウトの検討

1) ロストワックスプロセス工場

a) 設備条件

- (1) 1ヶ月26日稼働とし、稼働率92%で実働24日とする。
- (2) 2直勤務制とし、実働15時間/2直とする。
- (3) 鑄物単重 300g/個とする。
- (4) 1個鑄込みとする。
- (5) 良品率は80%とする。
- (6) 生産量は年間良品15万個とする。

b) ワックス成形機

$$150,000 \div 0.8 = 187,500 \text{ 個/年} = 15,625 \text{ 個/月} = 651 \text{ 個/日}$$

$$1 \text{ ショット} 3 \text{ 分} \text{ とすると } 651 \text{ 個/日} \times 3 \text{ 分} = 1,953 \text{ 分}$$

$$1,953 \div 60 = 32.55 \text{ H} \div 15 \text{ H} = 2.17$$

したがって、ワックス成形機は3台必要である。

c) 鑄型成形工程のハンガーコンベア長さ

$$\text{ツリー数} \quad 651 \text{ 個/日}$$

$$2 \text{ 直} \cdot 15 \text{ H、} 3 \text{ H 乾燥として} 5 \text{ バッチ/} 2 \text{ 直}$$

$$651 \text{ ツリー} \div 5 \text{ 回} = 130.2 \text{ ツリー/} 1 \text{ 回乾燥}$$

$$130.2 \text{ ツリー} \div 0.3 \text{ m} = 39.1 \text{ m} \text{ (} 0.3 \text{ m 毎にツリー取付け)}$$

$$5 \text{ 層分} \quad 39.1 \text{ m} \times 5 = 195.5 \text{ m}$$

したがって、ハンガーコンベアの長さは約200m必要である。

d) 溶解炉の検討

現在保有の真空誘導炉を使用した場合、サイクルタイムは3分であるから、

$$\text{溶解数としては } 15 \text{ H} \times 60 \text{ 分} \div 3 \text{ 分/回} = 300 \text{ 回}$$

消化すべき数量は651個/日であるから、同一の能力の炉を2台追加する必要がある。しかしながら、3台でフル稼働すれば相当量の余裕が出てくる。また、設備費としても嵩む。さらには、この前工程の鑄型焼成炉の省エネルギー

を考へて、変則3直勤務体制を取ることとして、溶解炉は1基に留めるべきである。即ち、溶解炉は同一仕様のもを1基追加し、不足分を3直勤務により消化することとしたい。

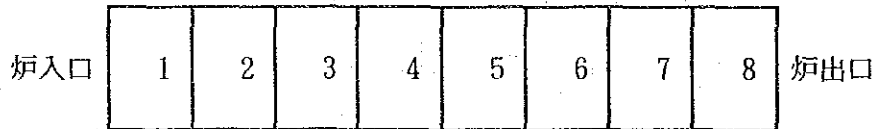
なお、現有の真空誘導炉は非常に優れたものであり、日本には同種のもが市販されていないので、同一機種を輸入することとしたい。

e) 鑄型焼成炉の長さ検討

鑄型パレットの大きさ 800 × 800、鑄型 16 個を乗せる。

連続鑄型焼成炉として炉内滞留は3時間とする。

$$1.5 \text{ 分} \times 16 \text{ 個} \div 60 \times 8 \text{ パレット} = 3.2 \text{ H}$$



炉内有効面積は 8 m × 1 m とする。

f) オートクレーブ

1バッチで 16 ツリー処理し、所要時間 20 分とする。

$$651 \text{ ツリー} \div 16 \text{ ツリー} = 41 \text{ バッチ}$$

$$41 \text{ バッチ} \div 3 = 13.7 \text{ 時間}$$

したがって、現有設備で対応可能である。

g) 工場レイアウト

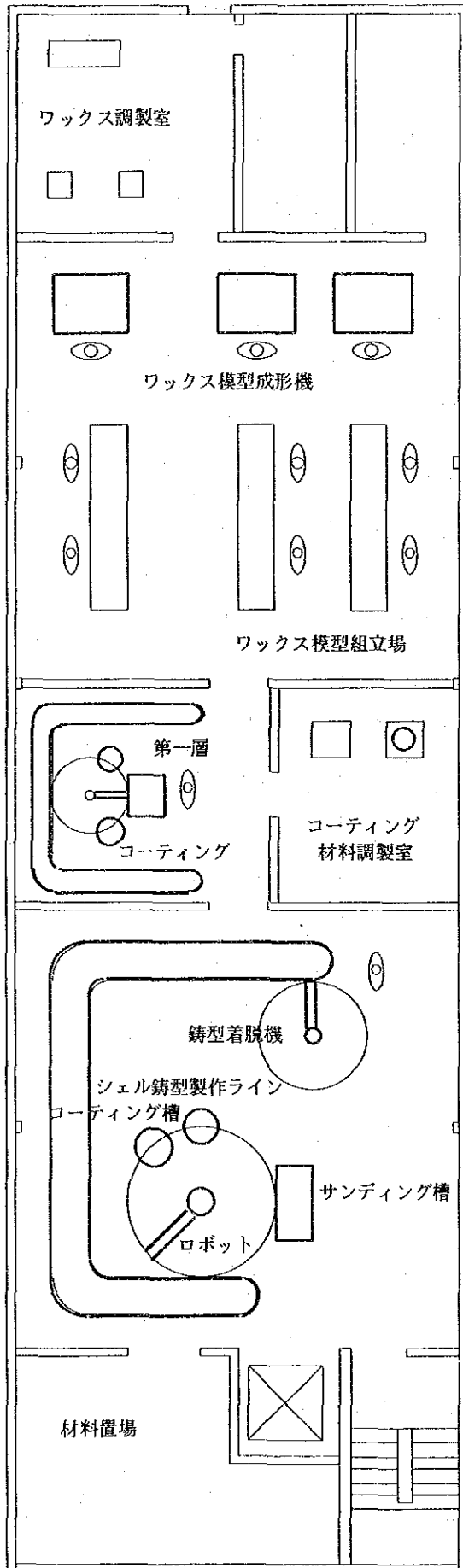
以上の検討結果を基にして、現工場内でのレイアウトを検討してみると、次の〔図Ⅲ-49〕,〔図Ⅲ-50〕のようになる。また、その仕様は〔表Ⅲ-28〕に示す。

表III-28 ロストワックス工場の仕様

(単位：百万円)

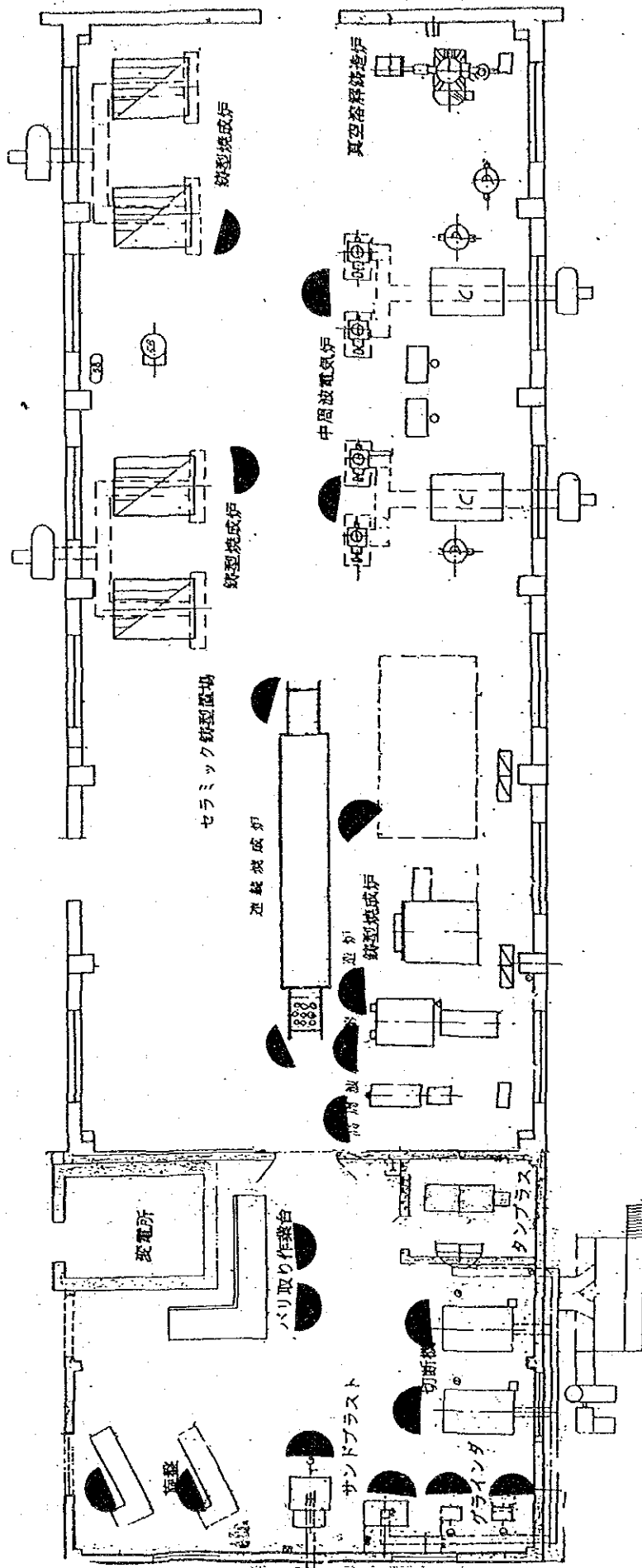
工 程	設 備 名 称	仕 様	数 量	費 用 概 算
模 型	ワックス射出成形機	VW3000型	3台	21
造 型	スラリー槽	攪拌機付きスラリー槽	4台	6
	サンディングシャワ	サンディングシャワ	2台	12
	作業ロボット	FUNAC ロボットS420F	1台	18
	ハンガーコンベア	100 m	2連	20
脱 蠟	オートクレーブ	現有設備	1基	—
焼 成	連続焼成炉	MAX.1000℃、8m	1基	73
溶 解	真空高周波溶解炉	現有設備+追加(1基)	2基	60
鑄 造	真空・遠心鑄造機	現有設備	1式	—
切 断	押湯切断機	グラインダ切断機	1台	—
熱処理	真空熱処理炉	現有設備	1台	—
仕上げ	ホーニング装置	現有設備	1台	—
検 査	蛍光探傷装置	現有設備	1台	—
	目視検査器具	現有設備	1式	—
合 計				210

注) 費用はいずれも日本国内価格
 なお、溶解炉は無錫動力機工場の購入価格を参考とした。



図Ⅲ-49
ロストワックス模型・鑄型
工場レイアウト案

精密鑄造工場



図III-50 ロストワックス鑄造工場レイアウト案

2) 石膏型工場

a) 設備条件

- (1) 1ヶ月 26 日稼働とし、稼働率 92 %で実働 24 日とする。
- (2) 2直勤務制とし、実働 15 時間/2直とする。
- (3) 鋳物単重 200 g/個とする。
- (4) 1 個鋳込みとする。
- (5) 良品率は 80 %とする。
- (6) 生産量は年間良品 15 万個とする。

b) 石膏型成形機

$$150,000 \div 0.8 = 187,500 \text{ 個/年} = 15,625 \text{ 個/月} = 651 \text{ 個/日}$$

$$1 \text{ モールド} 1 \text{ 分とすると } 651 \text{ 個/日} \times 1 \text{ 分} = 651 \text{ 分}$$

$$651 \div 60 = 10.85 \text{ H} \div 15 \text{ H} = 0.72$$

したがって、〔図Ⅲ-47〕に示した成形装置は1台で消化できる。

c) 石膏型乾燥炉

コンプレッサホイルの場合、1日分の石膏型を1炉で乾燥するとして、内容積は3 m³あれば良いと考えられ、2日分の2炉を設置する必要がある。

d) 溶解および鋳造炉の検討

溶解炉は、現在保有しているもので充分に対応が出来るのでそのまま使用する。鋳造炉についても、現有の低圧鋳造機で充分対応出来るが、生産性の点で問題があり、2直での消化は難しくなる。

$$1.5 \text{ 分} \times 651 \text{ 個} = 976.5 \text{ 分} \div 60 = 16.3 \text{ 時間}$$

重力・減圧鋳造法を採用した場合には 30 秒で2個鋳造できるので、生産性が良く、1直で充分に消化でき、省エネルギーにも効果がある。

$$0.5 \text{ 分} \times 651 \text{ 個} \div 2 = 162.8 \text{ 分} \div 60 = 2.7 \text{ 時間}$$

e) 熱処理炉の検討

T 6 熱処理を行うための専用熱処理炉としては、先に示した〔図Ⅲ-48〕のよ

うな一連の作業が連続的に出来るものが好ましい。処理量としては、石膏型と同様に1日分の量が入るものが良い。したがって、内容積は3 m³程度のものが必要となる。

f) 仕上げ・検査設備

仕上げ設備としては、サンドブラスト、グラインダなどが必要となるが、現有のもので充分に対応できる。

検査設備としては、蛍光探傷装置および目視検査装置が必要となるが、現有のもので充分対応できる。

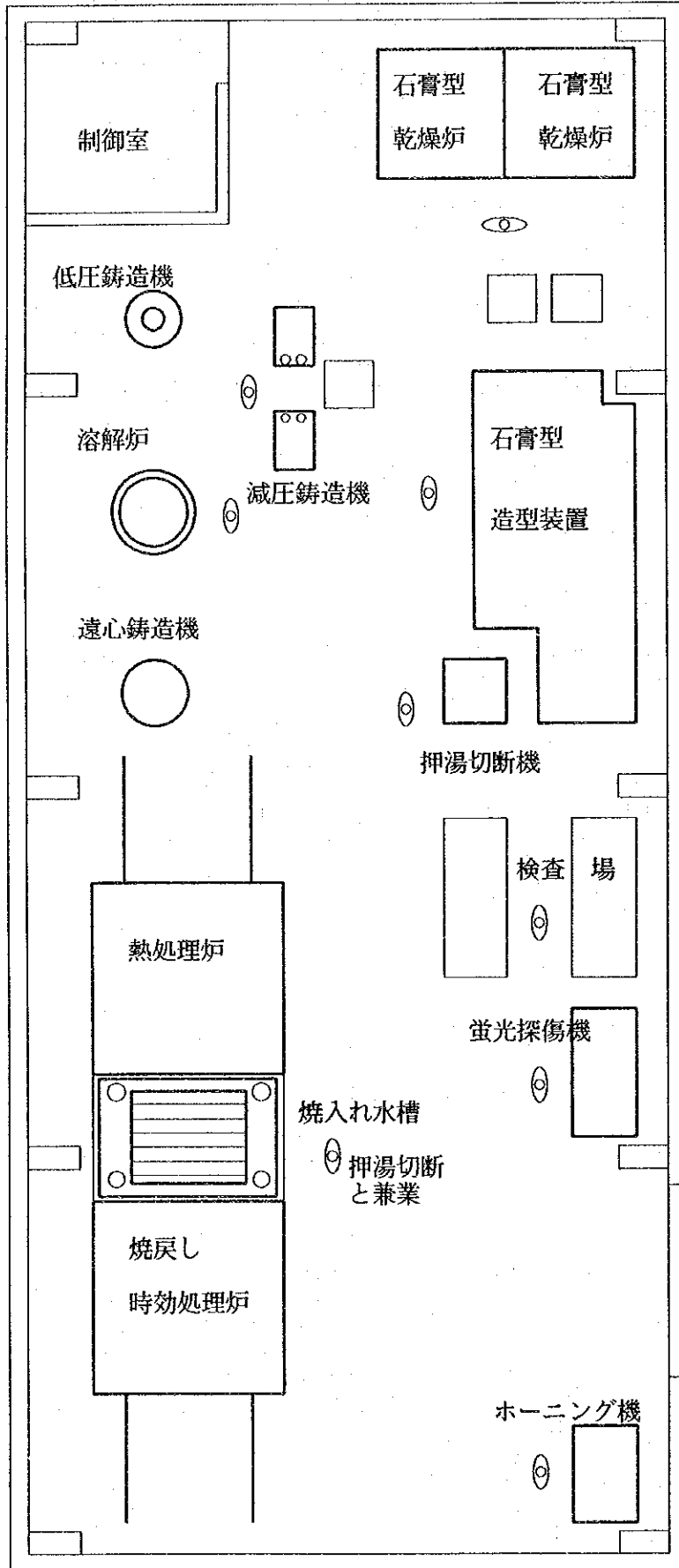
g) 工場レイアウト

以上の検討結果を基にして、現工場内でのレイアウトを検討してみると、次の〔図Ⅲ-51〕のようになる。また、その仕様は〔表Ⅲ-29〕に示す。

表Ⅲ-29 石膏型鑄造工場の仕様 (単位:百万円)

工程	設備名称	仕様	数量	費用概算
造 型	石膏型成形装置	石膏調合・注入機 型枠51個コンベア 抜型装置	1式	7
乾 燥	乾燥炉	最高温度 300℃ 内容積 3 m ³	2台	16
溶 解	溶解炉	現有設備	1基	—
鑄 造	減圧・重力鑄造機	減圧度 MAX. 200Torr.	2式	8
切 断	押湯切断機	グラインダ切断機	1台	—
熱処理	T 6 熱処理炉	最高温度 600℃ 最高温度 300℃ 冷却水槽	1台 1台 1台	14
仕上げ	ホーニング装置	現有設備	1台	—
検 査	蛍光探傷装置 X線透過検査装置	EF-1型標準構成	1台 1式	8 30
	合 計			83

注) 費用はいずれも日本国内価格



図III-51 石膏型鑄造工場レイアウト案

5.5 鍛造工程

5.5.1 基本的考え方

1) 方針

ターボチャージャの鍛造部品の主要なものは、軸流式ターボチャージャ用のタービンブレードである。本機種の場合、将来的には大きな伸びも期待できないので、生産形態としては現状維持程度と考えられる。そこで、ここでは現場改善程度の小改善について検討する。

なお、本部品の場合、タービンブレードを個別に鍛造するよりもタービンホイールとして、基本的にはブレードとディスク一体型の精密鋳造品として生産すべきものとする。

2) 重点とする工程

鍛造工程の場合、型設計・方案⇒金型製作⇒素材加熱⇒成形加工⇒仕上げ⇒熱処理⇒検査の工程を経る。この間の問題点として、金型設計・精度・工法・生産性などが考えられるが、生産量的にも少なく、特に致命的な問題点とは考えられない。しかし、鍛熱分廠では、設備の老朽化による精度不良が問題とされているので、ここでは型鍛造用の機械設備について最新の情報を紹介する。

5.5.2 精密鍛造の動向

これまで、ハンマーで鍛造していた部品を鍛造プレスで鍛造するようになり、精度の向上並びに生産性の向上が図られてきた。さらには、連続式の高速自動鍛造機が開発され、熱間鍛造技術も飛躍的に進歩した。

一方、材料の加熱方法は、高周波誘導加熱方式が広く使われるようになり、作業環境が改善され、しかも鍛造機の稼働率が向上した。

鍛造方法についても、開放式の鍛造型から密閉式の鍛造型に替わり、バリの発生を少なくして、材料歩留りの向上を図ることも行われてきた。

さらには、被加工材料と鍛造型の温度をなるべく等しい温度になるようにして、成形する恒温鍛造法が開発されている。この恒温鍛造によれば、被加工材料の加工中の温度はほとんど変化しないので、最も変形し易い加工領域で、目的形状に近い形状 (Near net shape)、あるいは目的形状 (Net shape) までの加工が可能とな

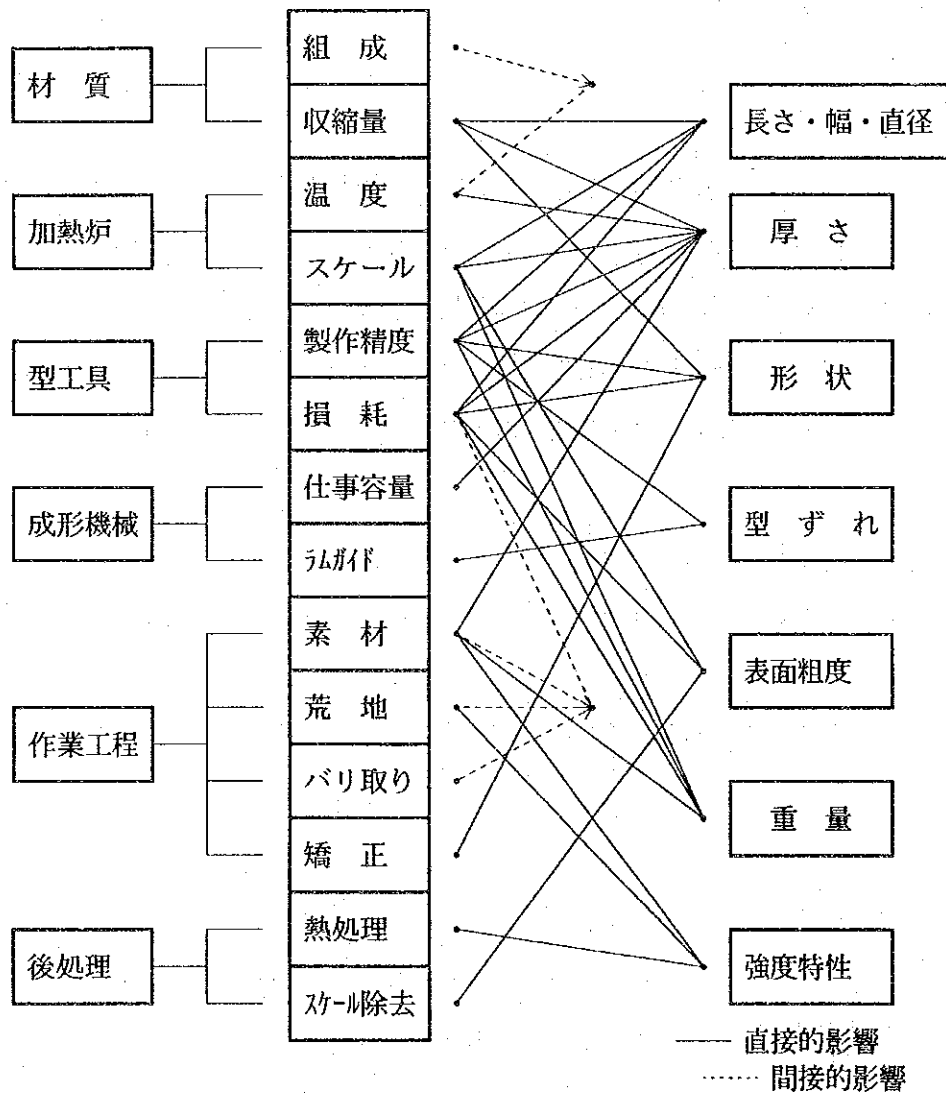
る。この場合、鍛造型を加熱保持する必要があり、型材料並びに型技術の問題が重要となるので、鍛造コストは非常に高くなる。

このように、熱間鍛造の成形技術は、プレス技術の進歩に負うところが大きい。

5.5.3 熱間鍛造における精密化

1) 型鍛造品の精度におよぼす環境要因

型鍛造品の精度に影響を与える因子は、次の〔図III-52〕に示すように、多くの因子が相互に密接な関係を持っている。



図III-52 型鍛造品の精度におよぼす諸要因

一般的には、これらの因子が直接作用する 경우가多く、素材の形状・荒成形・バリ抜きなどの作業工程の選定は間接的な影響を及ぼし、成形工程での型工具の損耗・変形等による寸法変化は直接的に影響を及ぼす。また、加熱素材の温度変化、歪みまたは曲がりなどによる変形、成形機械の打撃力の差異・型ずれ・素材切断寸法の不均一や、荒地の形状などのような偶発的な欠陥によっても、成形品の精度には影響が出てくる。

型工具の損耗による寸法変化は、多くの因子で構成される系統的な欠陥であるが、次のような項目が挙げられる。

- (1) 成形機械：種類，特性，能力，精度など
- (2) 鍛造品：材質，形状の複雑さ，重量，生産ロット数など
- (3) 型工具：材質，調質状態，設計，インプレッションの表面粗度と表面温度管理，取付け精度など
- (4) 鍛造条件：素材寸法，加熱様式，鍛造温度，潤滑剤および潤滑方法，荒地の様式とその状態，作業者の熟練度など

2) 型鍛造品の精度向上策

型鍛造品の精度を向上させるためには、前項で述べたような系統的欠陥を詳細に分析・解明してその改善策を確立する必要がある。また、各種の偶発的な欠陥をできるだけ少なくするように、作業方法を安定化して、高い精度とそのばらつきを最小に保持するように注意する必要がある。

熱間鍛造用金型工具の寿命向上策としては、適切な型工具材料（表面処理を含む）を選定して、成形荷重、インプレッション面への熱移動およびメタルフローをできるだけ小さくすることにあると言われている。

型工具の寿命延長策としての表面処理は、一般にクロムメッキ、窒化、ポロン処理などが行われているが、さらには種々の耐熱・耐磨耗性合金をインプレッション表面に肉盛り溶接する方法もとられている。

5.5.4 鍛造工程の改善

1) 成形加工機械

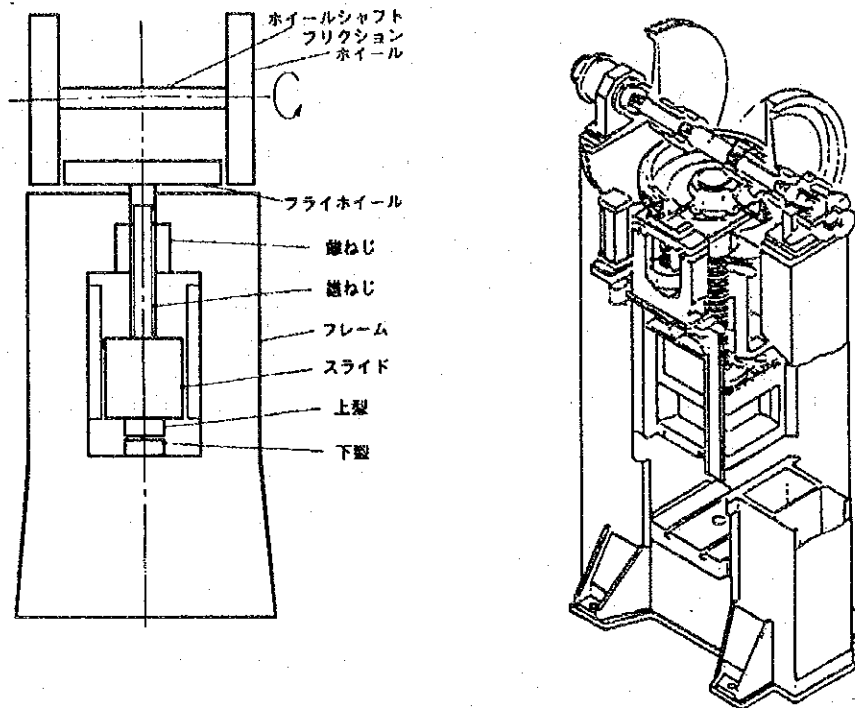
熱間鍛造機は、一般に次の〔表Ⅲ-30〕のように分類される。

表Ⅲ-30 熱間鍛造機の分類

仕事量に拘束される機械	仕事方向垂直 <ul style="list-style-type: none"> — ドロップハンマ — カウンターブローハンマ — スクリュープレス — スクリューウェッジプレス 仕事方向水平 <ul style="list-style-type: none"> — インパクト (米国式のカウンターハンマ)
力に拘束される機械	仕事方向垂直 <ul style="list-style-type: none"> — 液圧プレス — 液圧ウェッジプレス
ストロークに拘束される機械	仕事方向垂直 <ul style="list-style-type: none"> — エキセンシャフト式プレス — ウェッジ式プレス — プレッシャーリング式プレス — ナックルジョイントプレス 仕事方向水平 <ul style="list-style-type: none"> — アプセッタ — ホットホーマ 仕事方向回転 <ul style="list-style-type: none"> — フォージングロール — クロスロール

熱間鍛造機としてはこのように多くの種類の機械が使われている。これらは成形加工する材質、形状、変形量などの特性に応じて使い分けられているが、この内、今回のタービンブレードの成形には被加工物が高合金鋼であり、変形抵抗が大きいことから、高エネルギーを出せて、ハンマーに似た衝撃加圧加工ができるスクリーンプレス機が適していると考えられる。

スクリーンプレスは、一対の雄螺子と雌螺子をフレーム内で作動させて、加圧力を発生させる形式のプレスである。基本的なスクリーンプレスは〔図Ⅲ-53〕に示すように雌螺子がフレーム内に定置され、加圧エネルギー蓄積のためのフライホイールの取り付けられた雄螺子がこれに嵌め込まれている。雄螺子の下端は



図III-53 基本的なスクリュープレスの構造

ベアリングによりスライドと接続されていて、雄螺子が回転上下すると共にスライドも上下する。フライホイールに回転を与えるために、2枚のフリクションホイールがモーターにより常時回転しており、これをフライホイールに交互に圧着させると、フライホイールは正逆転を行い、スライドを上下させることができる。この際に、スクリューに対する捩じり力を発生させるフライホイールのエネルギーは、加圧時に、一瞬にして100%消費して放出されるので、このプレスの場合ハンマーに似た衝撃的な加圧加工を行うことができる。

今回のタービンブレードの場合、材質から判断して300~400 tのスクリュープレスが必要になると考える。(実際には、鍛造素材の加工温度における変形抵抗を確認した上で、プレス能力を決定する必要がある。)

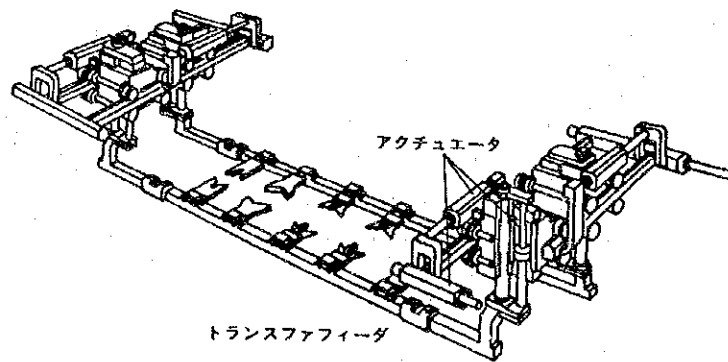
2) 自動化への指向

現在、鍛熱分廠においては、全ての作業が作業者による手作業で行われている。鍛造工程は高熱作業であり、作業環境が悪いため、将来的には中国においても熱間作業では若年労働者の確保が難しくなるものと考えられる。

作業環境の改善に対して、また、品質の安定化に対しても、設備の自動化を図る必要が出てくる。そこで、ここでは自動化装置の1例を紹介する。

熱間鍛造用のプレスにおいては、一般にマニプレータよりも生産性が高いということから、トランスファフィーダが使われている。最近では、多品種少量生産に対応するために、よりフレキシビリティのあるものが開発されている。

〔図Ⅲ-54〕は、モーションゼネレータ式トランスファフィーダとされているものの作動原理を示している。これはカムで油圧を発生させて、油圧をフレキシブルなリンクとしてトランスファフィーダを駆動するものである。



図Ⅲ-54 モーションゼネレータ式トランスファフィーダ作動原理図

また、大量生産への対応としては、メカニカル式のもので、作動回転が30~40回/分といった高速のものも開発されている。

これらのトランスファフィーダ装置は、アプライト内側の上部に取り付けられており、このことによって鍛造時に発生するスケールの影響を受けない。また、フィーダバーの長さを短く出来るので、高速作業時の耐振動性能が向上する。あるいは、素材の搬入、製品の搬出が容易に行えるというような特徴を持っている。

5.5.5 鍛造設備の検討

前述のとおり、タービンブレードを鍛造成形する場合には、スクリープレス機によって成形した方が寸法精度は得られ易いと考えられる。この場合、従来通り手作業によりブレードを1枚ずつ成形することも、また、トランスファフィーダ装置を付加することによって自動化も可能である。

自動化した場合には、1回のプレス作業で数工程の加工を1度に行うために、プレス機械の能力は大きいものが必要となる。

現状のタービンブレードの場合には、材質から判断して300t以上のスクリープレス機が必要になると考えられ、実際には鍛造素材の加工温度における変形抵抗を確認した上で、プレス能力を決定する必要があるが、参考までに日本におけるプレス機の仕様および価格を、〔表Ⅲ-31〕に紹介する。

表Ⅲ-31 スクリープレス機の仕様 (単位：百万円)

工 程	設 備 名 称	仕 様	数 量	費 用 概 算
鍛 造	400tフリクション スクリープレス (PFS-400L)	スライド速度:0.67m/sec ストローク数:16SPM ストローク :375mm テーブル寸法:700X750mm	1台	45
	500tフリクション スクリープレス (PFS-500L)	スライド速度:0.7m/sec ストローク数:16SPM ストローク :400mm テーブル寸法:750X800mm	1台	56

注) 費用は日本国内価格

5.6 プレス工程

5.6.1 基本的考え方

1) 方針

1996年にターボチャージャの生産を15万台に拡大することが予定されている。昨年(1992)の実績は、9,600台程度であったので、手作業でも充分に対応ができたが、年間15万台を達成するためには、製造工程においてある程度の機械化、自動化を行う必要がある。

ターボチャージャのプレス部品としては、隔熱板、オイルバッフル、拡張器、コンプレッサハウジング締め板、タービンハウジング締め板、カップリングアッセンブリなどの小物部品で、材質はステンレスの薄板である。この中で特に問題となるのは、深絞り加工を行う隔熱板のシール面の平滑度である。この部品が効率的に精度良く成形することが出来れば、他の部品は同様の考え方で成形することが出来るので、そのためのプレス機械について検討を行う。

2) 重点とする工程

プレス工程の場合、型設計・方案⇒金型製作⇒成形加工⇒仕上げ⇒検査の工程を経て部品が製作されるが、この間の問題点として、金型設計・精度、工法、生産性などが考えられる。この内、金型設計・精度については後項で検討されるので、ここでは工法、設備による生産性向上に関する改善案について検討する。

5.6.2 プレス加工の精度

プレス加工用の機械は、工具を運動させる動力の種類により機械プレス、液圧プレス、気圧プレスの3種類に分類されるが、一般的には生産速度の点から機械プレスが多く使われている。また、機械プレスにもスライドの数、スライド駆動機構の種類、スライド駆動ユニットの数などにより、非常に多くの種類があり、さらには特殊な機構を附加した特殊プレスが数多く開発されている。

プレス加工においては、1組の型を使用するが、この型に正確な関係運動を行わせることがプレス加工においては重要である。成形加工が上手く行えないとか、型の寿命が短いなどといった加工上の不具合に対して、型設計、型材、加工材の材質、潤滑法などがよく問題にされるが、型の関係運動の不正確さに起因する場

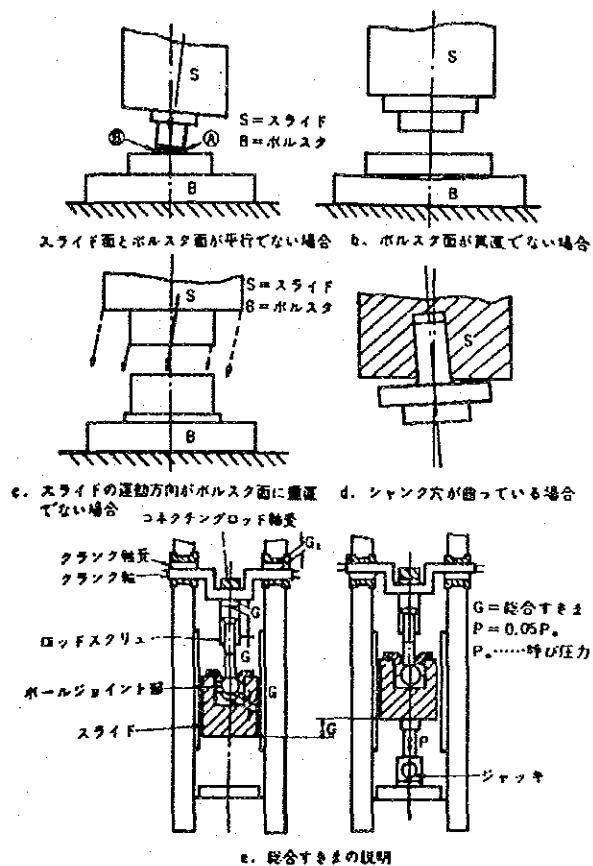
合が多くある。型の関係運動の正確さの程度がプレス機の精度である。型の関係運動が正確でないと、製品の精度が低下し、型寿命が短くなるほか、型取り付けが難しくなり、精密な型が使えず、さらには騒音・振動が激しくなるなどの不具合を生じる。したがって、精度の悪いプレス機を使用することは非常に不経済になるので、プレス機の精度には十分に注意する必要がある。

プレス機の精度には、プレス機が負荷を受けていない状態の静的精度と、負荷を受けているときの状態の動的精度が考えられる。

一般的に考えられているプレス機の精度に関するものの種類を〔図Ⅲ-55〕に示す。図のaはスライド下面とボルスタ上面の平行度が悪い場合で、このような場合にはコイニング、潰し、サイジング、押し出し、曲げおよび絞り加工などを行う場合には不具合がおきる。図のbは、スライドまたはボルスタの面の真直度（平坦度）の狂いで

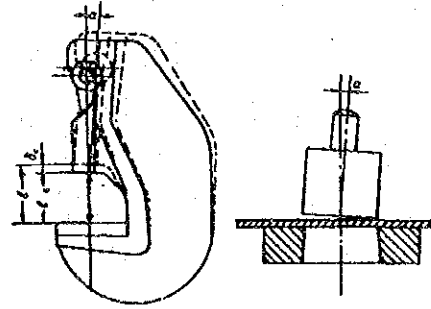
これがあると型の取り付け面がスライドまたはボルスタ面にぴったり合わないため、型に局部的な強い負荷が掛かるようになり、型の破損・変形の原因になる。図のcは、本来ボルスタ面に垂直に運動すべきスライドの運動方向が狂っている場合で、長い加工距離を必要とする絞り、曲げ、押し出しなどの加工において不都合が生じる。

図のdは、スライドに設けたシャンク取り付け孔の軸心が、スライド面に直角でない場合で、この場合にはパンチが正しい位置に取りつかないため、パンチとダイの正しい関係位置が得られず、パンチの破損その他の加工上の種々の不都合が



生ずる。図のeは総合隙間の説明で、クランク軸受け部、コネクティングロッドとクランクピンの勘合部、調節ネジ勘合部およびコネクションスクリューとスライドの結合部などの遊隙間の合計で、これはブレークスルーを助長するために、この隙間は必要最小限であることが望ましい。プレス機が負荷を受けると、フレームその他の受圧構造部が変形する。これが動的精度になるが、現状では規格化されていない。

C型フレームの場合には〔図Ⅲ-56〕にしめすようなパンチとダイの中心線を狂わす変形と、ブレークスルーの原因となるスライド・ボルスタ間距離（ダイハイト）を伸ばす変形が問題になる。



図Ⅲ-56 Cフレーム負荷時の変形

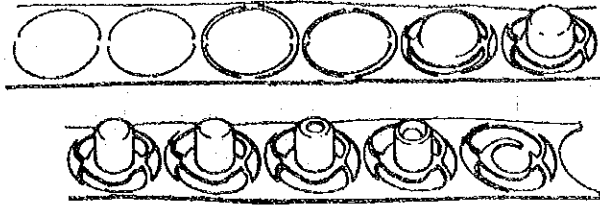
5.6.3 プレス加工の自動化

プレス成形加工の種類は非常に多いために、その自動化の種類も多くなる。しかも、1つの加工法を見ても自動化する方法は多数あり、また、加工法と装置の用途が錯綜しているために、自動化の種類を体系付けて分類することは難しい。

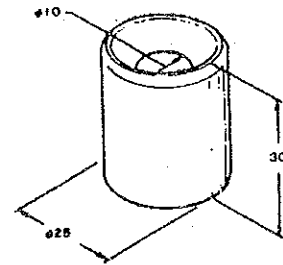
成形加工工程数の多い多工程加工を連続自動化した場合は、自動化による利益が最も大きくなる。実際に、自動化を行う主なものは、プログレッシブ加工方式とトランスファ加工方式である。

プログレッシブ加工方式は、素材としてコイル材を使用し、コイルをコイルフィーダによりプレス機内に供給し、加工ステーション内ではコイルの両端、または中央部につなぎを設けて順次加工する方式である。プログレッシブ加工で加工し得る形状に限界はないが、一般的には、この加工に適する形状は、打ち抜き並びに穴明けだけで加工できるもの、高さまたは深さの低い曲げ、成形および絞りなどで加工できるもの、およびこれらの混合したものなどである。

参考までに、プログレッシブ法による成形工程の例を〔図Ⅲ-57〕に示す。



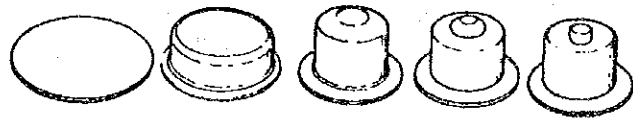
- (1) 製品名：ケース
- (2) 材質：SPC
- (3) 使用プレス：150tf
- (4) 生産速度40個/分
- (5) 工程：1)ランス
2)ランス
3)ドロー
4)ドロー
5)ドロー
6)リストライク
7)ピアス
8)フォーム
9)ブランクアウト



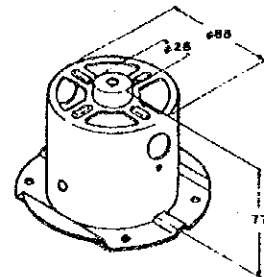
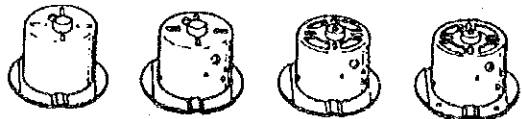
図III-57 プログレッシブ加工の例

一方、トランスファ加工ではコイル材、またはブランク材を供給し、加工ステーションではワークを分離させ、これをプレス前後間に設けたフィードバーと、このバーに取り付けたワークグリップ用の爪により搬送する方式である。

参考までに、トランスファ加工による成形工程の例を〔図III-58〕に示す。



- (1) 製品名：ケース
- (2) 材質：SPCE
- (3) 使用プレス：300tf
- (4) 生産速度25個/分
- (5) 工程：1)ブランク
2)ドロー
3)ドロー
4)ドロー
5)ドロー
6)リストライク
7)サイドランス&サイドピアス
8)ピアス
9)フランジピアス&トリム



図III-58 トランスファ加工の例

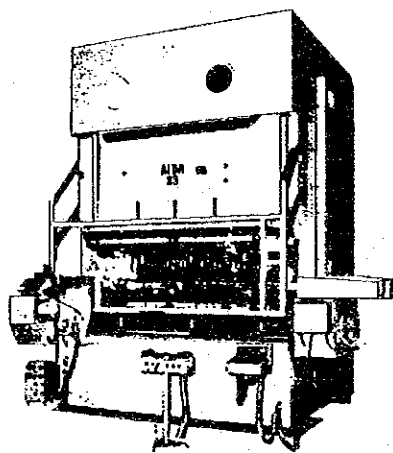
トランスファプレスにおいては、10工程以上の多工程の成形も容易に行うことができ、加工し得る形状もほとんど全ての成形加工が可能であり、材料歩留りも

良いが、加工速度はプログレッシブ加工よりも遅い。

トランスファプレスには、その機体構造から次の3種類がある。

- (1) トランスファユニット付きプレス：一般の汎用プレスにフィーダを取り付けたもの。
- (2) ツールホルダ付きトランスファプレス：大量生産向トランスファ加工専用機
ダイハイト調整用のツールホルダが上型についている。
- (3) ガングタイプトランスファプレス：特定部品専用機で、ダイハイトの調整は
スペーサを上型とスライド間に挿入。

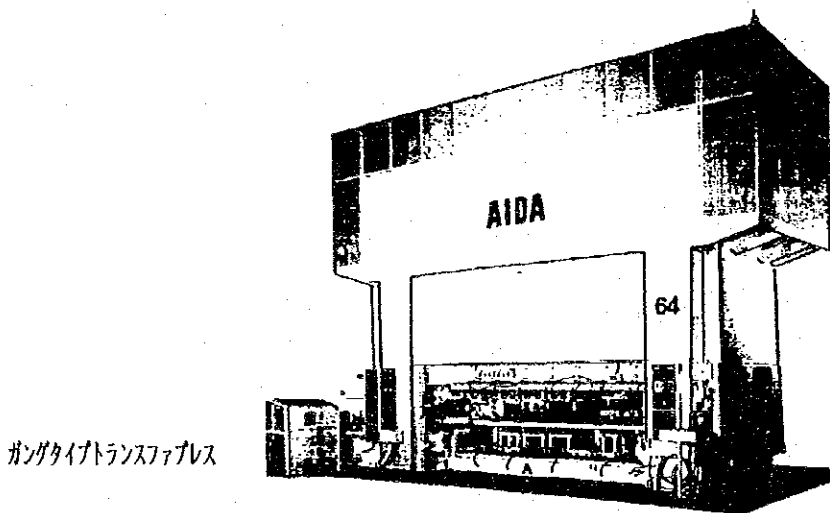
これらプレス機械の外観例を、〔図III-59〕に示す。



トランスファユニット付プレス



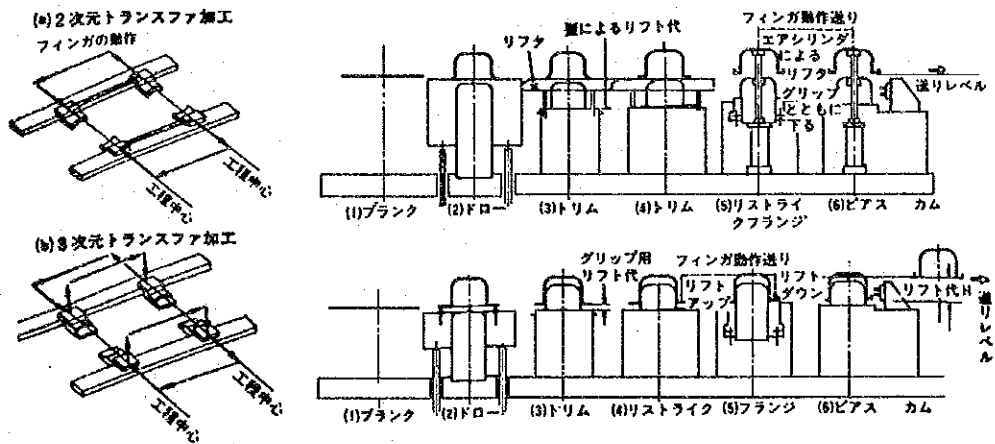
ツールホルダ付プレス



ガングタイプトランスファプレス

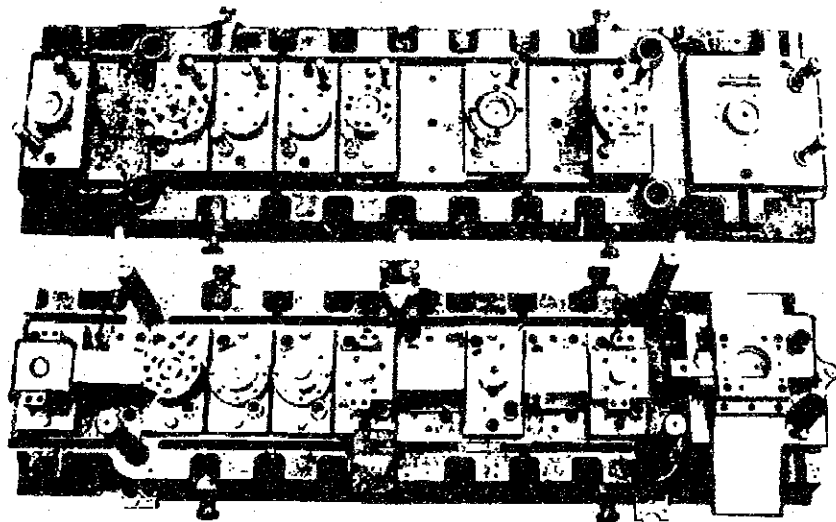
図III-59 トランスファプレス機械の種類

トランスファ加工においては、各ステージのワークを確実に、しかも安定させて搬送するために、高い信頼性をもった機能が要求される。一般にこの送り機構には、メカ駆動式（遊星ギヤ式、リンク式、カム式）が多く用いられている。また、その送り方式としては、平面送りを主体にした2次元フィーダ、立体送りを伴った3次元フィーダが多く採用されている。これらの2次元・3次元フィーダ方式による型の概要を、〔図Ⅲ-60〕に示す。



図Ⅲ-60 2次元・3次元フィーダ式による型の概要

このように成形加工の工程に従って型をレイアウトするが、一例として隔熱板類の製品のトランスファ型の例を、〔図Ⅲ-61〕に示す。

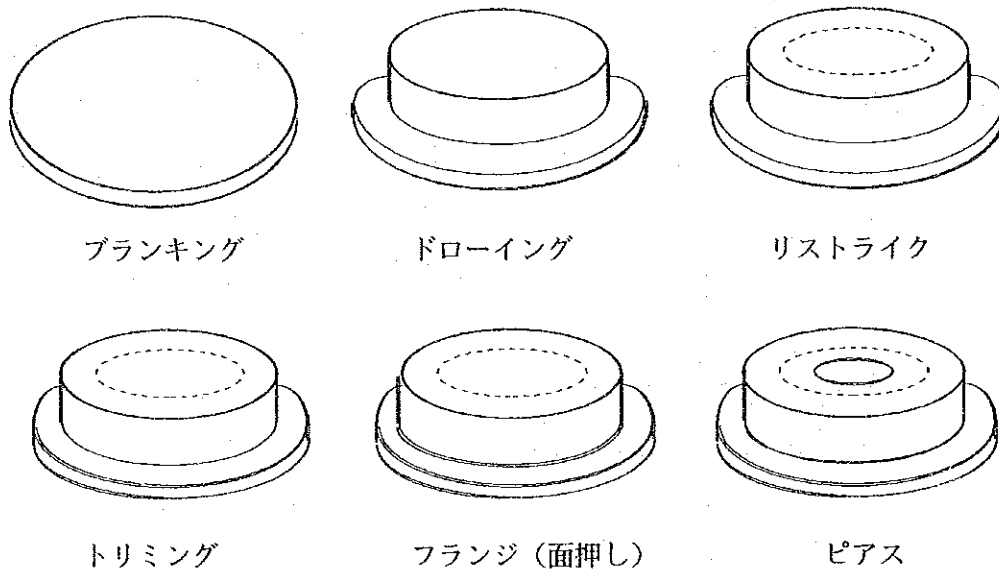


図Ⅲ-61 トランスファ型の例

5.6.4 プレス工程の改善

現在のプレス工程は、手作業によっているために成形品の精度を維持・確保することは非常に難しい。また、今後の生産増に対応するためにも自動化は必須の条件となる。そこで、前述のようなトランスファ方式によるプレスの自動化を考えたい。即ち、トランスファユニット付きのプレス機を導入することによって、絞り加工を含む成形品を精度良く、多量生産することが可能となる。

設備としては、トランスファユニット付きプレス機と、これに素材を供給するシートコイル供給装置から構成される。ターボチャージャの隔熱板を成形するための金型は、アイドルを含めて7～8ステージ程度のものになる。その工程概要を、〔図Ⅲ-62〕に示す。



図Ⅲ-62 隔熱板のトランスファプレスによる成形工程

Vカップリングの成形も、隔熱板の成形と全く同様の工程で成形できる。即ち、成形工程としては、①ブランクング、②ドローイング、③ピアスの3工程であるが、Vカップリングの場合、曲率が大きいので3回に分けてドローイングする必要がある。

従って、トランスファ金型のレイアウトは、1st. ステージ：ブランクング、

2nd. ステージ：ドロ잉、3rd. ステージ：ドロ잉、4th. ステージ：ドロ잉、5th. ステージ：ピアスのようになる。

最終的には、バレル研磨によって仕上げられるが、成形上のキーポイントは金型の整備とメンテナンスであって、定期的に研磨・修正を行って常に一定の精度を保つことである。

5.6.5 プレス機械設備の検討

代表例として、ターボチャージャの隔熱板をトランスファ加工により成形する場合を考えると、トランスファ金型のレイアウトは、概略〔表Ⅲ-32〕のようになる。

表Ⅲ-32 トランスファ金型のレイアウト

ステージ	作業工程	プレス必要容量
1stステージ	ブランキング	20 t f (φ110)
2ndステージ	ドロ잉	17 t f (CA=2 t f)
3rdステージ	リストライク	50 t f
4thステージ	トリミング	18 t f
5thステージ	フランジ (面押し)	10 t f
6thステージ	ピアス	4 t f

但し、素材材質は〔SUS 304,〕で、板厚は〔1.0〕とする。

注) 実際には中間にアイドルステージを追加する必要がある。

したがって、プレス機の能力は、200 t プレスが必要である。この場合の適用機種は〔表Ⅲ-33〕を考えたい。

表Ⅲ-33 プレス機の仕様

(単位：百万円)

工程	設備名称	仕様	数量	費用概算
プレス	トランスファプレス NC2-200 〔付属〕 トランスファユニット： TCV-20	加圧力：200 t f ストローク長：150 ストローク数：35~70S. P. M. フィードストローク：230 mm ステージ数：8	1式	35

5.7 機械加工工程

5.7.1 基本的考え方

ラジアル式H1Cターボチャージャの加工工程と軸流式ターボチャージャでは、加工形状や生産台数の違いから、加工形態が全く異なる。

したがって、基本的な考え方は、機種毎に次のように考える。

1) ラジアル式ターボチャージャ

ラジアル式ターボチャージャは、第2期計画では、[表Ⅲ-34]に示す生産計画である。

表Ⅲ-34 ラジアル式ターボチャージャの第2期計画の生産台数と工数

形式	1996年生産台数	×標準工数=
H1C	75,000 [台/年]	×32.24 [H] = 2,418,000 [H/年]
H2A	20,000	×29.61 = 592,200
J50	30,000	×39.58 = 1,187,400
その他	24,500	×31.55 = 772,975
合計	149,500	4,970,575

注) 標準工数は組立時間を含む

この表から明らかなように、H1C型が全体の半数を占めている。したがって、H1C型については専用ラインを考え、自動化、専用機化を図る。

また、品質向上のための計測のインライン化を進め、作業者の負担を軽減し、不良の発生を最小限にする。

その他の形式についても、機種別生産量の変動した場合の設備の互換性を考慮して、H1C型専用ラインと同じラインを計画する。

2) 軸流式ターボチャージャ

軸流式ターボチャージャは生産台数は増加しない。したがって、近代化の基本的な考え方は、加工工程の生産性向上と品質向上に重点を置いて、生産工程を改善する。

5.7.2 ラジアル式ターボチャージャの製作工程

1) ライン化の必要性

H1Cターボチャージャの生産台数は、1996年75,000台の計画である。

[表Ⅲ-34]の示したように、1台当たりの工数は32.24時間である。

今、総工数から組立・試運転時間を差し引いた機械加工時間は

$$32.24 \text{ [H/台]} - 5.7 \text{ [H/台]} = 26.54 \text{ [H/台]}$$

月間総工数は

$$26.54 \text{ [H/台]} \times 6,250 \text{ [台/月]} = 165,875 \text{ [H/月]}$$

これを、人工計算すると

$$165,875 \text{ [H/月]} \div 163.2 \text{ [H/月・人]} = 1,016 \text{ [人]}$$

上記計算から、常時1,016人が必要になる。

したがって、現在の工数を1/5～1/10程度にする必要が生じる。その為の、自動化、省力化が必要になり、専用ライン化の考え方が生まれる。

2) 専用ライン化

現状の機械の並べ方は、第1期計画（6万台生産）の機械配置図を見ると30度斜めに配置している。この場合、機械と機械の間隔は余裕があり、加工物の搬送が途切れてしまっている。

第2期計画では、機械は同一機種を加工する専用機械として扱う考え方が必要になる。

[図Ⅲ-63]に示す様に、機械を直角に配置し、機械間を出来るだけ詰める様にする。

また、機械間には[図Ⅲ-64]に示したシュータやワゴンによる搬送設備を配置し、作業者が歩くことのないようにすべきである。専用ライン内の加工物を極力減少することによって、仕掛個数の減少が期待できる。

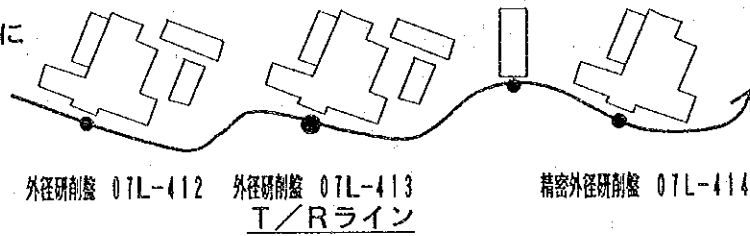
シュータの実施例を、[図Ⅲ-65]に示す。

専用ライン化の期待効果は、

- ① 機械間が詰まって、面積の有効活用が出来る。
- ② シュータを使用する事によって、機械間の仕掛が減少する。
- ③ 専用機的に使用する事によって、治具、取付具の改善が進み、精度面や品質面で効果が期待できる。

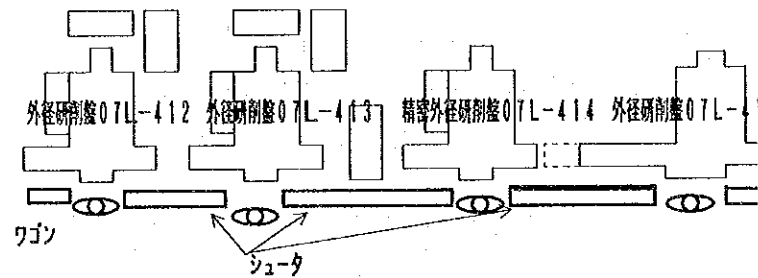
現状 Layout の問題点

- 1台1台のワークの流れに連続性がない
- 機械間の距離が大きい
- 2台使用が難しい
- 1個流しが出来ない



ライン化の機械配置は平行に配列する

- 機械の流れを直線的に配列する
- 作業者が出来るだけ歩かない工夫をする
- 機械間を出来るだけ詰める
- 計測の自動化を拡大する
- サイクルの自動化を拡大する



第1期計画60,000台の生産を実施するにはH系列/J系列の2ラインを専用ラインにする事が必要になる。(サイクルタイム 3分/1直生産で)

現在のLayoutでは(図-上側)機械が斜めに配置してあり、ワークの流れが途切れてしまう。将来の15万台生産のためにもライン化指向を提言する。

ライン化の基本原則は

- ① 機械間を出来るだけ詰める事が必要である。機械間を詰めることによって、1人2台使用を可能にして作業者の歩く距離を少なくする事が出来る。
- ② 機械を直線的に配列し、機械間をシュータや自動搬送装置で結ぶ事が必要になる。それによって、1個流しを実現出来る。
- ③ その他、治具、取付具の改善やサイクルの自動化、計測のインプロセス化等の改善が必要になる。
- ④ 汎用機を改造した専用機化や自製機械の製作を進め、名人芸的加工技術を必要としない考えなくても加工出来る工夫が必要である。

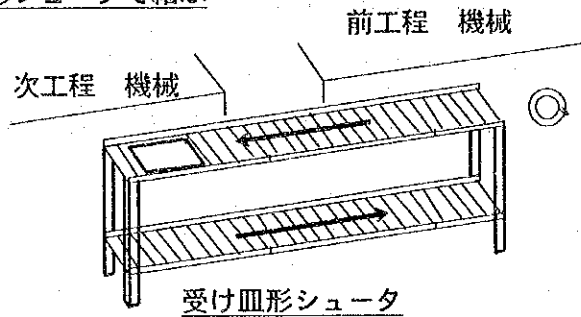
図III-63 ライン化の機械の並べ方

全 般 搬送の改善 シュータの活用

使用機械 機械と機械搬送全般

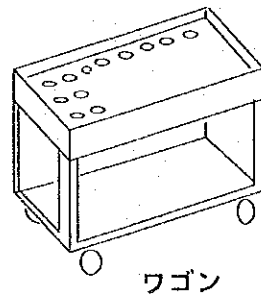
旋盤と旋盤、旋盤と次工程は受け皿形シュータで結ぶ

- ・ 機械間を出来るだけ詰める
- ・ シュータ（重力を使って移動）で次工程に搬送する
- ・ 空パレットは下で戻す
- ・ 機械を30度曲げずに平行に配列する



焼き入れ工程等別ショップ

等への搬送はワゴンを使用する



高周波焼入れ
バランス加工等
距離が有るものは
ワゴンで搬送する

- 第1期計画 60,000台生産時にはライン化指向が必要になる。
- ライン化の考え方として次の事が考えられるが、ここでは主に搬送について提言する。
- ・ 機械間を出来るだけ詰める事が大切。
 - ・ 搬送はシュータやワゴンを使って人が歩く距離を最小限にする。
 - ・ その他、サイクルタイムの均一化、一人多数台使用、専用機化、自動サイクル化、計測のインプロセス化、基準面の統一、取付具の改善、標準化等がある。

シュータ

機械間が比較的近い距離にある時、隣同士の機械の間にシュータを設置する。
T/H等平面的で無いものは、受け皿に乗せてコンベアー上に置く。受け皿は重力によって次工程に流れていく。次の作業者が加工のためワークを取った際、受け皿は下の段のコンベアーに乗せると前の工程に戻すことが出来る。

ワゴン

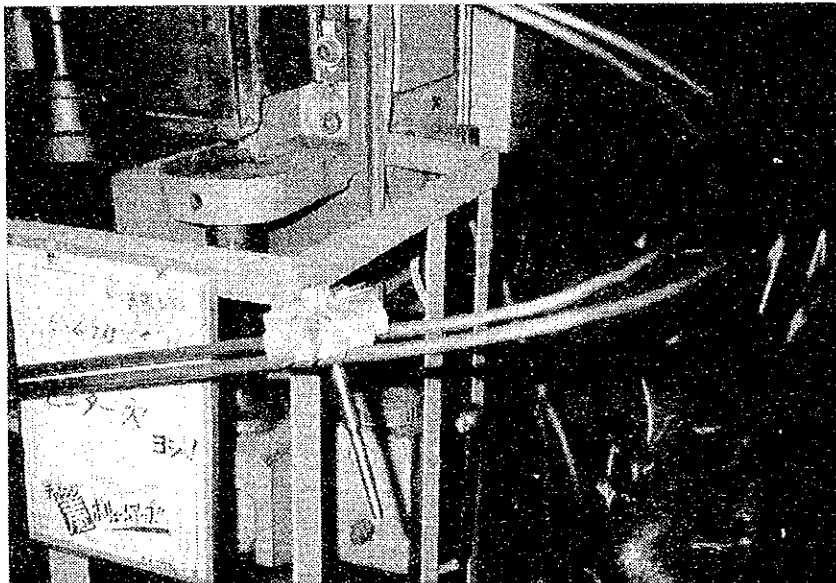
高周波焼入れやマイクロ検査のために、少し距離が離れている所に搬送する場合ワゴンを使用する。現在も各ラインで実施されているもので良い。

図Ⅲ-64 搬送の改善 シュータの活用

- ④ 作業者の加工ミスが減少できる。
- ⑤ 専用機や自動加工機の採用で多機使用が可能になる。

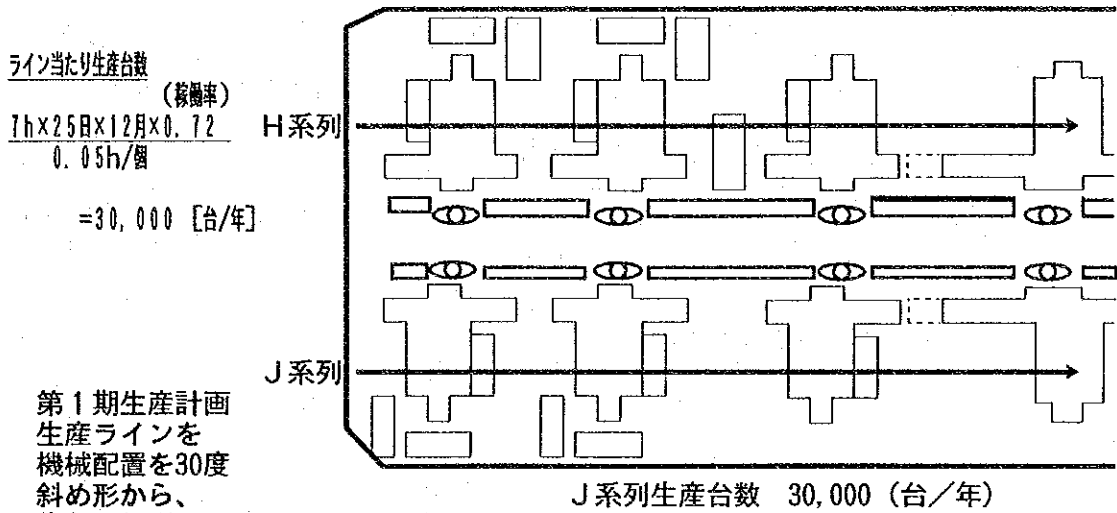
また、H2AやJ系列のターボチャージャについては、[図Ⅲ-66]に示す様にH1Cターボと平行して配列してラインを構成する。

このラインの場合は、ある程度の段取り替えを実施して、数種類の機種を加工出来るラインにする。



図Ⅲ-65 シュータの実施例

第1期生産計画（1994年）では60,000(台/年)生産であるが、サイクルタイム3分とするとライン当たり30,000台しか出来ず、2ラインが必要。



第1期生産計画
生産ラインを
機械配置を30度
斜め形から、
直角平行型に
配列し直した図を示す。

1ライン最大生産台数は30,000台のため、2ラインを設定した。

第1期生産計画では1994年に60,000台の生産を実施することになる。

タクトタイムが3分とすると1直生産でライン当たり30,000台/年しか生産出来ない。

(稼働率を0.72として)

当然、60,000台生産では2ラインが必要になるが、専用ライン化する期待効果として次の事があげられる。

- ① 治具・取付具が専用化するので精度の面で均一化の改善ができる。
- ② 専用機化でき、自動化や機械化が可能になる。1人2台使用が可能になる。
- ③ 作業者が単一種類の加工で間違いが少なくなり作業効率が上がる。
- ④ 計測を自動化でき、または限界ゲージ等で管理がしやすい。
- ⑤ 1個流しができ、ラインの仕掛かりが最小になる。また、搬送にシュータ等の改善が可能。

1期計画のLayoutを見ると、機能別Group生産方式が取り入れられているが、将来の15万台や40万台生産の時は、さらにラインを増設する事が必要になる。その時は各機械の自動化やNC化を進めて行くことが必要になる。

図III-66 H/J系列専用ライン化構想