

5.7.3 タービンロータの機械加工

ラジアル式ターボの部品の中で、最も加工工程の多い部品がタービンロータである。

タービンロータは、高速回転するため、バランスを十分に修正したものが良いこととは言うまでもない。もし、アンバランス量が多きものが有ると、振動や騒音が大きばかりか、シャフトと軸受けが境界摩擦におちいり、軸受け磨耗を生じる。また、摩擦圧接面が疲労によって脱落する原因にもなる。

このような注意が必要なタービンロータシャフトであるが、現状からの改善案を次に提案する。

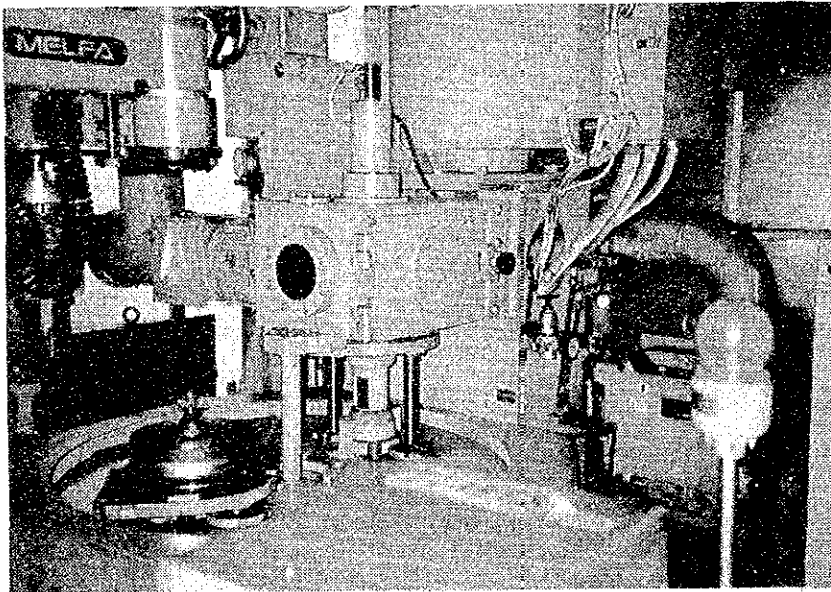
a) 電子ビーム溶接の採用

タービンロータは小型化、高速回転化することは必須で、イナーシャを極力小さくするために羽根の厚みは薄くなっている。

現在の摩擦圧接機を使用していると、強力な押しつけ力によって回転するため（5トン位）、羽根の変形が心配される。

以上の理由から、今後は電子ビーム溶接による溶接方法を提案する。

〔図Ⅲ-67〕に、電子ビーム溶接機の外観図を示す。また、〔図Ⅲ-68〕に、電子ビーム溶接法を示す。

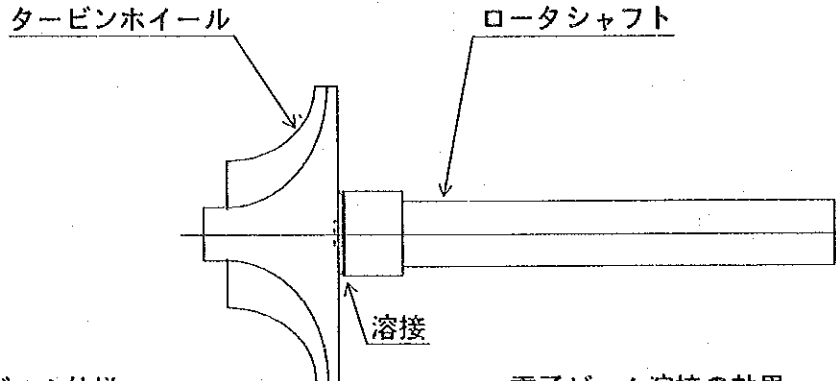


図Ⅲ-67 電子ビーム溶接機の外観図

T/R

1 工程 電子ビーム溶接

使用機械 電子ビーム溶接機



電子ビーム仕様

- ・電子ビーム出力 3 kw
- ・加速電圧 60kv
- ・ビーム電流 最大 50mA
- ・使用電流 12~20mA
- ・ワーク溶接径 9~19φ
- ・真空 5×10^{-5} Torr

電子ビーム溶接の効果

- ・溶接が早い (3分)
- ・変形が少ない
- ・溶接部分が内部まで浸透
- ・溶接後の熱処理が不要 (焼戻し)

ローターシャフトとタービンホイールとを溶接する方法は、摩擦圧接機にするか電子ビーム溶接にするか検討を要するところである。

摩擦圧接は比較的径の大きい物を溶接するとき用いられて、電子ビーム溶接は小物溶接に用いられている。最近のホイールの羽根厚はイナーシャ低減のため薄くなってきているので、摩擦圧接の数トンの押しつけ圧に耐えられなくなってきているためである。

その他、真空装置や電圧発生装置のメンテナンスに時間とお金が掛かる事も検討要因の一つである。

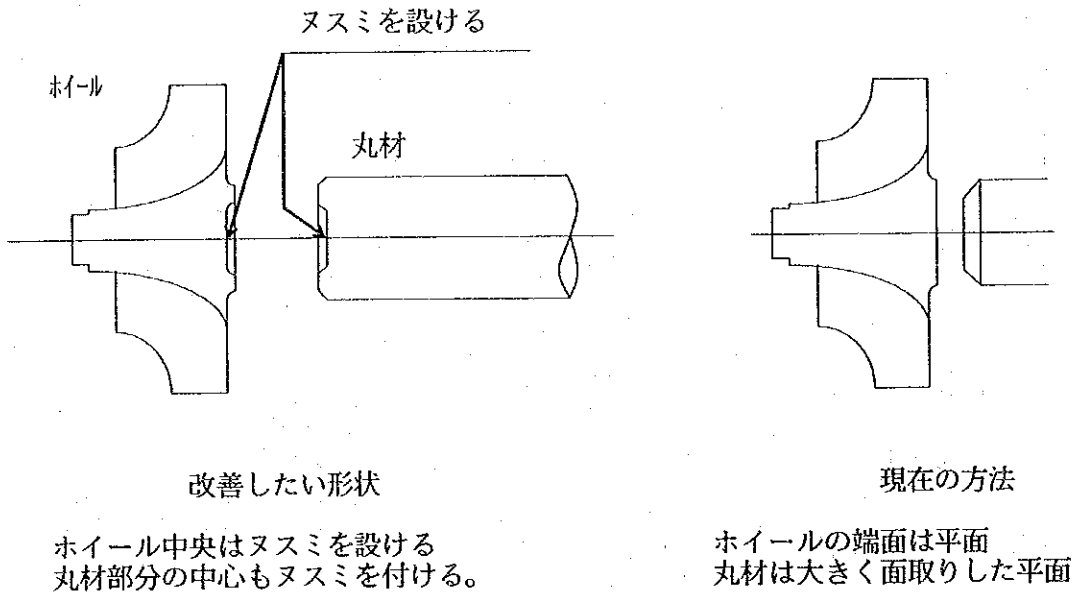
[加工順序]

- ・タービンホイールの端面加工・・・溶接面を研摩仕上げ、ボス面センター穴加工
- ・ローターシャフト外径加工・・・外径荒引き 端面にはセンター穴加工しない
- ・電子ビーム溶接・・・・・・・実溶接時間 3秒

取付け取外し、真空引き等合計時間 3分

図III-68 電子ビーム溶接法

また、現状の摩擦圧接機による実施方法は、[図Ⅲ-69]に示す平面圧接方式であるが、中心部を除去した方法を取ると、圧接の信頼性が向上する。電子ビーム溶接を採用するまでは、この改善を推奨する。



図Ⅲ-69 摩擦圧接時の材料形状改善

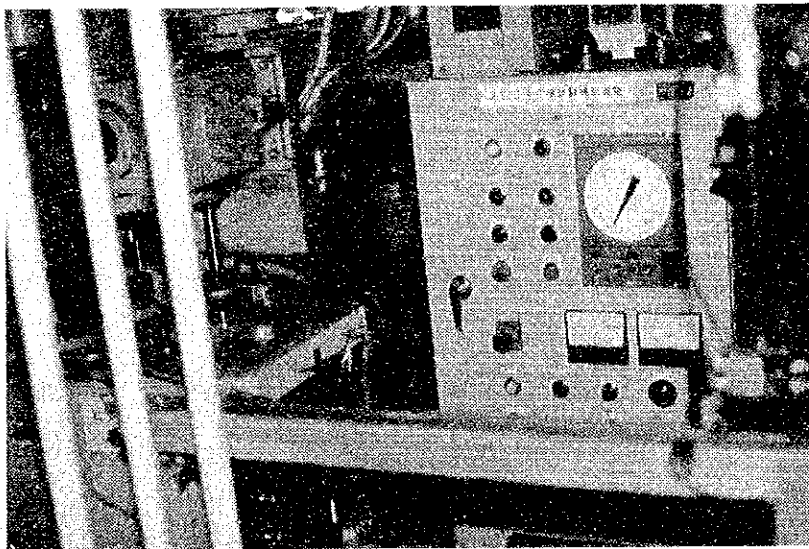
b) 摩擦圧接またはE B W（電子ビーム溶接）後の引張試験の実施

生産台数が多くなると、バルブ圧力の設定ミスや設備の整備不良による不良が発生すると多量の不良品が生産されてしまう。不良品が工程の途中で発見されれば良いが、ユーザーに渡ってから見つけ出されることもあり得る。

これらの信頼性向上のために、摩擦圧接あるいは電子ビーム溶接後に引張試験を行うとよい。

引張試験は、弾性変形内の荷重を掛け（1～4トン）、十分に溶接が出来ているか確認する。そして、荷重を開放すると、元の形状に戻る。

〔図Ⅲ－70〕に、引張試験機の外観図を示す。また、〔図Ⅲ－71〕に、引張試験の実施例を示す。



図Ⅲ－70 引張試験機の外観図

c) センタ穴加工専用機的设计

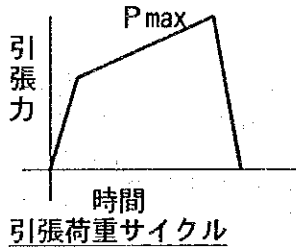
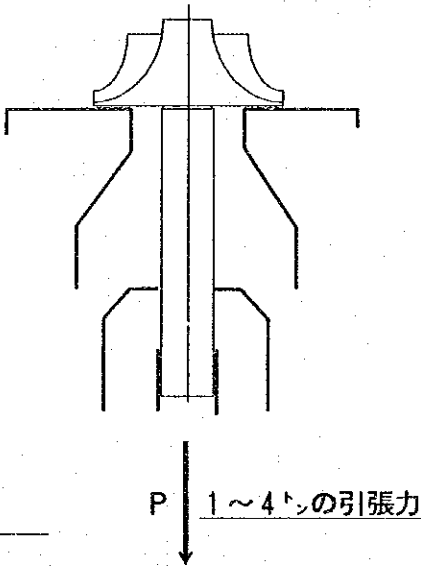
センタ穴加工は、タービンホイールの背面を基準にすると次の点で最も良い。

① 背面基準にすると、研削時取り代が最小になって加工が容易になる。

タービンホイールは耐熱鋼で出来ているため、研削代が大きいと研削時間がかかり、砥石の磨耗も大きい。

② 基準が悪い状態で背面を研削した場合、タービンロータ自信のアンバランスが増し、バランス修正に多くの時間をついやする事になる。

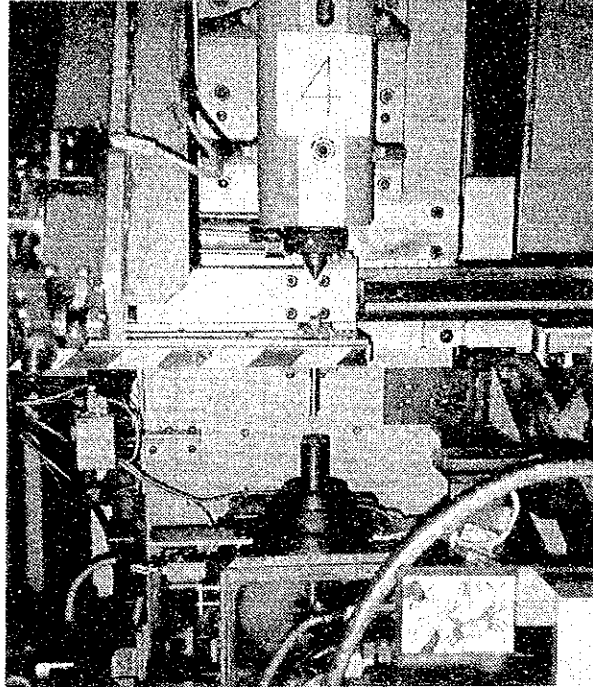
従って、背面基準にした専用機を提案する。

T/R	摩擦圧接・EBW後の引張試験実施
対象機械	摩擦圧接機 および電子ビーム溶接機
引張試験の目的	
(1)	生産台数増加の中で 不良発生があると 大量に出てしまう これを検査工程を 設けてチェックする
(2)	将来の世界に向けた 品質をターゲットに する
 <p>引張力</p> <p>時間</p> <p>引張荷重サイクル</p> <p>P_{max}</p>	 <p>P 1~4トンの引張力</p>
<ul style="list-style-type: none"> 引張試験を実施するのは、これまでの生産台数から一挙に10倍~50倍の生産に引き上げると、万が一にも生産不良が発生すると相当量の部品が販売されてしまう。これを未然に防ぐために、摩擦圧接機あるいは電子ビーム溶接終了後に品質確認する為に弾性変形内の許容値の引張荷重を掛ける。 もう一つは、製品のスペックがアップしてくるとロータシャフトの回転数も15万回転から25万回転に向上してくると思いますが、回転数の自乗で品質の向上が必要になってくるからです。 	
引張試験機の仕様	
メーカー	・・・ 富士試験機(株)
価格	・・・ ￥400万円
最大荷重	・・・ 10T (常時使用荷重 1~4ト)
試験動作	・・・ 許容荷重までの荷重サイクルおよび良否判定を全自動で実施する。

図III-71 摩擦圧接機・EBW後の引張試験の実施例

センタ穴加工専用機の外観図を〔図Ⅲ-72〕に、また、専用機構想を〔図Ⅲ-73〕に示す。

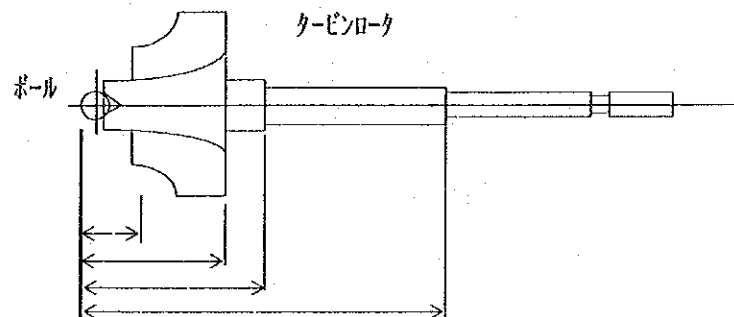
専用機の外観は、基準を取りやすくするため、縦型形式として下から穴明けユニットが動作する。また、中心位置決め方法は、センタポンチが予め加工してあるタービンホイールのセンタ穴を押しで行われる。



図Ⅲ-72 センタ穴加工専用機の外観図

d) 基準端面の取り方

タービンロータの基準の取り方は、現在下図のようにセンタ穴を基準にしている。このセンタを基準にしているために、第1期計画ではセンタ穴研削盤（外国製）を購入している。また、中間工程にセンタ穴の修正工程を設け、多くの時間を掛けている。



テーパ穴にボールを入れボール端面を基準にしている。

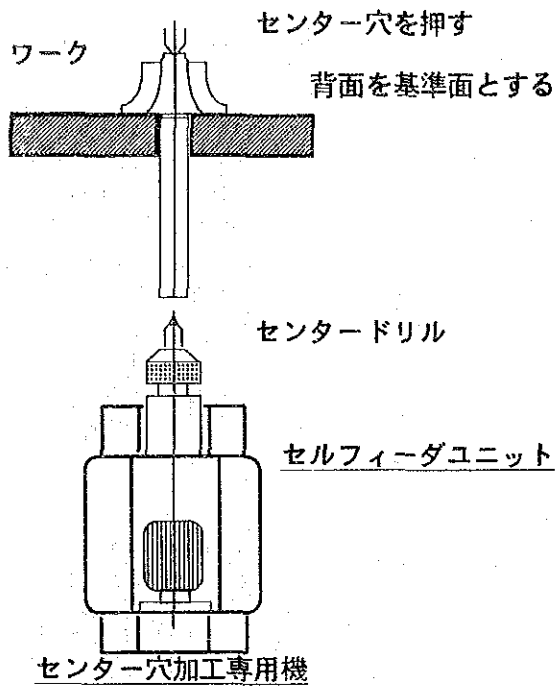
T/R	センター穴加工専用機的设计
<p>使用機械 センター穴加工専用機</p> <p>摩擦圧接機でシャフトとタービンホイールを溶接する時、曲がりが生じる。</p> <p>このまま、センター穴加工すると</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 背面の研削取り代が大きい ② アンバランス量が大きい <p>等の不具合が生じる。</p> <p>改善案</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 専用機を直立形式にする ② 背面基準にし、タービンホイールのセンター穴基準に位置決めする。 	 <p>ワーク センター穴を押し 背面を基準面とする</p> <p>センタードリル</p> <p>セルフフィーダユニット</p> <p>センター穴加工専用機</p>
	<p>センター穴加工は摩擦圧接機の熱変形でシャフト部が曲がり真中心に加工は難しい。そこで、タービンホイールの背面を基準にしてセンターで位置決めした状態で加工を行うと、耐熱合金のタービンホイール背面を削る量が少なくなる。</p> <p>この専用機はセルフフィーダユニットを使って簡単に専用機化を実現できる。セルフフィーダユニットの詳細はカタログを添付しているが、製作上次の効果を期待できる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① セルフフィーダユニットに送り機構、加工サイクル、ステップフィードサイクル等必要な機構が内蔵されているので、製作が簡単になる。 ② 直立形式にして、加工物の搬送、置き方を簡単にしている。 ③ 全体のベース製作は、セルフフィーダユニットの取り付けと加工物の取り付け治具の製作だけで、簡単に製作出来る。

図 III - 73 センター穴加工専用機の構想

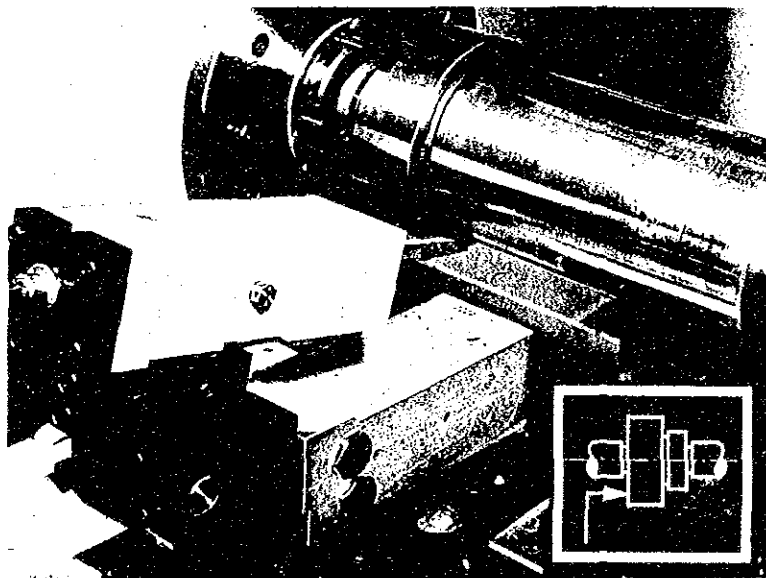
一般に必要としている基準面からの寸法は、その基準としている面からの実寸法を計測する方法が取られるが、技術的に難しいか、あるいは、計測の方法が無いときは、精度が悪くなるが現状のような方法が取られる。しかし、最近では、直接計測が十分に出来る技術が実用されているので、基準面からの直接計測法を提案する。

[図Ⅲ-74] に、基準端面用計測器の外観図を示す。また、[図Ⅲ-75] に、基準面の取り方を示す。

直接計測法によって、各関係寸法は従来の半分に精度が向上する。

POSITIONAR

- 長手方向の位置決め用で段取り替えなしに4mmまでのレンジ内で測定可能
- 位置決めは、切り欠きの有りなしを問わない



図Ⅲ-74 基準端面用計測器の外観図

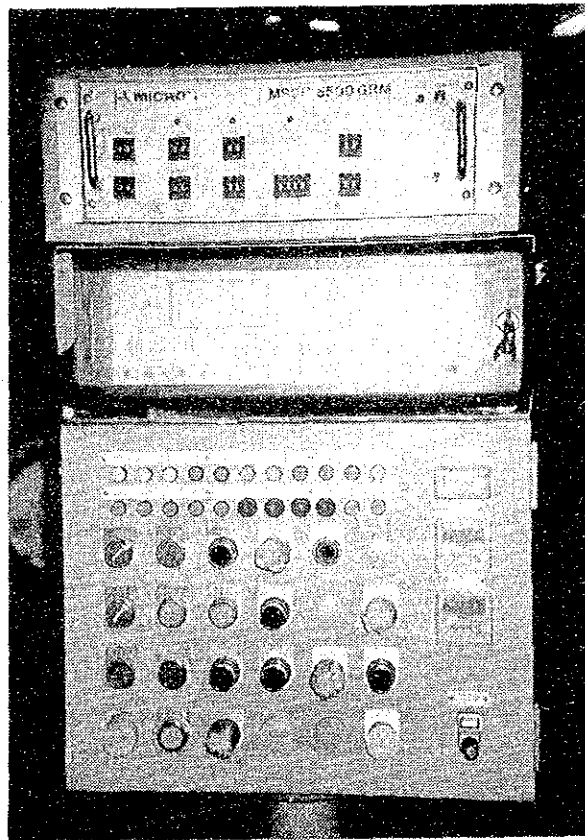
e) 外径自動計測

タービンロータの外径研削工程は、鏡面仕上げを要求される部分であるため、6工程もの研削工程を設けている。

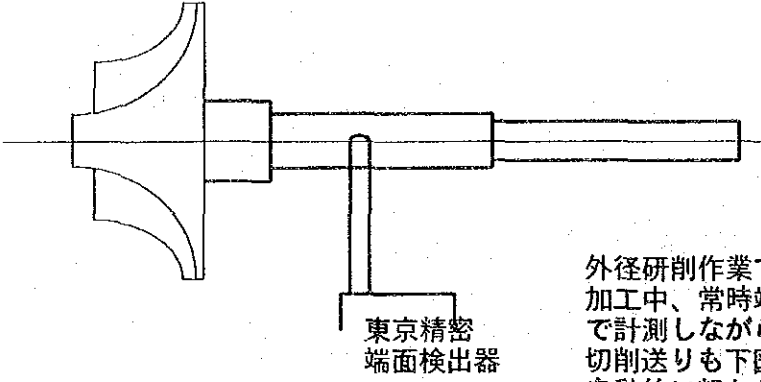
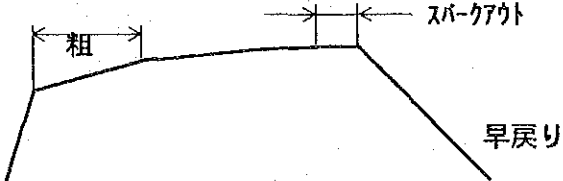
現在使用中の外径研削盤は手動研削送りがほとんどで、1台だけが粗送り、密研削、仕上研削、スパークアウトの4段階を実行出来る装置が付いているだけである。したがって、手動操作機は送り端にダイヤルゲージ等で位置決めして、切り込んでいる。また、加工ミスが発生しないように、加工途中で3回もマイクロメータによる計測を行っている。

加工公差 ± 0.002 mmを要求されるだけに、作業者に負担が大きい工程と言える。研削盤の自動定寸装置の例を〔図Ⅲ-76〕に、研削盤の外径自動計測法を〔図Ⅲ-77〕に示す。

このように、インプロセスに実行出来る計測設備を導入すると、加工精度の向上、品質の安定化、均一化、および作業者への負担の軽減が図れる。



図Ⅲ-76 研削盤の自動定寸装置の例

T/R	外径自動計測
使用機械 外径荒研削盤、外径仕上げ研削盤	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p data-bbox="239 784 414 817">測定端子概要</p> <p data-bbox="271 840 798 884">外径測定端子 最小読み取り単位0.001 mm</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div data-bbox="406 907 638 940">動作コントロール</div>  </div>	
【加工順序】	
<ul style="list-style-type: none"> ・粗研削 	<ul style="list-style-type: none"> ・・・ ワークを取付けスタートボタンを押すと、砥石ヘッドが前進する。そのまま粗研削が行われ、次の密研削が行われると同時に外径測定ヘッドが前進する。
<ul style="list-style-type: none"> ・計測開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・・・ 寸法値を計測しながら密研削、仕上げ研削、スパークアウトと動作し、最終値にコントロールされる。
【外径計測具】	
外径計測具メーカー	東京精密（株） 東京都三鷹市下連雀 9-7-1
アンブ 名称	PULCOM U1000 (パルコム) マシンコントロールゲージシステム
外径計測ヘッド名称	シングルヘッド Σ
価格	日本円 ¥75万円/式

図III-77 研削盤の外径自動計測法

f) 超仕上げ加工の導入

一般に研削工程だけでは、仕上げ面粗度記号2~6S位しか確保出来ない。

ターボチャージャ図面の要求精度は0.4 S以下で有り、この場合、超仕上げ工程を追加することが一般化している。

超仕上げは、3,000メッシュの砥石を押しつけ、圧力を変えながら左右に移動させるもので、一般に加工工程は自動化されている。

〔図Ⅲ-78〕に、超仕上げ加工法を示す。

現在無錫動力機工場で生産しているターボチャージャのタービンロータは、12万回転で回転するため、ブッシュとの境界摩擦に入り、焼き付きの原因になる場所である。信頼性向上の為に、超仕上げ工程の追加を提案する。

g) 溝研削加工のCBN砥石の採用

タービンロータのタービン端シール溝は、比較的加工精度や面粗度が要求される部分である。

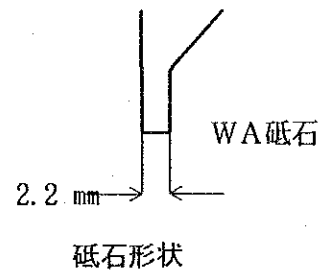
現在の加工方法は、一般のWA砥石を溝形状に合わせて成形して研削加工している。WA砥石では砥石成形が難しく

加工中に砥粒の脱落によって、砥石形状が変形してしまう。

従って、CBN砥石の採用を推奨する。

CBN砥石の特徴を〔図Ⅲ-79〕に示す。

CBN砥石はダイヤモンドにつぐ硬さを持ち、加工中の砥粒の脱落による形状変形が少ないことから、加工精度が向上し、製品の信頼性が向上する。



h) タービンロータ羽根のR部の電解研削加工

タービンロータの羽根部は耐熱鋼で出来ている。非常に硬い為、加工は研削加工で行っているが、バリが発生して仕上げ工程でバリを取っている。

調査期間中に、このバリを無くす方法は無いかとの質問が有ったので、解決方法を提案する。

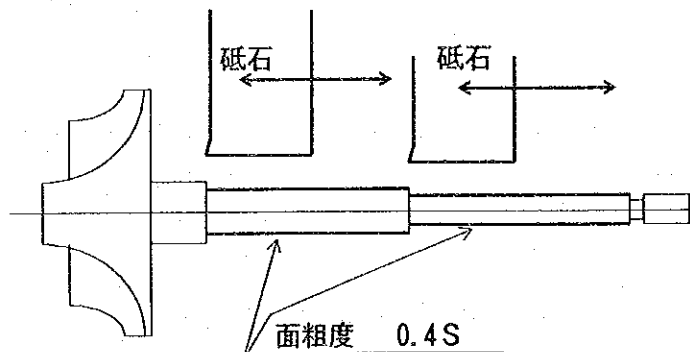
〔図Ⅲ-80〕に示した電解研削加工は、砥石と加工物の間に直流電流を流して小さな放電を発生させ、加工物の表面が酸化して軟化したところを砥石で削り取る方法で、バリは全く発生しない。

T/R

1 3 工程 超仕上げ加工

使用機械 超仕上げ盤

研削後の仕上げ面粗度をさらに向上するため、砥石をワークに当てて左右にオシレーションを掛け面粗度 0.4S まで向上する。



砥石 GC3000×40

寸法 4.5×25×16 2個使用

タービンロータのシャフト部は、フローティングベアリングとの境界摩擦領域に入り磨耗や焼き付きの心配がある。そのため、出来るだけ面粗度を良くすることが必要である。

超仕上げ盤概要

メーカー 西部自動機械(株)

機械型番 CN-350型

価格 ¥800万円

機械の概要は、砥石の左右移動量や砥石の接触圧力（荒送り、仕上げ送り、最終余圧）ワークの回転数、各作動時間等を選定する。

加工開始するとオシレーションによりアヤメマークを付けながら1~2μm研削する。

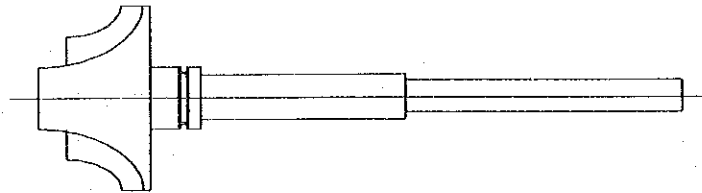
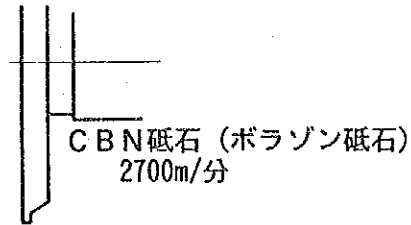
最終面粗度を0.4S以下を要求するところに用いられる。

使用砥石 材種 GC、 粒度 3000番、 結合度 40

寸法 4.5×25×16

図III-78 超仕上げ加工法

使用機械 溝入れ研削盤



CBN砥石の効果

- (1)砥石磨耗が少ない
- (2)寸法管理が容易
- (3)研削面がきれい

CBN砥石は高価ですが、砥石磨耗が非常に少ない為、寸法管理が容易で有ったり、砥石磨耗による交換が少なくてすむためライン作業では効果が大きい

CBN砥石とは

CBN砥石は立方晶窒化硼素 (Cubic Boron Nitride) のことで非常に硬い材料でできている。

砥石磨耗が少ないため寸法管理が容易で次の効果を期待出来る。

(1)砥石磨耗が少ない

一般の砥石と比較すると 100倍のドレス間隔で良いため磨耗が極端に少ない。

(2)寸法管理が容易

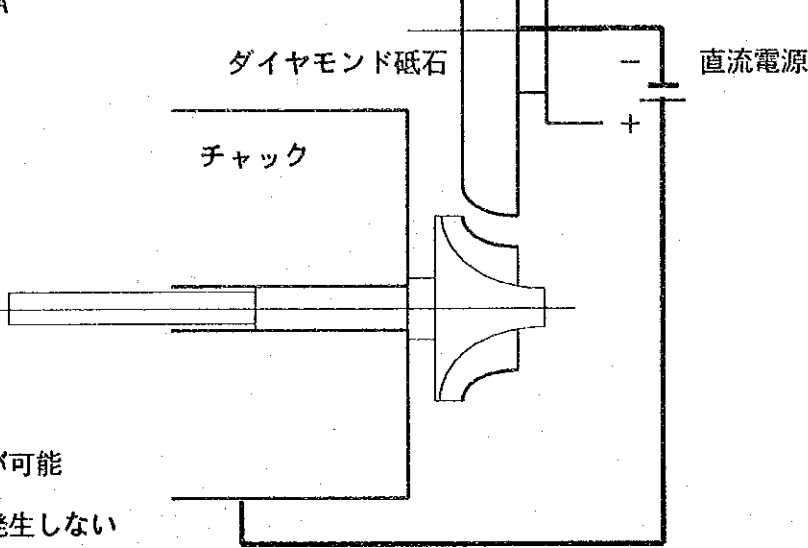
切削性が良いため砥石の変形が少なく、製品の寸法管理が容易になる。

(3)面粗度が良い

砥粒を細かくしても目詰まりが少なく焼けが発生しにくく、仕上げ面粗さをワンランク向上できる。

価格面ではWA砥石に比べて30倍になる。

図 III - 79 CBN砥石の特徴

T/R	9 工程 羽根のR面 電解研削加工
使用機械	電解研削盤
電圧	4 ~12 V
電流	100 ~250A
<p data-bbox="252 779 454 813"><u>電解研削の効果</u></p> <ul data-bbox="263 840 614 996" style="list-style-type: none"> ・ 固い材料の加工が可能 ・ 研削後のバリが発生しない ・ 砥石の磨耗を少なく出来る 	
<p data-bbox="279 1108 1316 1209">電解研削加工は砥石に導電性の高いダイヤモンド砥石を使い、これとワークの間に5~12V程度の低い直流電圧を掛ける。</p> <p data-bbox="255 1232 1141 1265">この時の電流は、150 ~250A (最大300A) の非常に大きい電流にする。</p> <p data-bbox="255 1288 1348 1444">切削液は電解液を使用し、(硝酸塩または亜硝酸塩10%) 電流を流し易い状態にしてある。電流が流れると砥石からワークに放電し、材料を研削し易いように酸化し、削り取るメカニズムである。</p> <p data-bbox="255 1478 598 1512"><u>電解研削加工の効果として</u></p> <ol data-bbox="279 1534 1348 1892" style="list-style-type: none"> (1) インコネルのように非常に固い材料の加工を可能にする。 (2) 研削後のバリが発生しない。 一般の研削では返りバリが発生するが、この方法では手仕上げ工程を排除できる (3) 砥石の磨耗を少なく出来る。 放電によってワーク表面を酸化し軟材にするので、加工がスピードアップできその分砥石磨耗も少なく出来る。 	

図III-80 ローター羽根のR面の電解研削加工

i) バランス計測および修正の能率向上

現状のバランス計測工程は、1人が計測器によってアンバランスを計測し、平衡するように粘土を貼りつける。他の1人が、その粘土の量を目測して、その量に合った重量をローターの羽根部から削り取る方法を取っている。

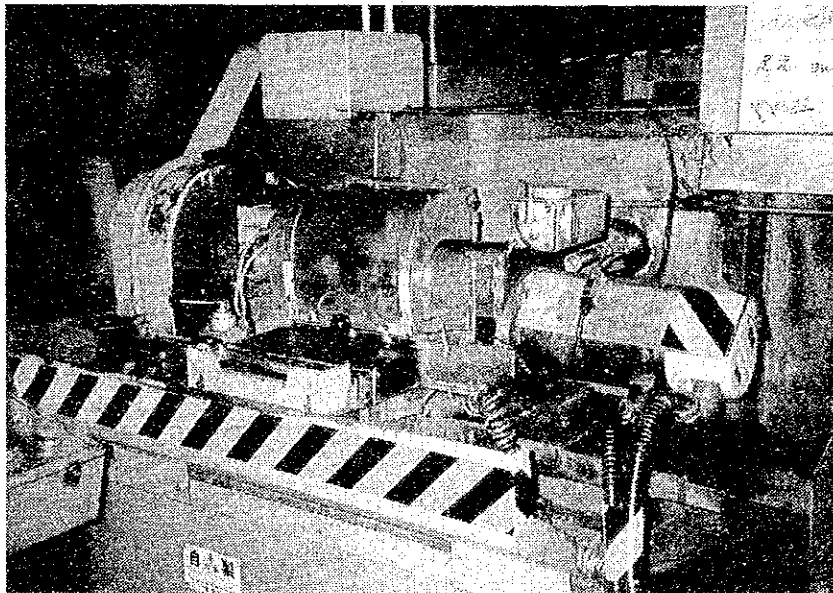
この工程の工数は40分が掛かっており、第2期計画（15万台生産）時では、

$$0.67[\text{H/台}] \times 12,500[\text{台/月}] = 8.333 [\text{H/月}]$$

8,333 時間/月（54人工）にもなってしまいますので、自動化が是非必要である。

〔図Ⅲ-81〕にバランスカット機の外観図を示す。また、〔図Ⅲ-82〕にバランス計測&カット機の概要を示す。

バランス計測&カット機は、アンバランスの計測、アンバランス量の削り取り修正、再計測を一連を自動化したもので平均3～5分で終了させることが出来る。



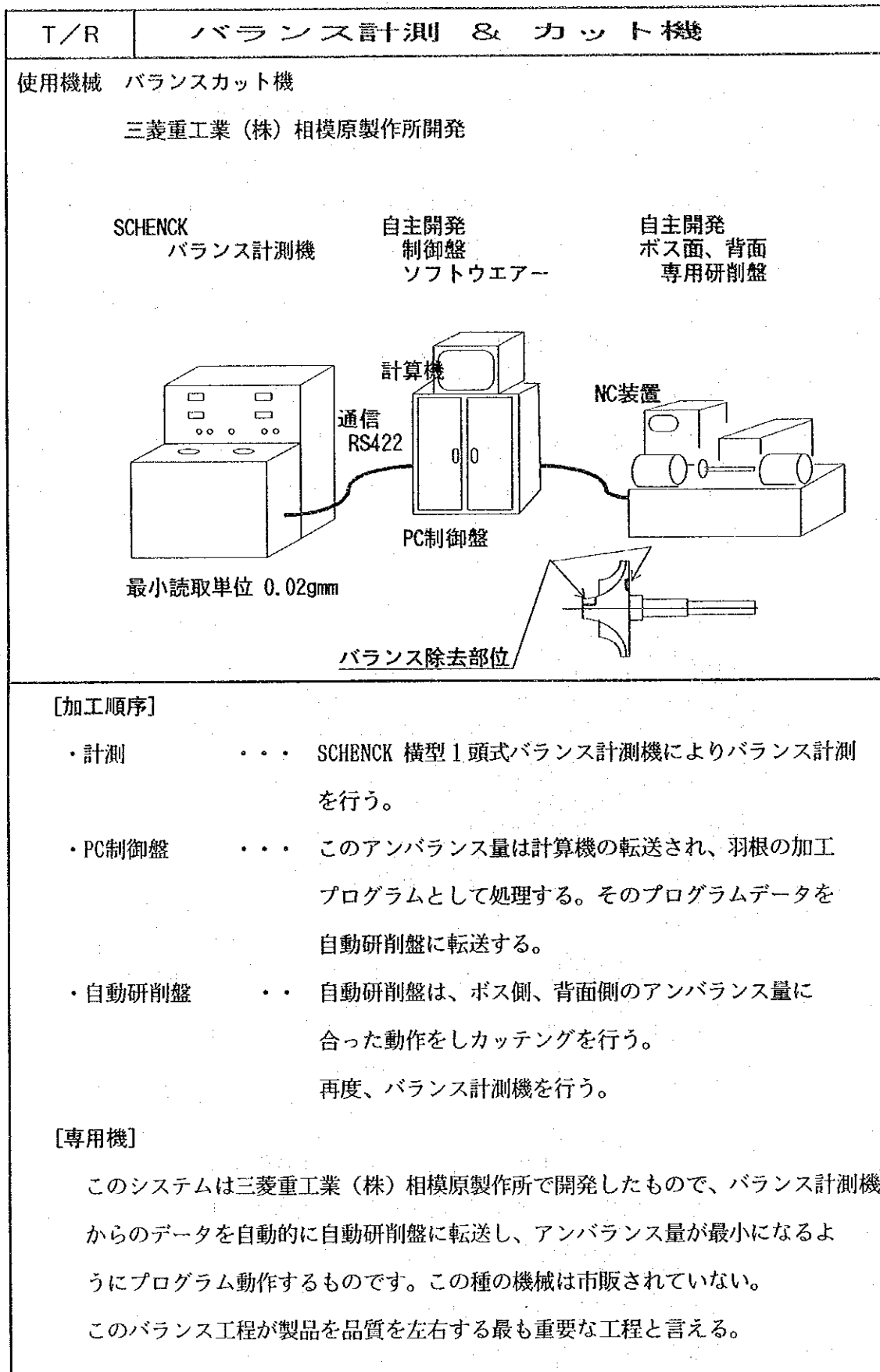
図Ⅲ-81 バランスカット機の外観図

この計測装置は専用機的に使用するので、機種毎に（H系列、J系列）の2台用意しないとならない。

j) 専用測定具の採用拡大

量産工程では、加工物の品質管理を素早く処理しなくてはいけない。

機械加工のサイクルタイムの考え方で、計測所要時間も管理する必要がある。



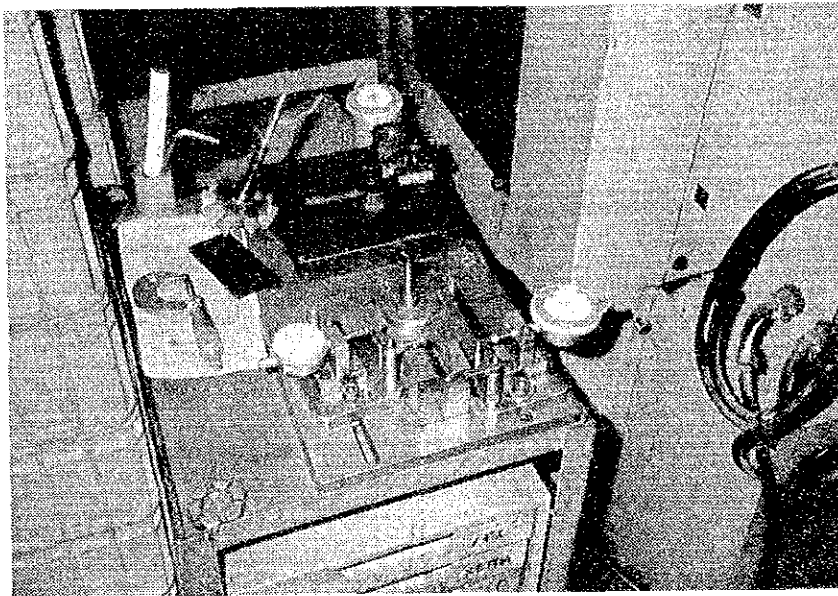
図III-82 タービンロータのバランス計測&カット機の概要

したがって、初回品検査、数個ずつの抜き取り検査を作業者自身が行い、その時間も出来るだけ少ない時間で済ませることが必要になる。

今、ラインのタクトタイムが3分であるから、その時間内に必要な計測が済まされることが最良である。

〔図Ⅲ-83〕に、専用測定具の外観図を示す。

必要な寸法計測を一瞬にして実施できるものである。計測用のダイヤルゲージには、作業者が読み間違いの無いように許容範囲を標示する等の工夫がしてある。



図Ⅲ-83 専用測定具の外観図

5.7.4 タービンロータの設備の近代化と加工工程案

これまで、近代化の提案をしてきたが、量産化のための加工設備は、現状と考え方が全く違う。近代化では、加工製品の信頼性を第一に考え、現在の人手に頼っている作業工程のうち、品質上重要な工程は極力自動化して、ミスのない方法を取っている。

ここで取り上げた設備は、第2期計画で最低限必要な設備で、将来はさらに自動化、省力化を進めていかなければならない。

タービンロータ近代化の加工工程案を、[図Ⅲ-84]に示す。また、タービンロータの近代化に必要な金属加工設備を、[表Ⅲ-35]に示す。

これら設備の導入をベースとした時の人員計画を、[表Ⅲ-36]に示す。第2期計画では、1ライン16人の編成でH系列、J系列の2ラインが必要になる。

表Ⅲ-35 タービンロータの近代化に必要な加工設備

工程	設 備 名	必 要 性 ・ 価 格
2	電子ビーム溶接機	羽根が将来薄くなって来ると、摩擦圧接機では対応出来ない。 約65百万円
3	引っ張り試験機	量産ライン化のなかで、加工ミスの発生を事前にチェックする。 約4百万円
4	センタ穴加工機	タービンホイールの背面を基準にして、シャフトのセンタ穴加工を行う。 約4百万円
5 10	NC旋盤(2台)	自動化ラインの中で、手作業から自動化へ改善 現有機
7 8 12	自動送り装置付外径研削盤	自動研削作業化と大径部と小径部を同時に加工する工程の集約化 約25百万円×3台
7 8 12	研削加工の自動定寸装置	作業者による計測作業から自動定寸によって公差±0.002を確保する 0.7百万円×3台
10 11 12	端面自動定寸装置	基準端面計測をボール基準から直接計測法に変え、精度向上を図る。 0.7百万円×3台
9	R部用電解研削加工機	一般研削ではバリが発生し、仕上げ工程が大変である。バリ発生対策 10百万円
7 11	CBN砥石	耐熱鋼の研削と2.2mm幅の溝加工に一般砥石では磨耗が大きすぎ、精度が悪い。 0.05百万円
13	超仕上げ盤	一般研削では仕上げ面粗度0.4Sは確保出来ない。超仕上げ盤が必要 8百万円
14	バランス計測&カット機	バランス修正工程は現在40分掛かっている。これを3~5分で実施する 約35百万円×2台

注) 1. 工程番号は、(図Ⅲ-84)タービンロータ加工工程の番号を表す。
2. 上記は、H系列用1ラインに必要な設備を示す。

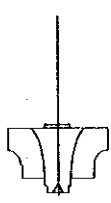
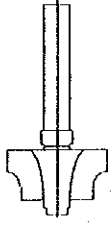
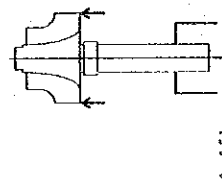
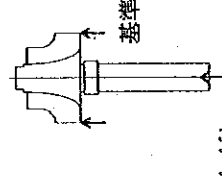
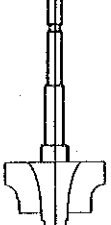
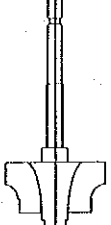
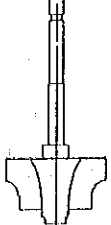
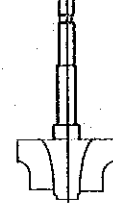
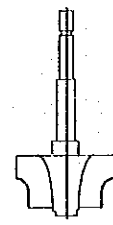
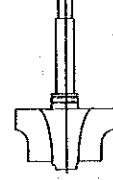
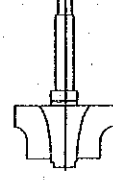
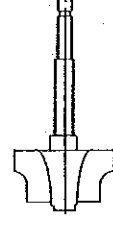
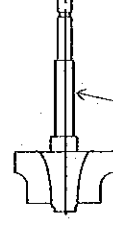
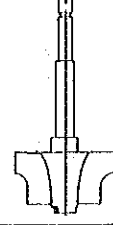
工 順	1 工程	2	3	4	5	6	7
作業内容	ロータ、シャフト端面	接合	引張り試験	センター穴加工	外径G付加工	高周波焼入れ、焼戻し	背面研削加工
設備名	普通旋盤、研削機	摩擦圧接機/E BW	引張り試験機	センター穴加工機	NC旋盤	高周波焼入れ機	CNC自動研削盤
加工部位							
加工材料	0.05h/3750台・年	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h
加工順序	端面研削 外径荒旋削		2→4トン	センタードリル	外径荒加工 仕上げ	Hv > 513 周波数 8000Hz	CBN砥石
取付具				自製機械			自動端面計測装置
工 順	8	9	10	11	12	13	14
作業内容	軸部荒研削	R部仕上げ	軸部溝入れ、ネジ	溝仕上げ	軸部外径仕上げ	軸部超仕上げ	バランス加工
設備名	CNC自動研削盤	電解研削盤	NC旋盤	工具研削盤	CNC自動研削盤	超仕上げ盤	バランス計測機
加工部位							
加工材料	0.05h/3750台	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.10h/1800台
加工順序	軸部3径荒研削	ダイヤモンド砥石		CBN砥石	軸部外径仕上げ		計測 自動バランスカット PC+計算機 +SCHENCK 自動バランスカット機
取付具	自動寸装置				自動寸装置		

図 11-84 タービンロータ加工工程 (案)

表III-36 タービンロータ加工ラインの人員計画

工程	1	2	3	4	5	6	7	合計時間
機 械 名	普通旋盤	摩擦圧接機 /EBW	引っ張り試験機	センター穴加工 専用機	NC旋盤	高周波焼入れ機	CNC自動研削盤	
作業内容	ローター接合面 シャフト端面 加工	接合 焼戻し	引っ張り試験 2トン	センター穴加工	外径G付仕上げ	高周波焼入れ 焼戻し	背面研削加工	
サイクルタイム	0.05h × 2 台	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	
年生産台数								
作業人員	2人	1人	1人	1人	1人	1人	1人	
工 程	8	9	10	11	12	13	14	合計時間
機 械 名	CNC自動研削盤	電解研削盤	NC旋盤	工具研削盤	CNC自動研削盤	超仕上げ盤	専用機 バランス機 2台	
作業内容	軸部荒研削加工	R部仕上げ	軸部溝入れ ネジ加工	軸部溝仕上げ	軸部外径仕上げ	軸部超仕上げ	バランス加工	
サイクルタイム	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	0.10h/2人	ライン能力 2人 75000台/年
年生産台数								
作業人員	1人	1人	1人	1人	1人	1人	2人	16人 (2番32人)

5.7.5 コンプレッサホイールの機械加工

ラジアル式ターボの部品の中で、コンプレッサホイールは高速回転をし、アルミ材質と言うこともあって、材質強度に最も注意する必要がある。

また、バランス修正が重要であるが、精密鋳造時の製作精度がアンバランス量に影響してくるため、素形材製造技術が機械加工に大きく影響を及ぼす。

また、アルミ鋳造時の巣が高速回転中の損壊の原因にもなるため、機械加工よりも精密鋳造の品質確保に、注意をはらうことが必要である。

以下に、機械加工に於ける改善案について具体例を示す。

a) 背面旋削加工の改善

コンプレッサホイールの羽根部加工は、非常に薄くなって来ているため、羽根の変形をさせない加工の工夫が必要になっている。

また、加工においては、曲面が多く旋削時のチャッキングが難しく、量産時の旋削加工は特殊な工法を必要としている。

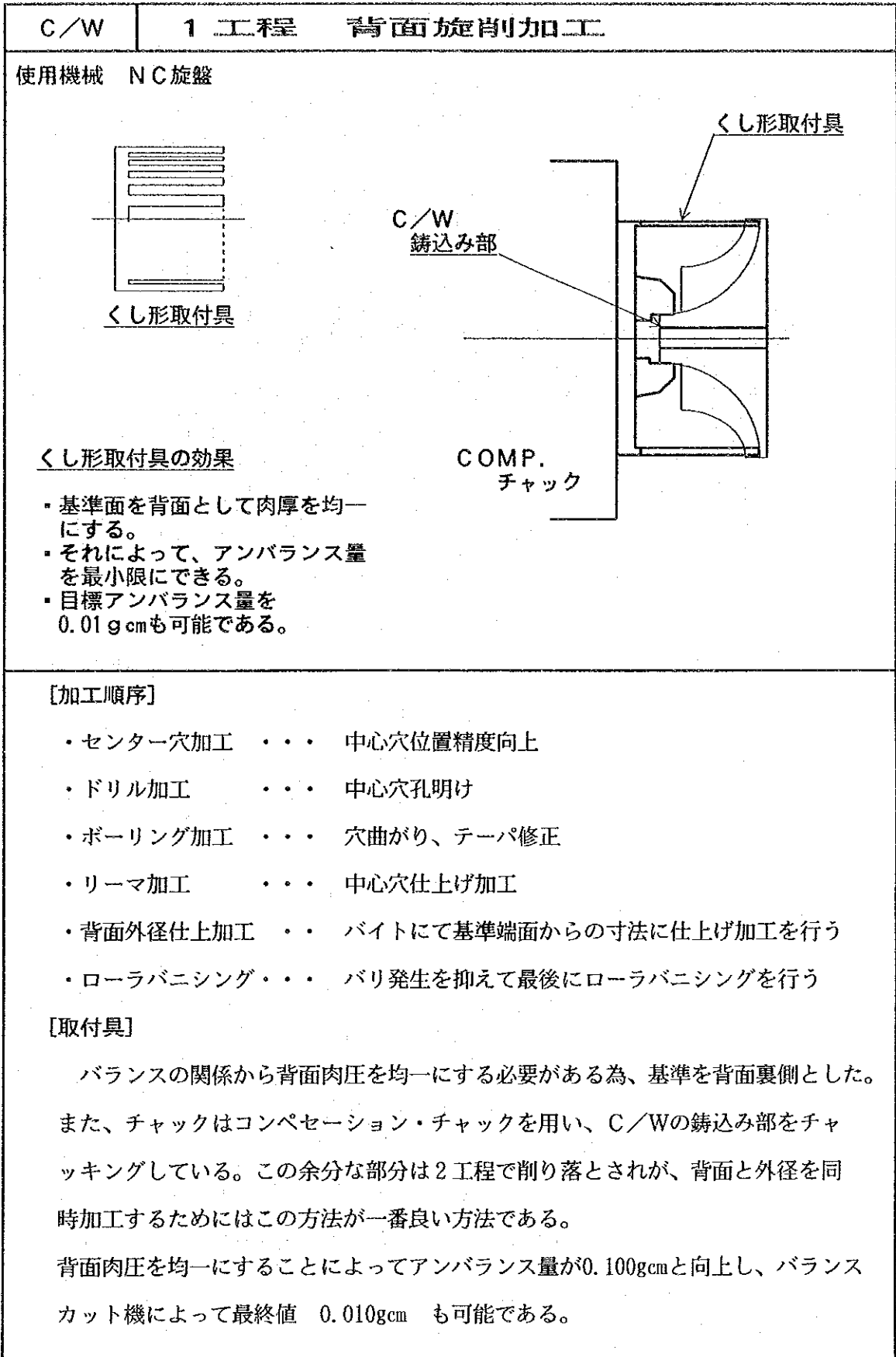
背面旋削加工のチャックにつて、具体的に改善内容を [図Ⅲ-85] に紹介する。

[取付具の説明]

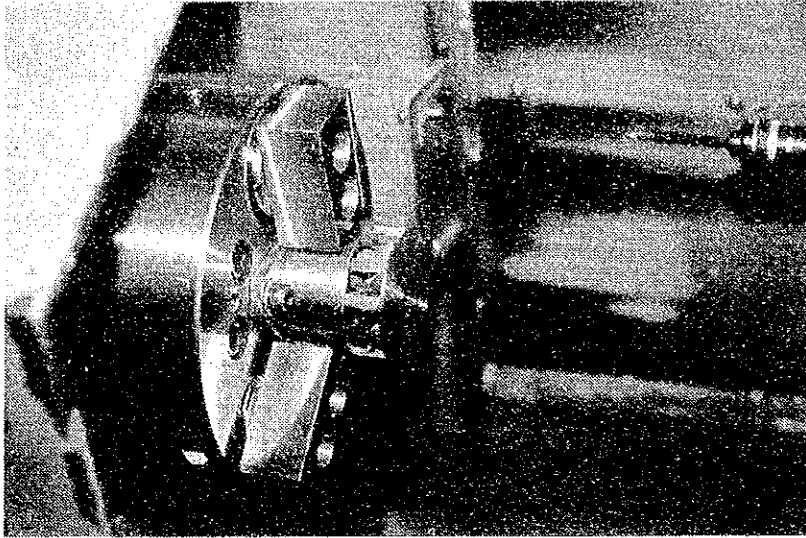
① くし型取付具の採用

コンプレッサホイールの背面加工を行う時は、背面厚みを一定にすることがアンバランスを最小にすることになる。したがって、背面加工時は "くし型取付具" を使って背面を基準にしている。

[図Ⅲ-86] に、コンプレッサホイール加工のくし型取付具の例を示す。



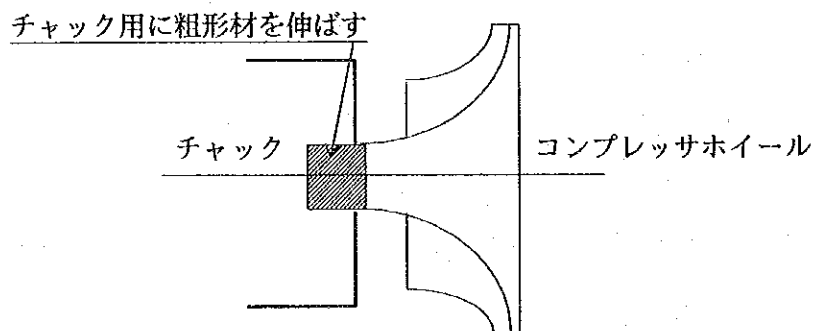
図Ⅲ-85 コンプレッサホイールの背面旋削加工のチャック改善



図Ⅲ-86 コンプレッサホイール加工のくし型取付具の例

② コンペセーションチャックの採用と粗形材の形状変更

アンバランス量を最小にするためには、コンプレッサホイールを中心にチャックすることが必要になる。チャックはコンペセーションチャックが最も良いが、一般のチャックでも使用が可能で、コンプレッサホイールのボス端面を旋削加工の為に、〔図Ⅲ-87〕に示すように変更するのが望ましい。



図Ⅲ-87 チャックを容易化するための素形材の変更

b) R部加工およびボス端面仕上の改善

現状のコンプレッサホイールのチャッキング方法は、旋盤の硬爪に出っ張りを設け3点位置決めを行っている。

アルミ材質と言う事もあって、チャック圧による加工物の変形が考えられるので、大きな力では締めつけることが出来ない。

〔図Ⅲ-88〕に示すような特殊3分割ソフトジョーを採用する事を提案する。

この方法を採用すれば、締め付ける位置決めが正確に出来る。

c) ローラバニシング加工の採用

現状の内径加工法では、ローラバニシング加工を行っている。

しかし、汎用旋盤で加工している事もあって、加工形状がおもわしくなく、内径にテーパや穴の曲がりが生じている。

これはローラバニシング中心が加工中心に無く芯ずれにによって起こっていると思われる。改善案では、背面加工と同時にこの加工を行う方法を提案する。

加工機械はNC旋盤を用い、2工程と合わせて2台のNC旋盤で済ませる。

NC旋盤は、汎用機の刃物台形式は不向きで、ロータリ型の刃物台が中心位置を加工するに向いているので、このタイプを採用することを勧める。

NC旋盤によるローラバニシング加工法を、〔図Ⅲ-89〕に示す。

d) バランス計測&カット機の採用

バランス計測・修正工程は現状では40分を掛けている。1ヵ月12,500台の工数は8,375時間を要し、人工にして54人工にもなってしまう。

この工程は工数1/5～1/10程度に短縮し、H系列、J系列2台のバランス計測機を計画する。

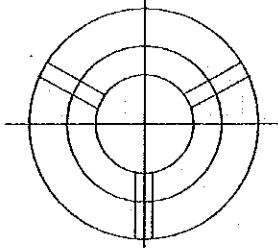
〔図Ⅲ-90〕にバランス計測&カット機の構想、〔図Ⅲ-91〕にバランス計測&カット機の例を示す。

このバランス計測機はSCHENCK製のものを使用し、加工プログラムや加工法は三菱重工業(株)相模原製作所で開発したものである。

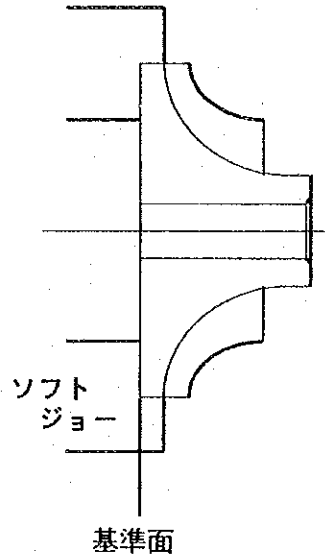
C/W

2 工程 R部加工およびボス端面仕上

使用機械 NC旋盤



特殊三分割ソフトジョー外觀図



- 専用ソフトジョーを設計し
羽根の変形を最小にするように
チャックする
- (1) 羽根のチャック面を出来るだけ
多く取り摩擦面を多くする
 - (2) 締めつけ圧を変形しないように
出来るだけ小さい圧力にする

[加工順序]

- ・ R面荒加工 …… 羽根の曲がり発生をさせないようにバイトノーズRを小さくして、3～5回に分けて加工
- ・ R面仕上加工 …… 基準面からの公差を考慮して加工する
- ・ ボス端面仕上げ …… 余分なボス部をカットする。内径面取りも実施

[取付具]

背面基準にするよう外径に合った専用ソフトジョーを用いる。

チャック圧力は変形しないように2～4 kg/cm²と低圧にし、注意すること

羽根のR部を加工する場合、切削力によって羽根を変形する事がある

この加工に用いるバイトはノーズRを 0.2R と小さくして切削力を少なくしている

図III-88 コンプレッサホイールのR部加工およびボス端面仕上方法の改善

使用機械 1工程NC旋盤

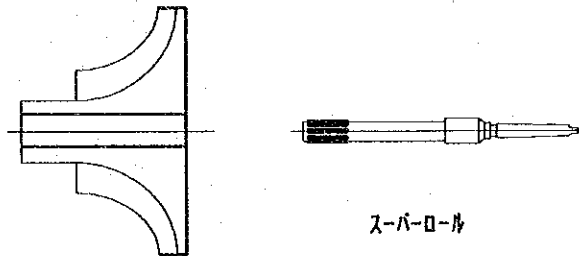
これまでコンプレッサーホイールの中心穴加工はリーマ加工が主であるが、寸法管理が大変である。

これをローラバニシング加工に変更して管理の容易化を

計る。

加工順序

- (1)センタードリル加工
- (2)ドリル加工
- (3)ボーリング加工
- (4)リーマ加工
- (5)ローラバニシング加工



このローラバニシングは寸法管理面だけでなく、表面の面粗度を滑らかにして表面を硬化することによって耐磨耗性を向上することが目的である。

スーパーロールはミクロン寸法の加工径管理が出来るのでコンプレッサーホイールの中心穴加工径管理には最適な工具といえる。

コンプレッサーホイールの中心穴内径加工は高速回転の中でバランスを最も重要視する部分である。そのため、シャフトともしっかりした勘合で有ると同時に仕上がり面もIS以下を要求される。例えば 5S~10S 等の面粗度が荒い場合、高速回転中に面の凸部が磨滅して内径が大きくなってしまう。

この現象を最少にするためにも、このローラバニシング加工を必要とする。

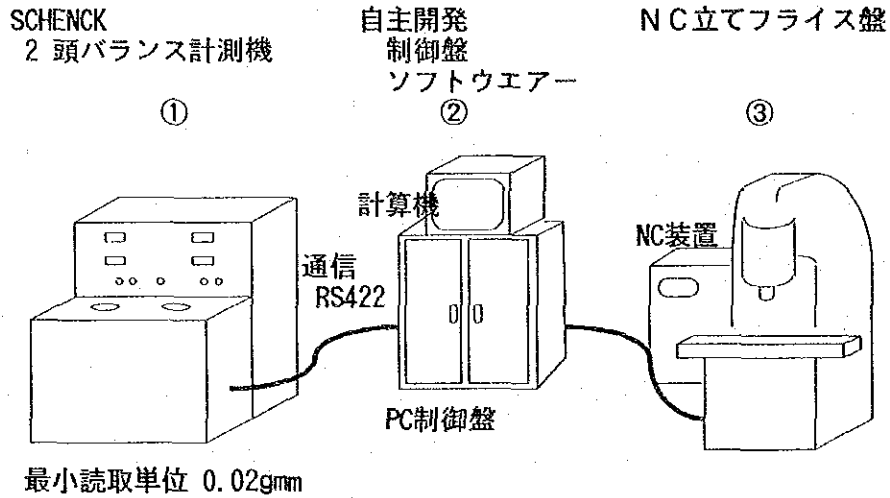
ローラバニシング加工の効果

- ① 中心穴加工寸法管理がミクロン寸法で管理できる。
- ② アルミ加工内径の比較的軟化表面を磨滅することによって、加工硬化することによって耐磨耗性の効果がでる。
- ③ 仕上り面が $0.7 \mu\text{m}$ と鏡面化できる。
- ④ アルミ材質のため、加工し易いので加工時間は3秒位で終了し、工具の磨耗は非常に少ない。

図III-89 NC旋盤によるローラバニシング加工法

C/W 4 工程 バランス計測 & カット機

使用機械 バランスカット機
 三菱重工業（株）相模原製作所開発



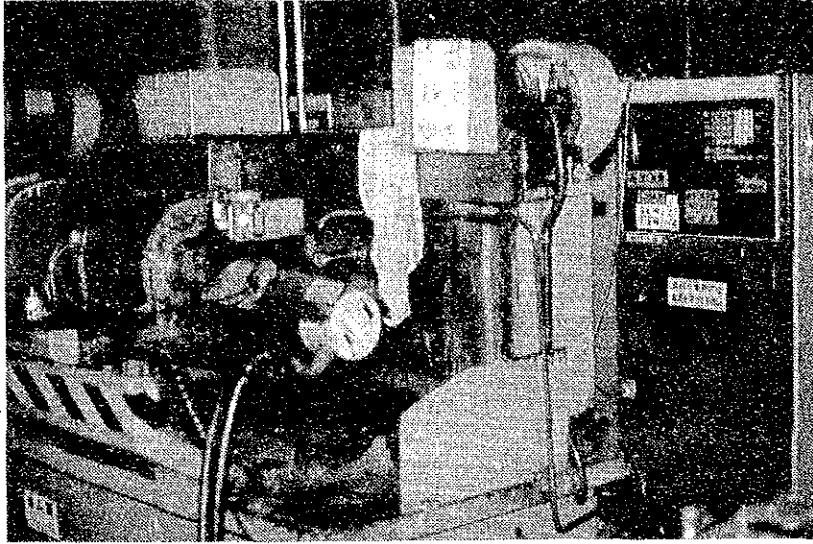
[加工順序]

- ・ R面荒加工 . . . SCHENCK 縦型2頭式バランス計測機によりバランス計測を行う。
- ・ PC制御盤 . . . このアンバランス量は計算機の転送され、羽根の加工プログラムとして処理する。そのプログラムデータをNCフライス盤に転送する。
- ・ NCフライス盤 . . . NCフライス盤は、ボス側、背面側のアンバランス量に合った動作をしカッティングを行う。
 再度、100mm g 以下に成るまでバランス計測を繰かえす

[取付具]

このシステムは三菱重工業（株）相模原製作所で開発したもので、バランス計測機からのデータを自動的にNCフライス盤に転送し、アンバランス量が最小になるようにプログラム動作するものです。

図III-90 コンプレッサホイールのバランス計測&カット機の構想



図Ⅲ-91 コンプレッサホイールのバランス計測&カット機の例

5.7.6 コンプレッサホイールの設備の近代化と加工工程案

コンプレッサホイールの工程では、第2期計画の生産達成の為に工程の短縮と加工工数の改善および、製品精度の向上を第一に考えた。

量産化ラインを実施するために、工程を極力自動化して、ミスのない方法を取っている。

コンプレッサホイールの近代化に必要な金属加工設備を、[表Ⅲ-37]に示す。

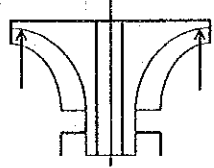
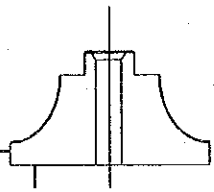
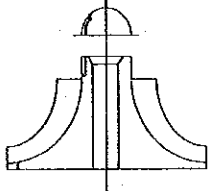
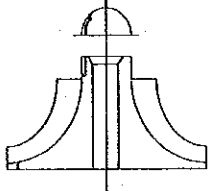
表Ⅲ-37 コンプレッサホイールの近代化に必要な加工設備

工程	設 備 名	必 要 性 ・ 価 格
1 2	NC旋盤	R部の曲面加工と精度が必要な中心穴加工の自動化に必要。 約15百万円×2台
1	コンペセーションチャック	中心にチャックする機構を備えたエアチャック 約1百万円
4	バランス計測&カット機	バランス修正工程は現在40分掛かっている。これを3～5分で実施する 約35百万円×2台

- 注) 1. 工程番号は、[図Ⅲ-92] コンプレッサホイール加工工程を表す。
2. 上記は、H系列用1ラインに必要な設備を示す。

コンプレッサホイールの近代化の加工工程案を、[図Ⅲ-92]に示す。

また、その時の人員計画を[表Ⅲ-38]に示すが、第2期計画では1ライン5人の編成でH系列、J系列の2ラインが必要になる。

工 順	1 工程	2	3	4	5	6	7
作業内容	背面、中央穴加工	ボス切断R部加工	手仕上げ・洗浄	バランス計測機	ウェイトカット	洗浄	
設備名	NC旋盤	NC旋盤	洗浄機	「 バランス カット機 」	「 カット機」		
加工部位				計測データを転送 ↑ 			
サイクルタイム	0.05h/37500台・年・直	0.05h (総計 0.75)		0.10h			
加工順序	背面、外径荒 センター穴、ドリル ローラバニシング 背面、外径仕上げ コンペース、チャック	端面仕上げ、面取り R部仕上げ	バリ取り	バランス計測 ● ◆ 100mg以下	カッティング 背面、ボス面		
取付具							
工 順	8 工程	9	10	11	12	13	14
作業内容							
設備名							
加工部位							
加工順序							
取付具							

図III-92 コンプレッサホイール加工工程 (案)

表III-38 コンプレックスサホイール加工ラインの人員計画

工程	1	2	3	4	5	6	7	合計時間
機械名	NC旋盤	NC旋盤	作業台 洗浄機	バランス計測機	専用機 アンバランス量 カット機	バランス計測機	専用機 アンバランス量 カット機	
作業内容	背面、中央穴 加工	ボス切断 R部加工	手仕上げ バリ取り 洗浄	荒バランス計測	アンバランス カット 0.300 gcm以下	仕上げ バランス計測	仕上げ アンバランス カット 0.100g cm以下	
サイクルタイム	0.05h	0.05h	0.05h					ライ能力 2値 75000台/年
年生産台数				0.05h		0.05h		
作業人員	1人	1人	1人	1人		1人	1人	5人 (2値10人)
工程	8	9	10	11	12	13	14	合計時間
機械名								
作業内容								
サイクルタイム								
年生産台数								
作業人員								

5.7.7 ベアリングハウジングの機械加工

ベアリングハウジングは、油圧圧力が掛かり油洩れが発生し易い部分である。

もし、油洩れが発生すると、エンジンの排気温度によって火災になってしまい、重大な事故につながる。

油洩れの原因は色々考えられるが、次に上げる内容が主なものである。

- ① 面取り不良や加工穴の貫通、位置ずれ等の加工不良によるもの。
- ② 加工面粗度や加工面の歪みによるもの。
- ③ 鋳物の巣によって、極小さな穴から洩れるもの。
- ④ シール等の不良によるもの。

が考えられる。

ベアリングハウジングの機械加工工程では、第2期計画生産のための量産ライン化、自動化、油洩れの等の他に、上記の油洩れ原因等の信頼性向上のための設備、改善を提案する

以下にく機械加工に於ける改善案について具体例を示す。

a) 斜め穴加工の専用機化

ベアリングハウジング斜め穴加工は、数ミリの油穴を傾斜を付けて穴明加工する、比較的めんどくさい加工である。

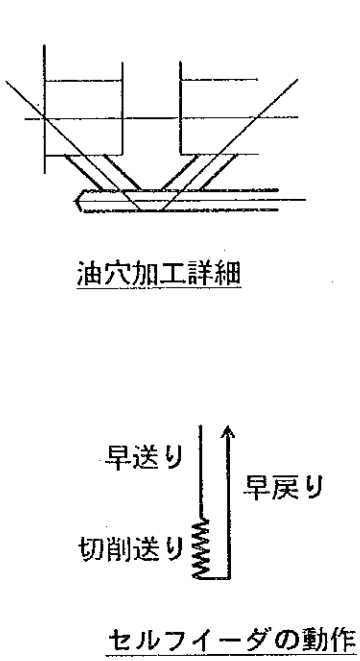
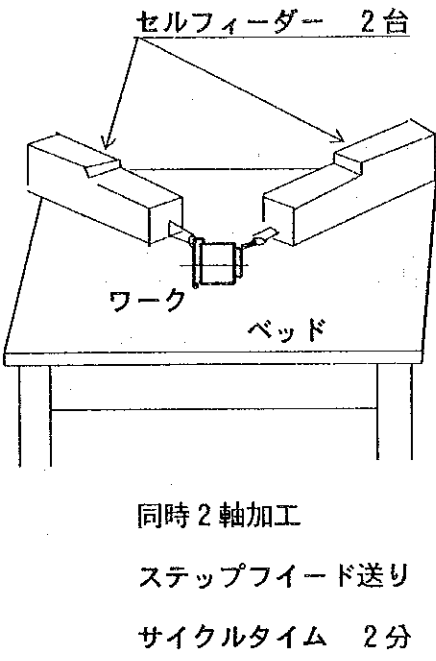
現状では、斜め位置決め治具とラジアルボール盤による加工を行っているが、これを自製専用機化で解決する方法を提案する。

この専用機は、セルフイーダと言うドリリングユニットを使用して、簡単に角度を持った穴明け専用機を作れる特徴がある。ドリリングユニットには、加工に必要なサイクルや送り機構が全て盛り込まれていて、専用機製作は、ベースにユニットを取り付けるだけである。

[図Ⅲ-93] に、斜め穴加工の専用機化構想を示す。

b) マシニングセンタの活用

ベアリングハウジングの小穴加工は、油穴やスラストベアリング取り付け穴等穴加工が4面にある。この穴径も4mmの小径から10.5mmのタップ下穴まで各種の径が必要になる。また、専用機では、穴と穴の間隔が小さすぎて同時穴加工が出来ない状態である。

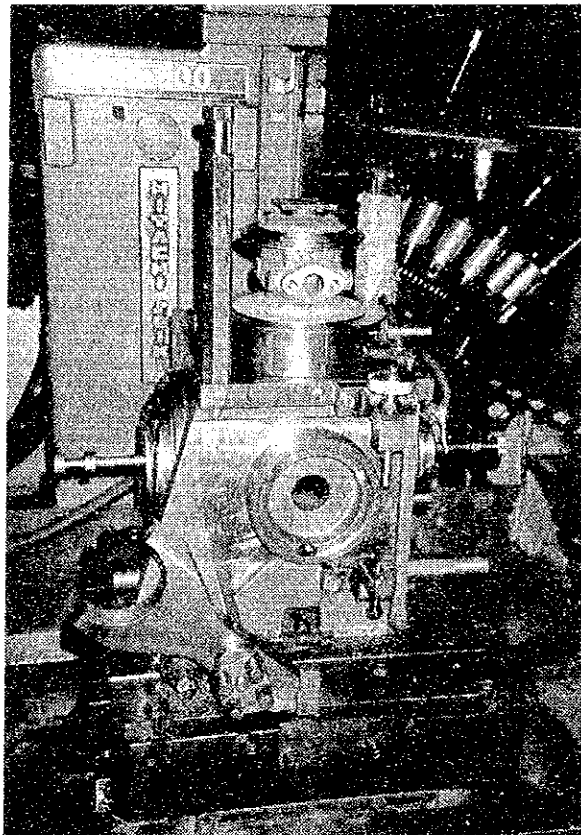
B/H	5 工程 斜め穴加工の専用機化
<p>使用機械 自製 斜め穴加工専用機</p> 	 <p>セルフイーダ 2台</p> <p>ワーク</p> <p>ベッド</p> <p>同時2軸加工</p> <p>ステップフィード送り</p> <p>サイクルタイム 2分</p>
<p>[専用機の概要]</p> <p>この斜め穴加工をアプライトボール盤で加工しようとする、複雑な穴明け治具が必要になる。また、作業時間も10分位掛かるため専用機化が不可欠である。</p> <p>この専用機は一例として"スギノセルフイーダ"を活用する方法を示す。</p> <p><u>スギノセルフイーダ仕様</u></p> <p>メーカー・・・株式会社スギノマシン</p> <p style="text-align: right;">富山県魚津市本江2410番地 TEL 0765-24-5111</p> <p>型番・・・MSP-3030型</p> <p>最大加工径・・・ドリルチャック径 最大 5mm</p> <p>価格・・・一台 ¥45万円 × 2台</p> <p>[セルフイーダの効果]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・簡単な取り付け具で角度付の専用機ができる。 ・多軸化(2~5軸)が可能の為、加工時間を短縮できる。 ・均一な加工が可能 (作業ミスによる油穴の貫通不良等発生しない) 	

図III-93 斜め穴加工専用機化構想

この各種穴加工をマシニングセンタで加工することによって、製品精度の向上と加工の自動化による加工ミスの減少を期待できる。

また、マシニングセンタでの加工は、量産化に不可欠であるが、専用機に比べて、設計変更には対応が容易であるというメリットがある。

〔図Ⅲ-94〕にマシニングセンタの活用例、〔図Ⅲ-95〕にマシニングセンタの活用方法を示す。



図Ⅲ-94 マシニングセンタの活用例

c) 中心穴加工の信頼性向上

ベアリングハウジングの中心穴は、フローティングベアリングを保持するのに、精度の高い面粗度と加工精度を要求される工程である。

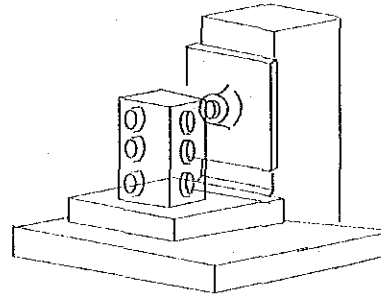
フローティングベアリングは、高速回転するタービンロータを支えるが、その外径を支えることから、加工精度も出来るだけ良くしたい。

使用機械 マシニングセンタ

比較的穴径が小さくて、穴距離が接近している場合（最小距離が21mm以下）
専用機加工は複数台必要になる。

（穴明け専用機、穴明け専用機、タップ専用機、タップ専用機 4台）

マシニングセンタで複数個加工

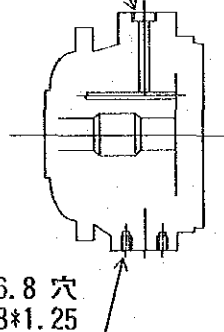


森精機 MH-40

三菱重工 MH-40C

M12×1.5

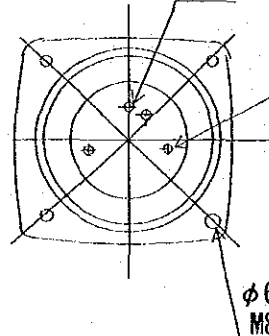
φ6.8 穴
M8×1.25



φ5

M5

φ6.8 穴-4 個
M8×1.25



穴位置が接近している場合、このベアリングハウジングは 12 mm位では専用機化をすると専用機が 穴明け、穴明け、タップ、タップ専用機と 4 台が必要になる。
このような場合では、マシニングセンタに加工をする事も良い方法である。

マシニングセンタ活用の期待効果

- ① 一工程で加工がされるので、品質面で各穴の関係がしっかりしている
- ② 専用機 4 台の投資が抑えられる（この場合、安いマシニングセンタで良い）
- ③ 設計変更に対応が非常に簡単（専用機は機械設計からやり直し）
- ④ テーブルに多数個取り付けすると、1 工程、2 工程と加工するのでサイクルタイムが長く作業がやり易くなる。例えば、9 個取り付けにすると 27 分位は OK
専用機の場合、3 分毎に 4 台の機械を取り付け、取り外しが必要。
- ⑤ マシニングセンタでは、多種類混在のラインで有ってもライン構成が可能になる。
ベアリングハウジングは油穴の位置が向け先によって違う場合が多く、実際の加工は 1000 個単位の加工を要求される。
- ⑥ 加工情報を NC テープに盛り込んで、ミスが少なくなる。

図 III-95 ベアリングハウジングのマシニングセンタ活用方法

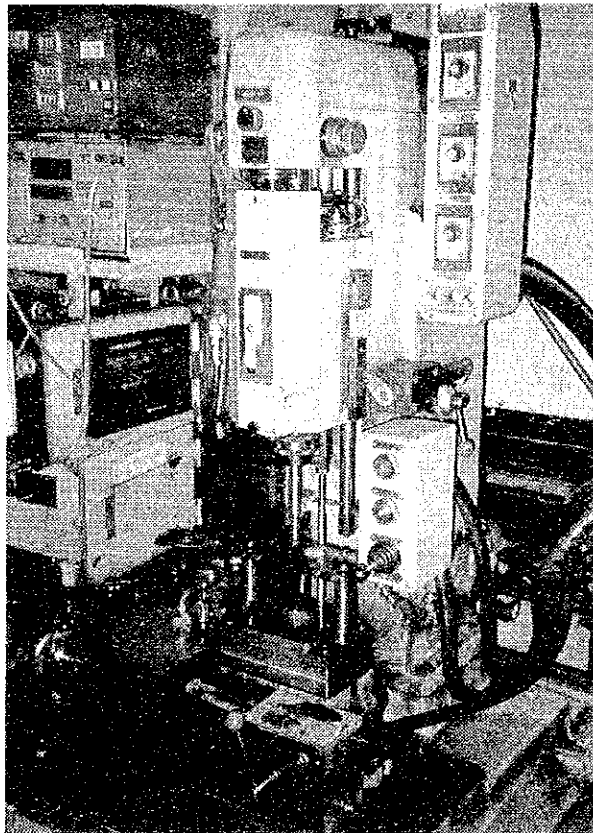
加工機械はNC旋盤（8 ツール刃物台以上）を用い、次の加工工程を行う。

- ① 中心穴を枚刃ドリルで加工
- ② コアードリル加工
- ③ リーマ加工
- ④ ローラバニシング加工
- ⑤ その他、外径加工用荒バイト
- ⑥ 仕上げバイト
- ⑦ 内径加工用バイト
- ⑧ 内径加工用仕上げバイト

刃物台は8 ツール以上が必要

このような切削工具を必要とするため、少なくとも刃物台は8 ツール以上を導入したい。

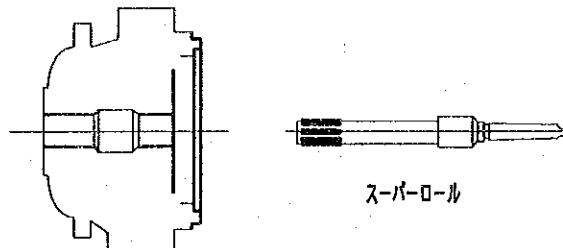
〔図Ⅲ-96〕に小型ホーニング盤による中心穴仕上げ加工例、〔図Ⅲ-97〕に中心穴加工の信頼性向上策を示す。



図Ⅲ-96 小型ホーニング盤による中心穴仕上げ加工例

ベアリングハウジングの中心穴は、ターボチャージャー部品の中でも最も注意して加工することがひつようである。

ここでは、中心穴加工は以下の方法で実施することを提案する。



B/H I工程

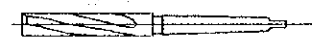
ローラバニシング加工は加工面を加工硬化し、鏡面仕上げを行う ($0.7 \mu\text{m}$ 以下) したがって、耐磨耗性に強くなる。

ベアリングハウジング (B/H) 中心穴はフローティングベアリング (F/B) が挿入されタービンロータ (T/R) が高速で回転する。

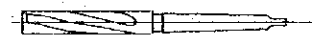
ターボチャージャーの加工部品のなかでも最も重要な加工部位である。

この中心穴の加工工程は

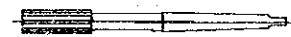
- ① 中心穴を2枚刃ドリルで荒加工する。
鋳物穴に沿って曲がらないように2枚刃ドリルで加工する。
- ② コアードリルで加工
4枚刃コアードリルで穴修正
- ③ リーマ加工
加工公差を H7 公差に仕上げる
- ④ ローラバニシング加工
表面硬化を行い耐磨耗性をねらう。
ローラバニシング加工の効果はC/wの改善案で詳細を述べているので省略する。
- ⑤ ホーニング加工
表面の突起や面粗度を整える



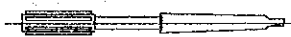
2NT Drill



Core Drill



Ream



Roller Vanishing

Honing

図III-97 ベアリングハウジングの中心穴加工の信頼性向上策

d) エアーマイクロメータの活用

ベアリングハウジングの中心穴は、非常に大切であることを先に記述したが、その計測方法は、小径の内径穴ということもあって計測が難しい。

一般に穴加工には、

- ① テーパー穴・・・ 工具のセンタ位置がずれていたり、送りガイドが平行に無いとき穴はテーパ形状になる。
- ② 曲がり・・・ 鋳物のチル化が有ったり、材質の不均一が有ると材質硬度が違い曲がりやすいドリルは材料の柔らかい方向に曲がっていく。一度曲がってしまった穴はリーマやコアエンドミルで加工しても直らない。
- ③ 楕円・・・ 旋盤のベアリングのクリアランスが大きいと回転していても小さく揺れている。その時、楕円加工が生じる。
- ④ お結び・・・ リーマ加工で8枚刃等の加工刃で有るが、加工中に小さな振動（加工ステック）が起こり、加工径はお結び型になる。これを防止するために、刃物の分割角度を不等角度にしたり工夫したものが有る。

上記の4通りが考えられるが、この不良穴の計測は、一般の内径ダイヤルゲージでは難しい。

加工穴が長穴の場合、上方部、中間部、下方部の3か所を直角方向に計測するために、計6～8回の計測を行うことになる。

これらを迅速に行うために、エアーマイクロメータの採用を勧める。

[図II-98]に、エアーマイクロメータの活用方法を示す。

e) リークテストの実施

ベアリングハウジングは、一般の鋳物（FC25）で製作される。

鋳物であるから、何個かに1個は巣が発生し、一見何とも無い製品に見えるが圧力が掛かると、その巣が剝離し油が洩れだす事故が発生する。

その巣による油洩れを事前に発見するために、各穴を密閉してエア一圧を掛けて小さな鋳物穴を発見することが必要になる。

リークテストは各部の開口部はラバーによって塞ぎ、圧力エア（3～5 kg/cm²）を掛ける。

エアーリークテストは、洩れエアーが有るとエアー圧力の変化を感知してアラームを発生する。

[図Ⅲ-99] に、リークテストの方法を示す。

B/H

エアーマイクロメータの活用

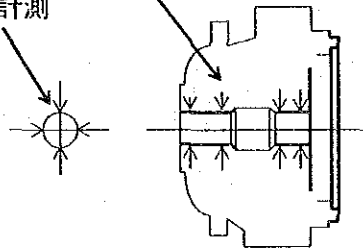
使用機械 中心穴の楕円、テーパ計測

ベアリングハウジングの中心穴は0.004 mmの公差で加工を要求される。

計測箇所

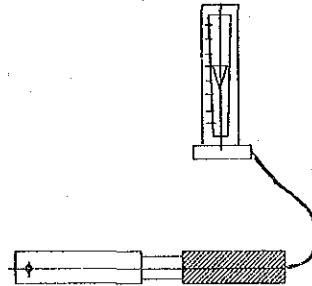
穴位置上下4か所
テーパ、曲がり計測

回転方向90度位置
お結び、楕円計測



B/H 1工程

エアーマイクロメータ表示部

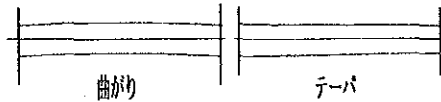


エアーマイクロメータ
最小読み取り単位 0.001mm

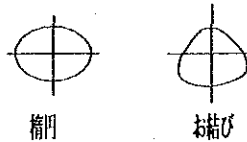
ベアリングハウジングの中心穴は最も重要な加工工程で、加工公差は0.004 mm以下が一般的である。

計測内容も

穴軸の曲がり、テーパ



お結び、楕円形状



等正確に計測する必要がある。

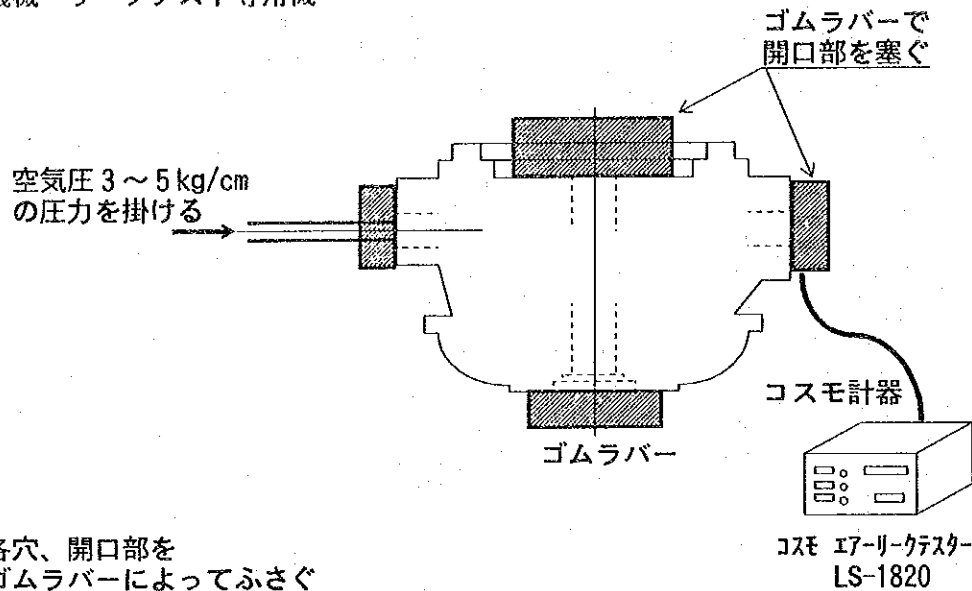
これらを正確に速く計測するには、これまでのマイクロメータ等では人的ミスや何度も計測（数カ所計測するので）するので時間がかかってしまう。

したがって、エアーマイクロメータのように一瞬で計測出来る装置が必要になる。

また、将来はエアーマイクロメータと連動した自動計測装置の導入が必要になることも十分検討しておくことが良い。

図 III-98 ベアリングハウジングの中心穴計測のエアーマイクロメータ活用方法

使用機械 リークテスト専用機



- ・各穴、開口部をゴムラバーによってふさぐ
- ・空気圧 3~5 kg/cm を加圧して、その後のリーク状態を計測して漏れを判断する。圧力計測器はコスモ計器(機LS-1820, LS-1821) をしようする。これらは全て自動的に行われる。

リークテスト専用機

この専用機は三菱重工業(株)相模原製作所で開発した専用機です。

リークテストの必要性

- (1) 鋳物の巣が有ると潤滑油の圧力で洩れだし、排熱によって車両火災が発生する
したがって、この工程は「重要工程」として必ず実施すべきです
- (2) 巣が無くても、油穴や溝加工の加工ミスによって穴深さが大きかった場合
これも、油洩れの原因になる。
したがって、ベアリングハウジングの最終工程のチェックとして実施すると
よい。

リークテストの構造

ベアリングハウジングの各穴をラバーによって全て塞いでしまう
そして、内部に 3 kg/cm の圧力のエアを掛ける。時間 2~3 分間の圧力変化をみて
エア洩れの判断をする。これらの洩れ計測はリーク計測器によって判断し、自動的
に良否が表示される。

図 III-99 ベアリングハウジングのリークテストの方法

5.7.8 ベアリングハウジングの設備の近代化と加工工程案

ベアリングハウジングの加工工程では、第2期計画の生産達成に必要な自動化設備と、製品精度の向上を第一に考えた。

量産化ラインを実現するために、NC旋盤やマシニングセンタの導入を計画する必要がある。

ベアリングハウジングの近代化に必要な金属加工設備を、[表Ⅲ-39]に示す。

表Ⅲ-39 ベアリングハウジングの近代化に必要な加工設備

工程	設備名	必要性・価格
1 2	NC旋盤 (4台)	大径部および小径部の内外径、溝入れ加工の自動化に必要。 約15百万円×4台
4	マシニングセンタ (2台)	各種小穴加工の自動化に多数個同時加工を行う。 約15百万円×2台
5	斜め穴加工専用機	斜め油穴加工に専用機を製作して、加工の容易化、自動化を図る。 約2百万円
8	自製 リークテスト専用機	鋳物不良による油洩れ、火災事故を防ぐため小穴を発見する工程を追加する。 約2百万円

注) 1. 工程番号は、[図Ⅲ-100]ベアリングハウジング加工工程を表す。
2. 上記は、H系列用1ラインに必要な設備を示す。

ベアリングハウジングの近代化の加工工程案を、[図Ⅲ-100]に示す。

また、その時の人員計画を[表Ⅲ-40]に示すが、第2期計画では1ライン9人の編成でH系列、J系列の2ラインが必要になる。

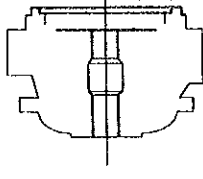
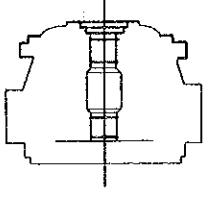
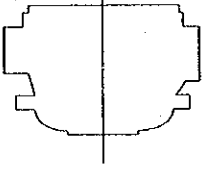
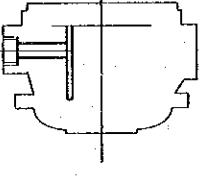
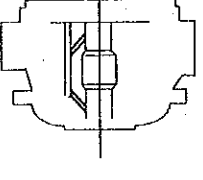
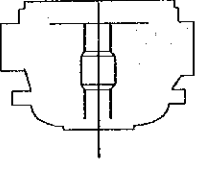
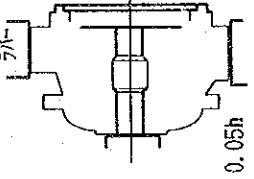
工 順	1	2	3	4	5	6	7
作業内容	大端部インロー内径	小端部内外径溝入れ	油穴端面フライス	油穴明け	斜め穴加工	中心穴ホーニング仕上	手仕上げ
設備名	NC旋盤	NC旋盤	横フライス盤	マシンニングセンタ	斜め穴明け専用機	ホーニング盤	
加工部位							
サイクルタイム	0.10h/18750台	0.10h	0.05h	0.10h	0.05h	0.05h	
加工順序	大端部端面加工 内径ホーニング 荒・仕上	小端部内外径 溝入れ 1 2 3	フライス	ドリル タップ	ドリル	ホーニング	
取付具							
工 順	8	9					
作業内容	リークテスト	洗浄					
設備名	リークテスト専用機	洗浄機					
加工部位							
サイクルタイム	0.05h						
加工順序	17- 圧力2 ~ 3kg/cm ² を 掛け、洩れ圧力を計測 する						
取付具	専用取付具						

図 III - 100 ベアリングハウジング加工工程 (案)

表III-40 ベアリングハウジング加工ラインの人員計画

工程	1	2	3	4	5	6	7	合計時間
機械名	NC旋盤 ×2台	NC旋盤 ×2台	横フライス盤	マシンングセン タ	斜め穴 穴明け専用機	ホーニング盤	作業台	
作業内容	大端部インロー 端面外径加工	小端部内外径 溝入れ加工	油穴取り付け面 フライス加工	油穴加工	斜め穴油穴加工	中心穴 ホーニング仕上	手仕上げ	
サイクルタイム 年生産台数	0.05h ×2台	0.05h ×2台	0.05h	0.05h ×2台	0.05h	┌ └ 0.05h		
作業人員	2人	2人	1人	2人	1人	1人		
工程	8	9	10	11	12	13	14	合計時間
機械名	リークテスタ機	洗浄機						
作業内容	リークテスタ	洗浄						
サイクルタイム 年生産台数	┌ └ 0.05h							ライン能力 2箇 75000台/年
作業人員	1人							10人 (2箇20人)

5.7.9 タービンハウジングの機械加工

タービンハウジングは、エンジンの高温排気ガスが直接当たるため、材質的に重要な部分である。排気温度は、ディーゼル機関の場合 700℃と低いが、ガソリン機関は 950℃にもなり、耐熱材種の選定が必要になる。

機械加工面では、曲面加工が多くNC旋盤加工が主体になる。

タービンハウジングの機械工程では、第2期計画生産のための量産ライン化を進め、品質の向上と信頼性向上のための設備、改善を提案する

以下に、機械加工に於ける改善案について具体例を示す。

a) NC旋盤の採用

現状の加工法は、汎用旋盤で曲面を除く各部の加工を行い、最終工程で曲面部の旋削加工を簡易NC旋盤で行っている。

量産化ラインでは、汎用旋盤では加工工数が掛かり過ぎ、数十人の人手が必要になる。また、製品精度も加工公差を維持する事が難しく信頼性に欠ける。

この工程はNC旋盤で加工することにし、

1工程・・・排気穴側内外径加工 NC旋盤2台

2工程・・・R部、インロ加工 NC旋盤2台

の2工程実施する。

各工程共、加工時間の関係から2台のNC旋盤で平行加工を行い、合計4台のNC旋盤を必要とする。

[図Ⅲ-101]に、タービンハウジングのNC旋盤の使用法を示す。

このNC旋盤は、タービンハウジングの重量を考慮し、チャックへの密着を考えると、横型よりも縦型NC旋盤のほうが信頼性が高い。

また、縦型NC旋盤でも、2頭型旋盤は2台分を1台に圧縮する事ができ、経済性の面から効果が大きい。

b) 多軸穴明け専用機的设计

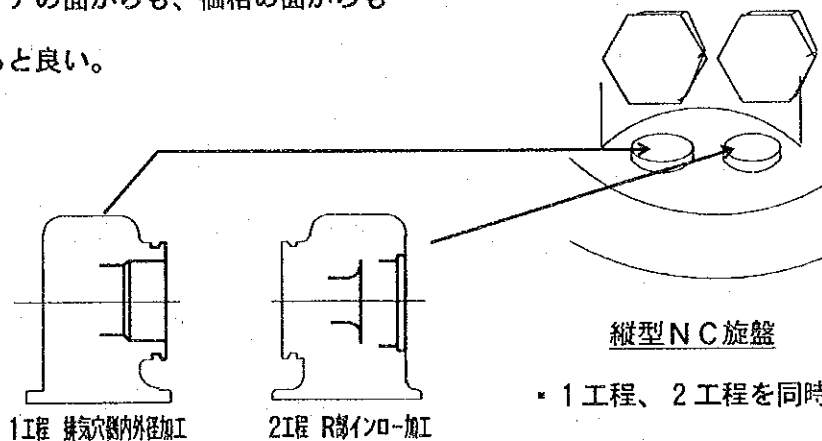
タービンハウジングは、外径形状がつかみにくいため、治具、取付具製作に苦慮する事が多い。

量産ラインの効果として、専用機や専用取付具を作り、ハンドリングや加工時間を極限につめる効果が期待できる。

タービンハウジングでは、次の専用機を自製することを推奨する。

タクトタイム0.05hを確保するためにはNC旋盤2台で作業の並列加工をしなくてはならない。(サイクルタイム 最大0.10h以内)

NC旋盤でも2軸スピンドル方式のものは作業エリアの面からも、価格の面からも採用すると良い。



縦型NC旋盤

- ・ 1工程、2工程を同時に加工
- ・ 4台のNC旋盤を2台にする事が出来る。

タービンハウジングの加工はターボチャージャー部品の中でも比較的複雑でタービンロータ、ベアリングハウジングに次ぐ重要工程と考える。

生産台数150,000台計画ではタクトタイム3分(0.05h)を目標にしなくては行けないので、この工程では

- | | | |
|-----|-----------|--------|
| 1工程 | 排気穴側内外径加工 | NC旋盤2台 |
| 2工程 | R部、インロー加工 | NC旋盤2台 |

の計4台のNC旋盤が必要になる。

このNC旋盤を採用するに横型NC旋盤よりも縦型NC旋盤が作業効率の面から有利と考える。

縦型NC旋盤の効果

- ① チャックにワークを取り付ける時、素形材が大きく重いので縦型のほうが密着し易い。
- ② ワーク形状が短径の為、一般の旋盤のように長さがない縦型NC旋盤でよい。
- ③ 1、2工程が同時に出来る2軸スピンドルが採用できる。

図III-101 タービンハウジング加工でのNC旋盤の使用法

① 排気ポート面穴明け専用機

排気面の加工は、タービンハウジングが丸い外形形状のため、取付具の設計が難しい。専用の取付具（油圧チャック形式）を設計した専用機を考える。

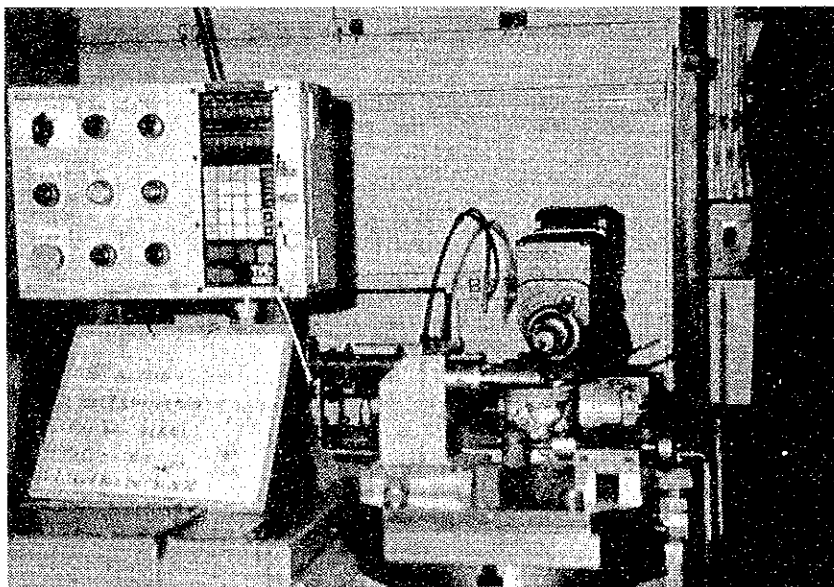
② 排気出口側穴明け専用機

ベアリングハウジング側穴明け専用機で、この専用機は両頭専用機として一体型にしても良いが、6軸～8軸の多軸ユニットを付けて自製専用機化が望ましい。

③ 排気ポート面フライス専用機

一般のフライス盤を改造して、自動切り込み、送り装置をプロコン装置やシーケンサでコントロールする事によって専用機になる。

[図Ⅲ-102]に、多軸穴明け専用機の例を示す。また、[図Ⅲ-103]に、タービンハウジングの多軸穴明け専用機の構想を示す。

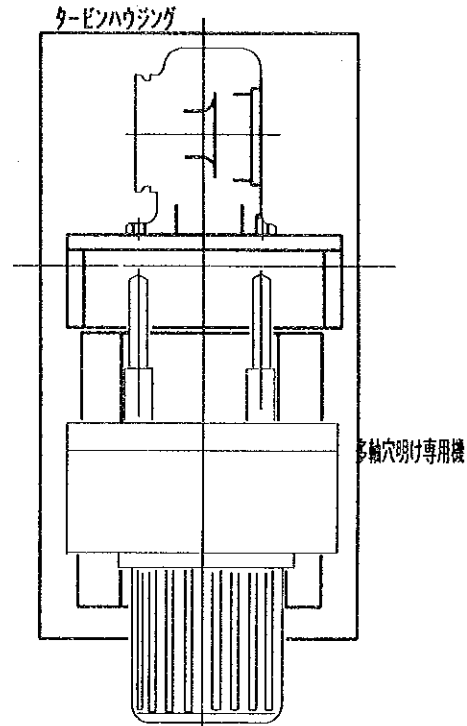


図Ⅲ-102 多軸穴明け専用機の例

使用機械 多軸穴明け専用機

多軸穴明け
タップ専用機の効果

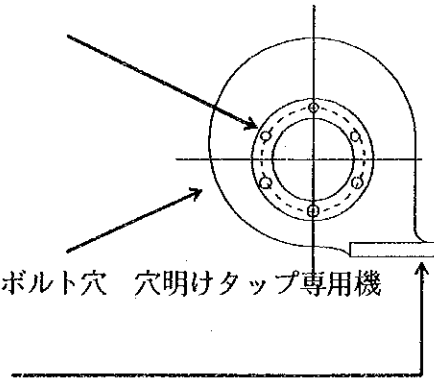
- ① 製品精度が均一化出来る
- ② 機械が小型化できる (1/3以下)
- ③ サイクルタイムの短縮が可能
- ④ 取扱が単純なため
誰でも使える
- ⑤ 比較的安価に製作できる



1期計画では専用ライン指向をこれまで提案してきたが、専用ライン化形式に近づくにしたがって専用機化を検討する必要がある。

タービンハウジングラインでは次の工程が専用機化可能である。

- ① 排気ポート部穴明け加工 4～6軸多軸専用機 上図参照
- ② 排気出口側 穴明けタップ専用機
- ③ ベアリングハウジング側締めつけ用ボルト穴 穴明けタップ専用機
- ④ 排気出口側フライス専用機



専用機化による効果は最初に述べたとうりであるが、その他、設計製作上の技術力が必要になってくる。将来はNC工作機械の専用機的设计もこなして行かなければならぬことから、今から人材の養成を行う事も必要になる。

図Ⅲ-103 タービンハウジングの多軸穴明け専用機の構想

5.7.10 タービンハウジングの設備の近代化と加工工程案

タービンハウジングの加工工程では、第2期計画の生産達成のため、専用機化、自動化を進め製品精度の向上を図る。

専用機化は、比較的小型の設備を、多軸ヘッド等を使って専用機を自製する事を勧める。

タービンハウジングの近代化に必要な金属加工設備を、[表Ⅲ-41]に示す。

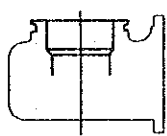
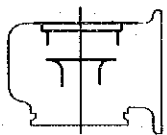
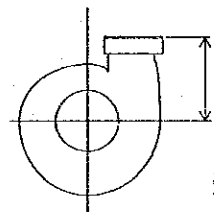
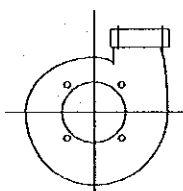
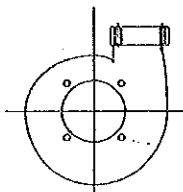
表Ⅲ-41 タービンハウジングの近代化に必要な加工設備

工程	設備名	必要性・価格
1 2	NC旋盤 (4台)	1、2工程の内外径加工は加工精度向上と量産化のためNC旋盤で加工する 約15百万円×4台
3	自製 排気ポート面フライス専用機	シーケンサを使って、汎用フライス盤を自動化して専用機にする 約1百万円
4	自製 排気ポート穴明け専用機	信頼性向上のため、多軸ヘッドを使って小型専用機を設計する。 約2百万円
4	自製 排気出口側穴明け専用機	ライン化設計と1人多機使用を計画するため専用機化する。 約2百万円
4	自製 ベアリングハウジング締め付け用穴明け専用機	同上 約2百万円

- 注) 1. 工程番号は、[図Ⅲ-104]タービンハウジング加工工程を表す。
2. 上記は、H系列用1ラインに必要な設備を示す。

タービンハウジングの近代化の加工工程案を、[図Ⅲ-104]に示す。

また、その時の人員計画を[表Ⅲ-42]に示すが、第2期計画では1ライン7人の編成でH系列、J系列の2ラインが必要になる。

工 順	1 工程	2	3	4	5	6	7
作業内容	排気側内外径	R部、インロー加工	マニホールド取付面	B/H 取付穴加工	B/H マニホールド穴加工	バリ取り、手仕上げ	洗浄
設備名	NC旋盤	NC旋盤	横フライス盤	自製 穴明け専用機	自製 穴明け専用機		洗浄機
加工部位							
サイクルタイム	0.10h/18750台	0.10h	0.05h	0.10h			
加工順序	排気側内外径荒加工 仕上げ	タービン側荒加工 仕上げ	排気端面フライス加工 位置決め取付具	取り付け面穴タップ	取り付け面穴タップ		
取付具							
工 順							
作業内容							
設備名							
加工部位							
加工順序							
取付具							

図III-104 タービンハウジングの加工工程 (案)

表III-42 タービンハウジング加工ラインの人員計画

工程	1	2	3	4	5	6	7	合計時間
機械名	NC旋盤 ×2台	NC旋盤 ×2台	横フライス盤	自製 穴明け専用機	自製 穴明け専用機	手仕上げ 洗浄機		
作業内容	排気穴側 内外径加工	R部 インロー加工	マニホールド 取り付け面 面仕上げ加工	B/H取付け穴 穴明けタッブ 加工	マニホールド穴 穴明けタッブ 加工	手仕上げ 洗浄		
サイクルタイム	0.05h×2台	0.05h×2台	0.05h	┌──────────┐ 0.05h×2台				ライン能力 2値 75000台/年
年生産台数								
作業人員	2人	2人	1人	2人				7人 (2値14人)
工程	8	9	10	11	12	13	14	合計時間
機械名								
作業内容								
サイクルタイム								
年生産台数								
作業人員								

5.7.11 コンプレッサハウジングの機械加工

コンプレッサハウジングは、ラジアル式ターボチャージャの中で最も簡単な加工工程である。しかし、第2期計画では、これまでの10倍の生産をしなくてはならないので、加工法も違ってくる。

機械加工では、曲面加工が多くNC旋盤加工が主体になる。

コンプレッサハウジングの機械加工では、2期計画生産のための量産ライン化を進め、品質の向上と信頼性向上のための設備、改善を提案する以下に機械加工に於ける改善案について具体例を示す。

a) 12本ターレットNC旋盤の活用

現状の加工法では、NC旋盤によって加工がされており、加工内容は最新の加工設備と同レベルで有ると考える。

量産化ラインでは、現状と大きな変わりはないが、各種のコンプレッサハウジングの加工をこなさなくてはならないため、12本ターレットNC旋盤の導入を提案する。

[図Ⅲ-105]に、コンプレッサハウジング加工でのNC旋盤の活用法を示す。

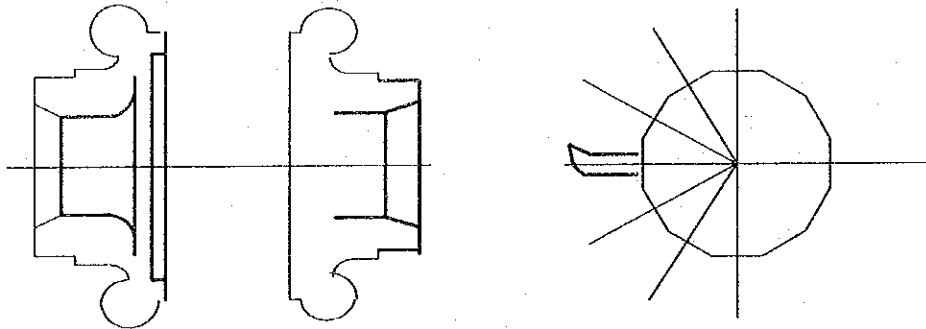
このNC旋盤は、12本のターレットを持ち、内径加工用30度角度を持った中ぐりバイト等を多く使える用に本数を多くしている。

C/H

12本ターレットNC旋盤の活用

使用機械 12本ターレットNC旋盤

NC旋盤では出来るだけ12本ターレットツールを使用する。



ツールタレット12本使用状況

1	荒中ぐり	7	R部加工30度V型荒バイト
2	仕上げ中ぐり	8	R部加工30度V型仕上げバイト
3	端面荒	9	ノーズ半径0.2 内径バイト
4	端面仕上げ	10	予備
5	外径荒	11	予備
6	外径仕上げ	12	予備

NC旋盤はこれから多く使われてくると予想されます。

400,000 台計画の2000年には工作機械の50%がNC工作機械を使用すると予想します。工作機械400 台の半数200 台がNC旋盤、NCフライス盤やマシニングセンターになってしまうことでしょう。

また、4～6年先を見越して、今からその時に合う機械を選定することが必要になります。ここでは、NC旋盤の例で説明しますが、今は4方台（工具が4個のもの）が主流で仕様を計画していますが、先の事を考慮すると8～12刃のものを購入すると将来のライン計画にマッチするものと考えます。

メーカー 山崎マザック株式会社

型番 スーパ クイックターン 10

最大加工径 $\phi 230$ mm 最大加工長さ 306 mm

工具本数 12本

図III-105 コンプレッサハウジング加工でのNC旋盤の活用法

5.7.12 コンプレッサハウジング設備の近代化と加工工程案

コンプレッサハウジングの加工工程では、生産性と自動化を進め、製品精度の向上を図る。

CNC旋盤やマシニングセンタの活用によって、第2期計画の生産台数を達成する計画で、コンプレッサハウジングの近代化に必要な加工設備を、[表Ⅲ-43]に示す。

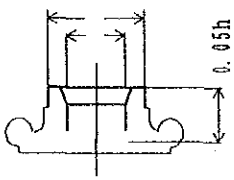
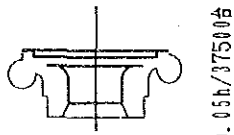
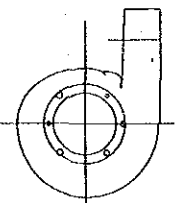
表Ⅲ-43 コンプレッサハウジングの近代化に必要な加工設備

工程	設 備 名	必 要 性 ・ 価 格
1 2	NC旋盤 (2台)	1, 2工程の内外径加工は、加工精度向上と量産化のため採用する 約15百万円×2台
3	マシニングセンタ	同時多数個加工を行い、外周の穴明けタップ加工を実施 約15百万円

- 注) 1. 工程番号は、[図Ⅲ-106]コンプレッサハウジング加工工程を表す。
2. 上記は、H系列用1ラインに必要な設備を示す。

コンプレッサハウジングの近代化の加工工程案を、[図Ⅲ-106]に示す。

また、その時の人員計画を[表Ⅲ-44]に示すが、第2期計画では1ライン4人の編成でH系列、J系列の2ラインが必要になる。

工 順	1 工程	2	3	4	5	6	7
作業内容	E X穴側内外径加工	R部側内外径加工	取付穴、クッ加工	手仕上げ・洗浄			
設備名	NC旋盤	NC旋盤	マシニングセンタ	洗浄機			
加工部位							
サイクタイム		0.05h/3750台					
加工順序	内外径端面加工 20°面取り	インロー部加工 R部内径加工					
取付具		ソフトジョウー	2個加工取付具				
工 順	8	9	10	11	12	13	14
作業内容							
設備名							
加工部位							
加工順序							
取付具							

図III-106 コンプレッサハウジング加工工程 (案)

表III-44 コンプレックスサハウジング加工ラインの人員計画

工程	1	2	3	4	5	6	7	合計時間
機械名	NC旋盤	NC旋盤	メンテナンス	作業台	洗浄機			
作業内容	E X穴側内外径加工	R側内外径加工	取付穴、タップ	手仕上げ	洗浄			
サイクルタイム 年生産台数	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h				ライン能力 2種 75000台/年
作業人員	1人	1人	1人	1人				4人 (2種8人)
工程	8	9	10	11	12	13	14	合計時間
機械名								
作業内容								
サイクルタイム 年生産台数								
作業人員								

5.7.13 フローティングベアリングの機械加工

フローティングベアリングは、極簡単な形状をしているが、加工は非常に難しい。内外径の加工寸法、同芯度、円筒度等非常に厳しい公差が設定されている。また、外周に6か所の $\phi 2.4$ mmの油穴の内側面取り加工は、各企業では嚴重な秘密内容になっている。

フローティングベアリングの機械加工では、第2期計画生産のための量産ライン化と品質の向上、信頼性向上のための設備、改善を提案する以下に、機械加工に於ける改善案について具体例を示す。

a) $\phi 2.4$ mm油穴内径面取り加工の改善

現状の加工法では、卓上ボール盤によっているが、加工された油穴は内外径とも小さなバリが発生している。

この面取り仕上げは、仕上げ工程にまわされ数人の人達で、ササッパきさげで手仕上げ面取りを行っている。手仕上げ工程は、量産になると大きな人工になってしまうため、自動化の改善をする必要がある。

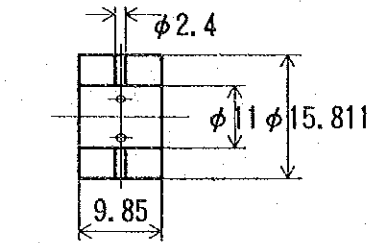
[図Ⅲ-107]に、 $\phi 2.4$ mm油穴内径面取り加工の改善案を示す。

この面取り加工機も、ドリリングユニットを使った6頭の専用機を製作し、自動化することを勧める。

ここに使用する面取り工具は、“ミニチュアブラッシ”と呼ばれているものを使用するが、その例を [図Ⅲ-108]に示す。

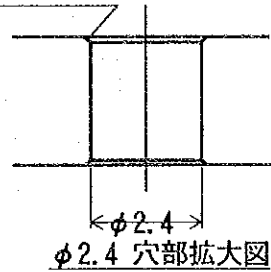
F/B **φ 2.4 油穴 内径面取り加工**

使用機械 面取り専用機



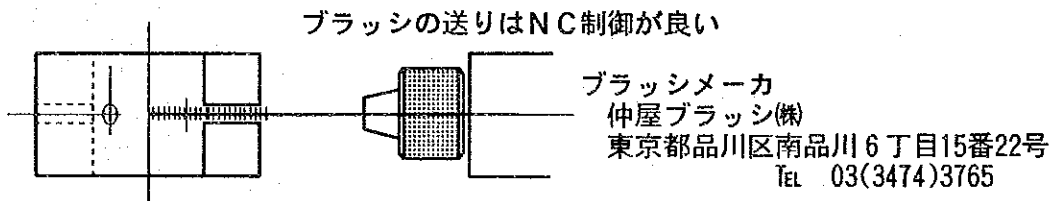
ローテイング B. 外観図

0.2 ~0.4 面取り



φ2.4 穴部拡大図

ミニチュア-ブラシによる内側面取り



ブラシを高速回転させ面取り部分のバリを削り取る

現状のフローテイングベアリング φ 2.4 穴面取り加工は”ササッパきさげ”による仕上げ工程で行っている。内側面取りでも有り加工穴が小さい事もあって非常に大変な作業である。無錫動力機廠からもこれらの改善要求があり、日本での作業方法を紹介する。

ブラシによる内側面取り加工

ブラシを用いた加工法の概要を上図に示す。

ここで使用するブラシは小径加工専用のもので1~6.5 mm径の物まで有る。内側面取り時のブラシの挿入、回転、面取り部引き戻し等の送り制御は自動サイクルで行う方法が良い。

その他の方法

面取りやバリ取りのその他の方法として、次の加工方法が有る。

希硫酸の中に浸ける方法 (全体が酸化してしまう欠点有る)

電解棒を挿入する方法 (銅等の導電性、軟性の金属に向いている)

図 III - 107 フローテイングベアリングの油穴内径面取り加工の改善案

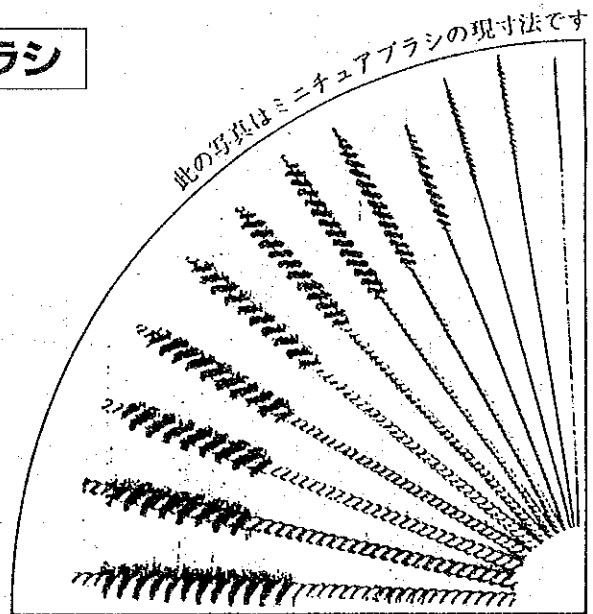
ミニチュアブラシ

Special Industrial Brushes Cross Hole Deburring Series 81-A

81-A シリーズ・ワイヤブラシ

- 工業用極細ワイヤブラシです
 - 交叉穴に生ずるバリ取りに最適です
 - 最小径1%から0.5%間隔で6.5%の径まで12種類とり揃えました
 - フレックス・ホーンでカバーできない6%以下の交叉穴に生ずるバリ取りにご利用下さい
 - ワイヤはステンレスでできています
 - ワイヤブラシですから面粗度を上げる目的には使えません
- 小さなバリ取りにお使い下さい

(フレックス・ホーンは6.5%の径(GB6.5)から914%の径まで各サイズ・各粒度をとり揃えてあります)



ミニチュアブラシ諸式表

品番	寸法	ワイヤ径	シャフト径	ℓ	全長
81-A	1.0%	0.05%	0.4%	15.8%	76%
81-A	1.5	0.05	0.6	15.8	76
81-A	2.0	0.05	0.6	19.0	76
81-A	2.5	0.05	1.0	19.0	76
81-A	3.0	0.05	1.4	25.4	76
81-A	3.5	0.05	1.4	25.4	76
81-A	4.0	0.05	1.4	25.4	76
81-A	4.5	0.076	1.8	25.4	76
81-A	5.0	0.076	1.8	25.4	76
81-A	5.5	0.076	2.8	25.4	76
81-A	6.0	0.076	2.8	25.4	76
81-A	6.5	0.076	2.8	25.4	76

ブラシ・刷毛・製造卸並設計製作
 仲屋ブラシ工業株式会社
 東京都品川区南品川6丁目15番22号
 電話(3474)(代表)3765・3771番

図III-108 面取り工具“ミニチュアブラシ”の例

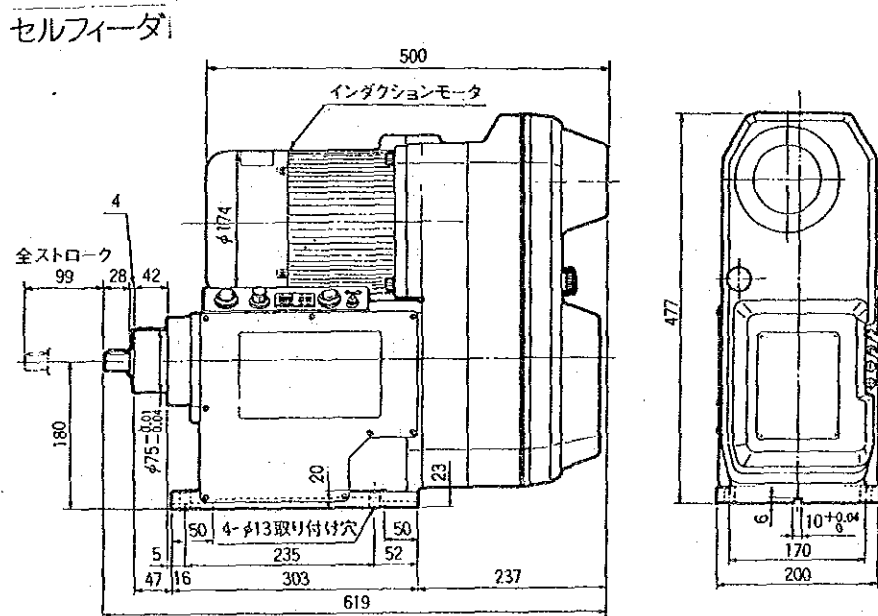
b) 自製 6軸穴明け専用機的设计

現状の油穴加工は、卓上ボール盤によって、一か所ずつ外周6か所を人手によって加工している。

改善案は、先に説明したセルフイーダを使って、外周6か所の油穴加工を同時に行う専用機である。

[図Ⅲ-109]にセルフイーダの外観図、[図Ⅲ-110]に6軸穴明け専用機の構想を示す。

この専用機の考え方は、内径面取り加工の専用機製作と全く同じである。



図Ⅲ-109 セルフィーダの外観図

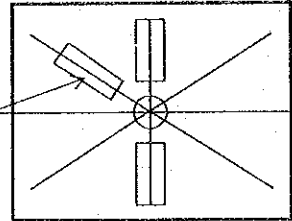
F/B

自製 6軸穴明け専用機的设计

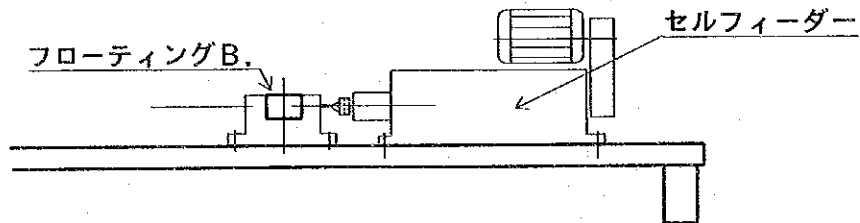
使用機械 自製 6軸穴明け専用機

専用機外観図

外周に穴明けユニット
セルフフィーダーを
6台配置したもの



外周6軸穴明け専用機



フローティングB. は一台当たり2個を必要とするため、第2期計画15万台生産では30万個/年の生産となる。 (25,000個/月生産)

上記の機械を設計製作しても1個当たり3分で生産するためには3台の専用機が必要になる。

$$\frac{8 \text{ h} \times 2 \text{ 直} \times 25 \text{ 日}}{\text{加工時間 } 0.05 \text{ h}} = 8,000 \text{ 個/月}$$

25,000加工には3台の専用機を必要とする

6軸穴明け専用機の概要

6軸穴明け専用機は、簡単なドリルユニットを6台外周にセットしたものです。中央の穴にベアリングをセットし、スタートボタンを押すと6軸ユニットが同時に加工を行い、1～2分で穴明け加工が終了するものです。同様にフローティングB. の内径面取りブラッシ加工もこれと同様な専用機の製作が必要と考える。

ドリルユニットは スギノセルフフィーダを使用

図III-110 フローティングベアリングの6軸穴明け専用機の構想

5.7.14 フローティングベアリングの設備の近代化と加工工程案

フローティングベアリングの加工工程では、ターボチャージャ1台に2個使用するため加工個数は非常に多い。

近代化の考え方は、生産性と製品精度の向上を図る様、自動化した加工設備を提案する。

[表Ⅲ-45] に、近代化に必要な金属加工設備を示す。

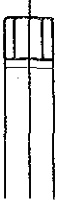

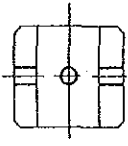
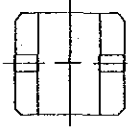
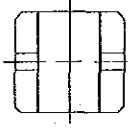
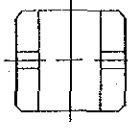
表Ⅲ-45 フローティングベアリングの近代化に必要な加工設備

工程	機 械 名	必 要 性 ・ 価 格
1	自動旋盤	小物部品加工用バー材専用自動旋盤自動的に連続加工する 約20百万円
3	自製 6軸油穴加工専用機	2期計画では25,000台/月生産するため自動化を行う 約4百万円
4	自製 6軸油穴面取り専用機	現状の手作業から、自動化を進めるため専用機化する 約4百万円

- 注) 1. 工程番号は、[図Ⅲ-111]フローティングベアリング加工工程を表す。
2. 上記は、H系列用1ラインに必要な設備を示す。

フローティングベアリング近代化の加工工程案を、[図Ⅲ-111]に示す。

また、その時の人員計画を[表Ⅲ-46]に示すが、第2期計画では1ライン3人の編成でH系列、J系列の2ラインが必要になる。

工 順	1 工程	2	3	4	5	6	7
作業内容	内外径荒加工	端面取り加工	油穴6か所穴明け	油穴内外面部取り	内径ホーニング仕上げ	外径研削	
設備名	自動旋盤	NC旋盤	自製・専用機	自製・面取り専用機	ホーニング盤	外径研削盤	
加工部位							
サイクルタイム	0.05h	0.03h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h	
加工順序	コレットチャック使用 バー材使用	コレットチャック使用		ミニターフラスコ使用		自動外径計測 油圧マシンの使用	
取付具	コレットチャック使用	コレットチャック使用					
工 順	8 工程	9	10	11	12	13	14
作業内容							
設備名							
加工部位							
加工順序							

図III-111 フローティングベアリング加工工程 (案)

表III-46 フローティングベアリング加工ラインの人員計画

工程	1	2	3	4	5	6	7	合計時間
機械名	自動旋盤	NC旋盤	自製油穴加工専用機	自製油穴取り専用機	ホーニング盤	外径研削盤		
作業内容	内外径荒加工	端面面取り	油穴6か所加工	油穴内外径面取り	ホーニング仕上	外径研削仕上		
サイクルタイム	0.05h	0.03h	0.05h	0.05h	0.05h	0.05h		サイクルタイム 2値 75000台/年
年生産台数								
作業人員	1人	1人	1人	1人	1人			3人 (2値 6人)
工程	8	9	10	11	12	13	14	合計時間
機械名								
作業内容								
サイクルタイム								
作業人員								

5.7.15 軸流式ターボチャージャの機械加工

1) 基本的な考え方

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に置いた、生産工程を考える。

2) 軸流式ターボチャージャの生産工程

軸流式ターボチャージャは、計画年間生産台数 600台 (50台/月) とすると、各部品の月間工数を [表Ⅲ-47] に示す。

表Ⅲ-47 軸流式ターボチャージャ部品の月間加工工数

部 品 名	1 台工数	×50台/月 月間総工数
コンプレッサカバー	5.63h	281.5 h/月
タービンデスクユニット	75.4 h	3770.0 h
インテューサ	5.18h	259.0 h
タービンハウジング	4.92h	246.0 h
ベアリング ケース	11.17h	558.5 h
全部品工数	245.17h	12,258.5 h/月

[表Ⅲ-47] に示したたように、1台当たりの工数は12,258.5時間である。

この時間は、人工に直すと76人工にもなる。

部品の中で、最大の工数となるのはタービンデスクユニットで、3,770 時間 (24人工) にもなってしまう。

したがって、改善はタービンデスクユニットの工数改善および他の部品加工の製品精度の向上を目的に改善を進める。

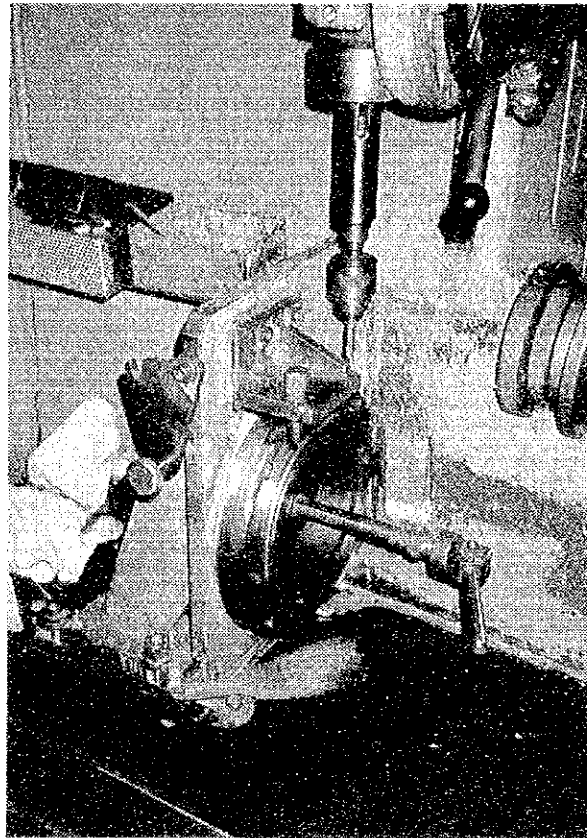
3) 機械工程の改善

a) ラジアルボール盤の穴明け回転治具の改善

ベアリングハウジングの穴明け加工では、加工物が丸いため加工面を水平にするのに、水準器を使っている。

水平基準であると多少の誤差が生じて、加工上の信頼性に欠ける事になる。このような加工物では、専用の回転治具で位置決めする事によって、位置決め効率化と精度向上が期待できる。

[図Ⅲ-112]に、回転治具を用いた加工例を示す。



図Ⅲ-112 回転治具を用いた加工例

b) 低溶融合金鑄込みの安全衛生

ブレードを固定するための低溶融合金鑄込み作業は、鉛化合物を使用している。鉛化合物は、低温度で溶解し空気中に鉛ヒューム（ $10\mu\text{m}$ 以下の鉛蒸気の粒）が浮遊する。

これを永い間吸引すると骨に蓄積し、軽い場合は、便秘等の胃腸障害や軽い

末梢神経障害を起こし、10年以上の作業従事した場合、造血器障害、中枢神経性急性刺激症状が起こる。

国の衛生基準があると思うが、事前に障害を見つけ出すために定期的な健康診断が定められている。鉛化合物の場合、6ヵ月毎の健康診断を必要とする。

この障害対策として、次の事が考えられる。

① 手洗いの励行

手に付いた鉛化合物が口から入る事が有るため、飲食をする場合、必ず手を洗う事が義務づけられている。

② 作業場所の隔離

鉛化合物を扱う作業場所は、他の作業場所から隔離する。

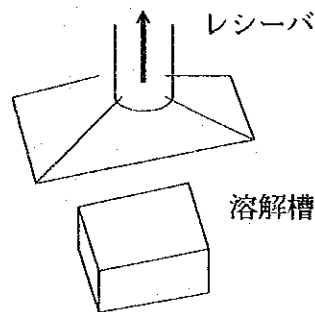
③ マスクの着用

10 μ m以下の鉛蒸気の粒を除去出来るマスクの着用が必要である。

④ 局所排気装置の設置

鉛蒸気を外部に排気し、希釈する局所排気装置を設置する。

排気装置は、蒸気を外部に拡散しないようにし、溶解槽の直接上に配置する。



レシーバ式キャノピ型局所排気装置

c) タービンプレードの研削工程の粉塵対策

同様な加工内容として、タービンプレードの研削工程がある。

現在では、4名がマスクもせずに乾式研削作業を行っているが、鉍物性粉塵による珪肺の心配がある。

珪肺は0.1～0.01mm位の鉍物性粉塵を長期間（10年～30年）吸いつづけると、肺の細胞（ほう肺）に鉍物性粉塵が入り込み、肺機能が低下する職業病で有る。珪肺は若いうちは症状が現れにくく、50才以上になると痰や咳とともにぜんそくの症状が現れる。

低溶融合金鋳込みの職場と同様に、マスクの着用、局所排気装置の設置等の対策が是非必要である。

d) 中ぐり加工および大型旋盤の精度向上

中ぐり盤および大型旋盤加工では、ハウジング類の位置決め精度の高い加工を行っている。

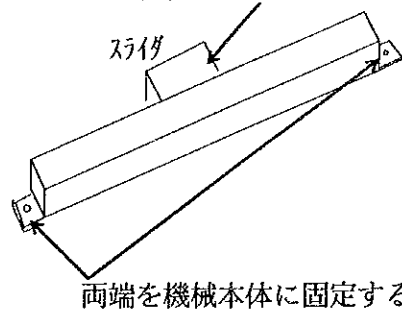
中ぐり盤では、各穴中心穴距離の精度がH7（公差±0.02程度）の要求があり、現在は機械目盛りで位置決めを行っている。作業者の加工の技術力と機械本体の癖を見越した加工を行っているが、公差外れもある。

旋盤加工は、比較的大きな加工径（φ300～φ500mm）を旋削加工しているが、汎用旋盤のため、位置決め方法は機械に付いている送り目盛りだけで行っている。したがって、何度かの計測を行いながら、切り込みを少しずつ送り込んで加工寸法に仕上げている。

これらの、精度向上と加工法の改善として、現在位置標示装置（DRO：DIGITAL READ OUT）を重要機械に付けることを勧める。DROは最小読み取り単位が0.001mmと精度が良く、作業者の負担が軽減される。

無錫動力機工場にも、この現在位置標示装置が1台あり、現在

テーブルや刃物台に固定し、移動する。



現在位置標示装置

金型加工職場の倣いフライス盤にBOSHRON 社製のものが付いている。

e) タービンブレード加工

タービンブレードは月間 1,950枚の加工を行う、最も工数の掛かる工程である。現状の加工法では、1組39枚の加工を75.4時間を要し、50台分では、3,770時間（23人工）を必要としている。

ブレードの加工精度向上および作業時間の効率化を行う方法として、

- ① 熱間鍛造の精度向上
- ② 精密鋳造による精度向上

が考えられる。

熱間鍛造の場合は、現状の金型および加工機械の更新である程度の精度向上が望める。さらに、静圧プレスで羽根形状を成形する事によって、グラインダによる研削加工を省略でき、磨き工程だけで済む。

改善の詳細は、鍛造工程で詳しく述べることにし、ここでは、その他の機械加工の近代化について説明する。

[図Ⅲ-113]に、ブレード加工の改善案を示す。

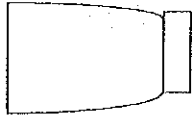
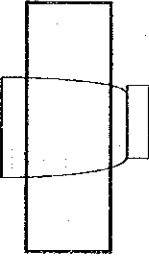
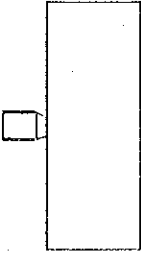
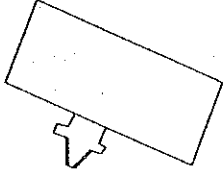
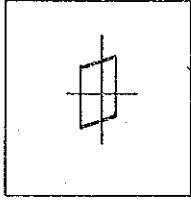
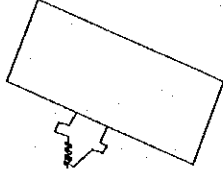
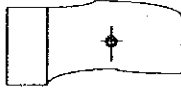

工 順	1 工程	2 工程	3 工程	4 工程	5 工程	6 工程
作業内容	精鑄	低溶融合金鑄型込め	羽根底両面加工	26.26 両側面加工	菱型両側面加工	クリスマスツリ加工
設備名	精鑄		フライス盤	フライス盤	フライス盤	フライス盤
加工部						
サイクルタイム		5分	7分	7分	7分	7分
工 順	7 工程	8 工程	9 工程	10 工程	11 工程	
作業内容	研削、ポリッシュ加工	穴明け、面取り加工	各部面取り加工	羽根部面取り加工	蛍光探傷検査	
設備名	グラインダ	卓上ボール盤		ポリッシュ機	蛍光探傷	
加工部位	羽根曲面					
サイクルタイム	14分	2.5分	12分	13分		合計 74.5分 39枚分 48.425時間

図 III-113 軸流式 タービンブレード加工工程改善案

5.8 組立・試運転工程

5.8.1 基本的考え方

組立工程は生産台数の違いから、ラジアル式H1Cターボチャージャの工程と、軸流式ターボチャージャの工程は、全く異なる。

[表Ⅲ-48] に、第2期計画の組立・試運転の年間標準工数を示す。

表Ⅲ-48 第2期計画の生産台数と組立工数

形 式	1996年生産台数	×標準工数=
H1C・その他	150,000 [台/年]	× 5.7[H] = 855,000 [H/年]
261P	600	×21.8[H] = 13,080
合 計	150,600	868,080 [H/年]

ラジアル式ターボの工数は年間 855,000 [H/年]、440 人の工数になる。

軸流式ターボは年間13,080 [H/年]、6.7 人の工数になる。

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、現状の工程のまま実施すると、440 人が必要になってしまう。したがって、組立工程の専用ラインを考え、自動化、専用機化の改善を図り、工数の縮減を行う。

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。

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、組立工程の生産性向上と品質向上に重点に置いた、生産工程の改善を考える。