

と機械加工工場の間を行ったり来たりして物流を複雑にし、いたずらに仕掛在庫を増やしている。

(6) 鋳仕上工程

注湯の終わった鋳造品は鋳型中で徐冷し、所定の温度に下がった時点で解砕し、シェークアウトマシン(SHAKE OUT MACHINE)等で砂落としを行う。焼鈍の必要なものは焼鈍を行い、その後ショットブラスト(SHOT BLAST)装置で鋳物表面の清掃を行って鋳ばり取りを行う。

当工場の研削盤ベッドやコラムのように、粘土砂乾燥鋳型や中子を使用し鋳造するものは、シェークアウトだけでは砂落としが不十分であり、高圧水を噴射するハイドロブラスト(HYDRO-BLAST)で砂落としを行い、鋳物表面を清掃している。その他に、ターンテーブル(TURN TABLE)の上に被清掃鋳物製品を乗せて、それを回しながら鋳鉄ショットを投射あるいは噴射して清掃するショットブラストマシン 1台や、回転するドラムの中に小物の鋳物を入れてその表面を清掃するタンブラスト(TUMBLAST) 2台が稼働している。

鋳ばり取りは、ニューマチックチップパー (PNEUMATIC CHIPPER)や、ニューマチックハンドグラインダー (PNEUMATIC HAND GRINDER)等で行なっている。

3.3.2 鋳造工程の問題点

無錫工作機械工場で鋳造に使われる鋳型の主流は、まだ粘土砂乾燥型で、一部にフラン樹脂鋳型が使われている。近い将来、全面的により生産性の高いフラン樹脂鋳型に切り替えられる予定である。その場合、下記のとおり粘土砂乾燥型ではあまり問題にならなかったことも問題となってくる。

(1) 模型製作、使用、取り扱い上の問題点

フラン樹脂鋳型は粘土砂乾燥鋳型に較べて模型の転写性がよいので、運搬時等に模型に疵をつけるとその疵がそのまま鋳型に転写される。フラン樹脂鋳型では粘土砂鋳型のように鋳型の疵を篋や鋺等で修正することができないので、模型にできた疵がそのまま鋳造製品に転写され外観上問題となる。また、湯口、堰等の湯道系は、粘土砂乾燥型のように後で篋や鋺を使って手堀でつくることができないので、予め模型にて成型しなければならない。

一般には木型は白木のままだがよい。塗装する場合はウレタン(URETHANE)系またはカシュー(CASHEUR)系の塗料を使用する。ラッカー系塗料はしみつき(STICKER)の原因となる。

木型の保管については、現在は木型倉庫に積み上げられているが、これでは木型に疵がつきやすい。できればラック式の立体倉庫に保管し、収納・取り出しにはスタッカークレ

ーン(STACKER CRANE)あるいはフォークリフト等を使うことが望ましい。

(2) 砂処理・造型工程上の問題点

1) 砂の回収

1991年に導入されたフラン樹脂鑄型造型装置がフル稼動をしておらず、従来の粘土砂鑄型と混用されている。そのため、使用砂の回収再生とリサイクルができないでいる。一般に、フラン樹脂鑄型に使われた砂は、そのほとんど全量が回収再生され、繰り返し使用される。したがって新砂の補給は、微粉となって使用できない数パーセント分だけで済む。

2) フラン樹脂鑄型への切り替え

フラン樹脂鑄型造型装置の2台の連続ミキサーの能力から見れば、その設定能力の5,000トン/年以上の鑄物を生産できるはずである。フルにその能力を発揮できない最大の理由は、この造型ラインがここの主流鑄物部品である研削盤ベッドの鑄型製作に焦点を当てて設計されていないことによる。

全面的にフラン樹脂鑄型に切り替えるためには、鑄造工場内部のレイアウトを変更する必要がある。鑄型造型プロセスの変更に伴い鑄造方案が変わり、従来の鑄枠だけでは対応ができなくなり新しく整備する必要もでてくる。粘土砂鑄型からフラン樹脂鑄型へ切り替えることによる鑄造方案の変更もでてくる。そのために模型の修正、新作も必要になる。これらに要する諸費用も無視できない。切り替えに当たっては、これらのことを考慮して試作工程を経てその結果を見ながら進める必要がある。

3) 原料砂の粒度分布

現在フラン樹脂鑄型に使われている原料砂は、粒度分布が中国JB標準篩の45メッシュ、55メッシュ、75メッシュの3ピーク型である。研削盤のベッドをフラン樹脂鑄型で鑄造する場合、この粒度分布では砂が細かすぎて、ブローホール(BLOW HOLE)等の鑄造欠陥を発生しやすくなる。もう1ランク粗目のJB標準篩で28メッシュ、45メッシュ、55メッシュの3ピーク型くらいに変えた方がよい。

鑄鉄鑄物鑄造用のフラン樹脂鑄型に使用される原料砂に要求される性質は次の通りである。

1. 粒度分布

微粉 (150 mesh以下) が少ないこと。

単一粒度より3 peak分布配合がよい。

2. 粒形

粒形は丸く、表面は平滑であること。

3. 不純物

粘土分は0.2%以下であること。

PH<7.0

水分<0.2%

砂の化学成分の中でFeO、Fe₃O₄、CaO、MgO等のフラン樹脂砂鑄型の硬化阻害要素を低く押さえること。

4. その他

砂粒が破碎し難いこと。

4) 再生回収砂の品質管理

近い将来全面的にフラン樹脂鑄型に切り替えられると、回収再生砂のリサイクルが行われるが、その場合再生砂の管理が重要になる。

再生砂の管理項目及び管理値は次の通りである。

1. 強熱減量(Loss of Ignition), LOI

フラン樹脂のような有機系粘結剤を使う鑄型砂の再生にあたっては、鑄物のガス欠陥を防止するためLOI値を低く押さえる必要がある。

LOI管理値 \leq 2.5%

2. 微粉量

微粉量は再生砂の強熱減量の増加、鑄型強度の低下に影響するので低く押さえる必要がある。

150 mesh以下の微粉含有量管理値 \leq 3.0%

3. PH値

PH値が高すぎると酸硬化剤の適正添加量の決定が難しくなる。

PH管理値<7.0

一般には 3～ 6程度である。

4. 酸消費量

フラン樹脂砂では酸消費量はマイナス値をとる。塩基性の塗型を使用すると酸使用量が高くなることがある。

酸消費量管理値 \leq 1cc/50g

5. 回収砂の使用前温度は適温に保つこと。

砂温管理値：10～30℃

6. 水分管理値 $<$ 0.2%

7. 窒素量はピンホール(PIN HOLE)等のガス欠陥発生に結びつきやすいので、出来るだけ低く押さえること。

N₂管理値 $<$ 0.1%

5) 鋳物外観の改善

鋳放し状態の鋳物製品の外観の見栄えがよいということは、

1. 形くずれ、偏肉がなく寸法・形状の精度が高い。
2. 鋳物の表面に、すくわれ(SCAB)、目さし(PENETRATION)、焼きつき(SAND BURNING)等の鋳造欠陥がない。
3. 鋳ばり(FIN)の厚みが薄い(できればない方がよい)
4. 鋳肌が付着した砂はショットブラスト(SHOT BLASTING)だけで完全に落ち、たがね(CHIPPER)やハンドグラインダー(HAND GRINDER)で落とす必要がない。
5. 鋳肌の厚さが均一でかつ適度である。

等の条件を満たしているということである。

このような外観の美しい鋳物をつくるのに特別な方策はなく、鋳物づくりの基本を忠実に守ること、すなわち現場におけるTQCを徹底する以外に良い方法はない。

1.、3.項の対策としてはよく整備された模型、中子取り(CORE BOX)、鋳枠(できれば専用鋳枠)を使うことが必要である。

2.項の対策としてはフラン樹脂砂を鋳枠に充填する際、つき固め(RAMMING)を充分に行い、鋳型の密度に疎密の差がでないよう注意しなければならない。

4.、5.項対策としては適正な塗型を行うことである。塗型の選定については次項に述べる。

6) 塗型の選定

フラン樹脂砂鑄型の塗型には、大別してアルコール系溶剤を使う場合と、水溶性塗型を使う二通りがある。

塗型材料の製法は各塗型剤メーカーがそれぞれ独自のノウハウを持っており、使用者側には不明である。したがって、使用者側は各製造メーカーの製品の中から自工場に適した商品を選んで使用しているのが現状である。

以下、骨材、粘結剤、溶材の種類について一般的な事項を述べる。

(a) 骨材

フラン樹脂砂鑄型の塗型の骨材として最も広く用いられているのはジルコンフラワー (ZIRCON FLOUR) で、その他にマグネシア (MAGNESIA) (白色塗型系)、シリカフラワー (SILICA FLOUR)、クロマイトフラワー (CHROMITE FLOUR)、黒鉛、コークス粉末等が使用されている。ただし、SILICA FLOURは天然の硅砂や硅岩を粉砕したものは膨張が大きいので、最近では溶融石英を粉砕したものが使われている。

(b) 粘結剤

塗型の粘結剤には無機系と有機系のものがある。無機質には耐火粘土、硅酸ソーダ、シリカゲル (SILICA GEL) 等が、有機質には石炭酸樹脂、糖蜜、デキストリン (DEXTRIN) 等がある。石炭酸樹脂は溶剤によく溶けるので、速乾性塗型の粘結剤に、糖蜜及びデキストリンは主に水溶性塗型の粘結剤に用いられる。

(c) 溶剤

塗型は使用する溶剤により水を溶媒とする水溶性塗型とアルコール系の揮発性溶媒を使用する速乾性塗型に分けられる。

揮発性溶剤としてはメタノール (METHANOL) とイソプロピルアルコール (ISOPROPYL ALCOHOL) (I.P.A.) があげられるが、メタノールは鑄型中に浸透しやすく、刷毛伸び性がやや劣る。

I.P.A. は鑄型中への浸透性は少なく、刷毛伸び性、懸濁性もよい。日本では水溶性塗型も使われているが一長一短で使用者側の使い勝手で使いわけている。

(3) 溶解・注湯工程上の問題点

1) キュボラの改良

HT200あるいはHT150主体の低級鋳鉄を溶解している限り、現在の溶解方式で大きな問題はない。しかし、将来中国においても工作機械鋳物が先進工業国のように高級化し、HT300以上が要求されるようになると、現在の溶解システムで安定した高級材質用溶湯を得ることは難しくなる。

現在使用しているキュボラは、送風予熱温度が200℃程度と低い。この程度の温度では冷風操業に較べて大きな効果は期待できない。HT300以上の高級材質の溶湯を得るために、キュボラ装入材料に多量の鋼屑を配合するが、高温の熱風操業では吸炭量が増加し溶解速度も増加する。また、出湯温度も上昇する。キュボラ廃ガス中に含まれるCOガスを再燃焼して送風を250℃前後に予熱する熱風キュボラの設置が望ましい。

送風の風量、温度は自動制御可能なものがよい。また、キュボラへ投入する原材料の貯蔵、切り出し、秤量等をワンマンコントロール(ONE MAN CONTROL)する半自動材料供給装置を付設すれば正確な材料配合が可能になる。

2) 溶湯の分析

溶湯の材質が、HT150、HT200あるいはHT300、HT350のいずれかを判断するのに、現在は楔型チルテストを行い注湯している。正確な結果判定は、製品と同時に鋳込まれた試験片をラボラトリー(LABORATORY)に運び、数日後に化学成分分析結果と機械強度試験結果が判明する。

これでは、溶湯の化学成分を注湯前に把握し、必要ならばその化学成分を調整して所定の鋳造品をつくることはできない。キュボラより出湯された溶湯を迅速に分析し、注湯前に化学成分を調整できるようにしなければならない。8.5計画で導入を予定している発光分光分析装置を利用するか、もっと簡便なCEメーターを設置すればよい。

3) かけ堰(POURING BOX)の改良

工作機械のベッドのような大型鋳物を鋳造する際、取り鍋より鋳型への注湯を容易にするため、湯口の上にかけ堰を置く。ここでは、現在小型の摺り鉢状のかけ堰を使用しているが、このかけ堰では溜め湯ができないので、溶湯を切れ目無く速く静かに鋳型に注入することは難しい。特に現在の注湯作業は、夜間暗い照明の中で行われているので、非常に熟練を要する。

単重2トンの研削盤のベッドで、日本の事例の約2倍の鋳込時間を要している。日本では

一般的にはかけ堰の容量は、注湯量の30%の溜め湯ができる大きさを目安としている。

かけ堰の平面形状には円形、長方形、楕円形等があるが、ここでは日本の大型鋳物工場
で一般的に使用されている長方形のかけ堰の概念図及び湯口径の大きさその他の寸法の
関係を図3.3.1に示す。図に示すHは注湯時の湯溜の深さを示すが、湯口近辺における渦
流発生を防ぐためにH/dは3以上に保つ必要がある。

(4) 焼鈍工程の問題点

焼鈍工程には大きく分けて2つの問題点がある。

まず、炉の構造、焼鈍方式より見て炉内の温度分布を均一に保ち、所定の温度曲線に合
わせて昇温、降温の速度を正確に制御することは難しいようである。

環境問題もあり、日本では炉の加熱方式としては都市ガス（液化天然ガス）燃焼方式か
電熱のいずれかが多用されている。また、プログラム・コントロールの採用により操炉管
理が自動化され容易である。

ここ無錫地区は、まだ電力事情がよくないので電熱による加熱方式の採用は難しい。し
かし都市ガス（コークス炉ガス）の利用は可能であるので、ガスバーナー燃焼方式の焼鈍
炉を設置し、その温度制御はプログラム・コントロール方式の自動制御を採用するのがよ
い。

次に、鋳物を焼鈍する時期が問題である。日本では、機械加工前すなわち注湯後鋳造品
を鋳型中で自然に冷却し、所定の温度以下に下がったところで鋳型より取り出し、砂落と
しをした後で焼鈍炉に入れている。そして、所定の熱処理カーブに基づき温度を自動制御
して焼鈍を行なっている。この方法で鋳造応力の70~80%を除去でき、その後経時変形は起
こらないことが実証されている。

これに対して、当工場では、鋳造工場より鋳仕上を済ませた鋳造品を機械工場に運び、
荒仕上を行い、再び鋳造工場に運び焼鈍をしている。高精度を要求される鋳物部品は、最
終仕上工程前にもう一度鋳造工場に運び2回目の焼鈍を行なっている。これは、機械加工時
に発生する残留応力を除去するためとのことである。しかし、この残留応力は加工表面の
性質には影響を及ぼすかも知れないが、工作機械の寸法精度に大きな影響を及ぼす鋳物の
経時変形には影響を及ぼさないし、研削等の最終仕上工程でその大部分は除去できる。む
しろ、この機械加工後焼鈍を行う方法を採ることにより、鋳造品が鋳造工場と機械工場を
何回も往復することになり、生産工程を複雑かつ長くしている方が問題である。このため、
マテリアルハンドリング(MATERIAL HANDLING)の手間も増大し、鋳造品の仕掛り在庫量も増
大しコストアップ(COST UP)の原因となる。

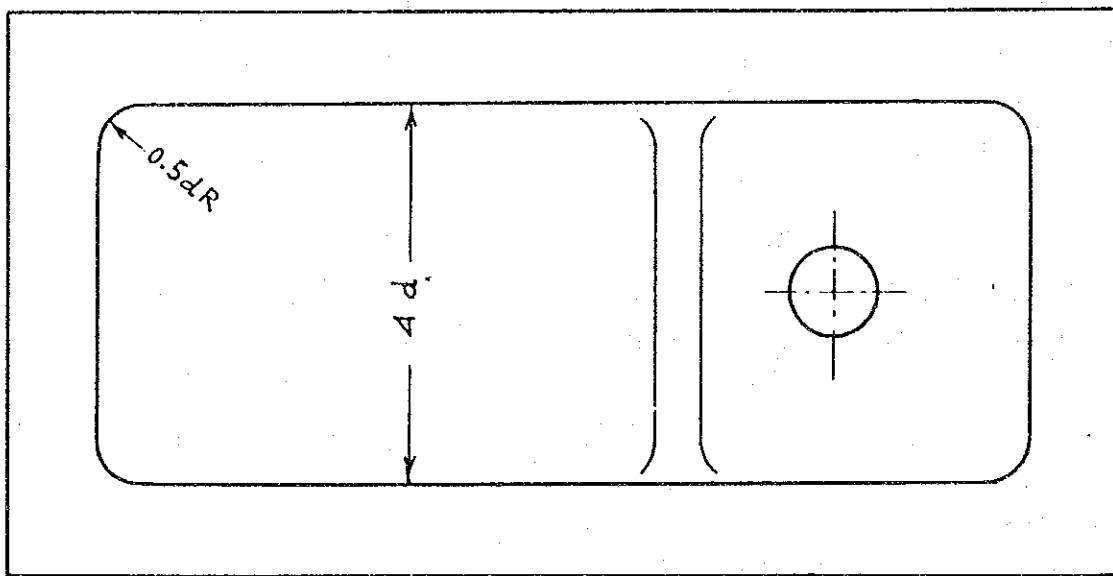
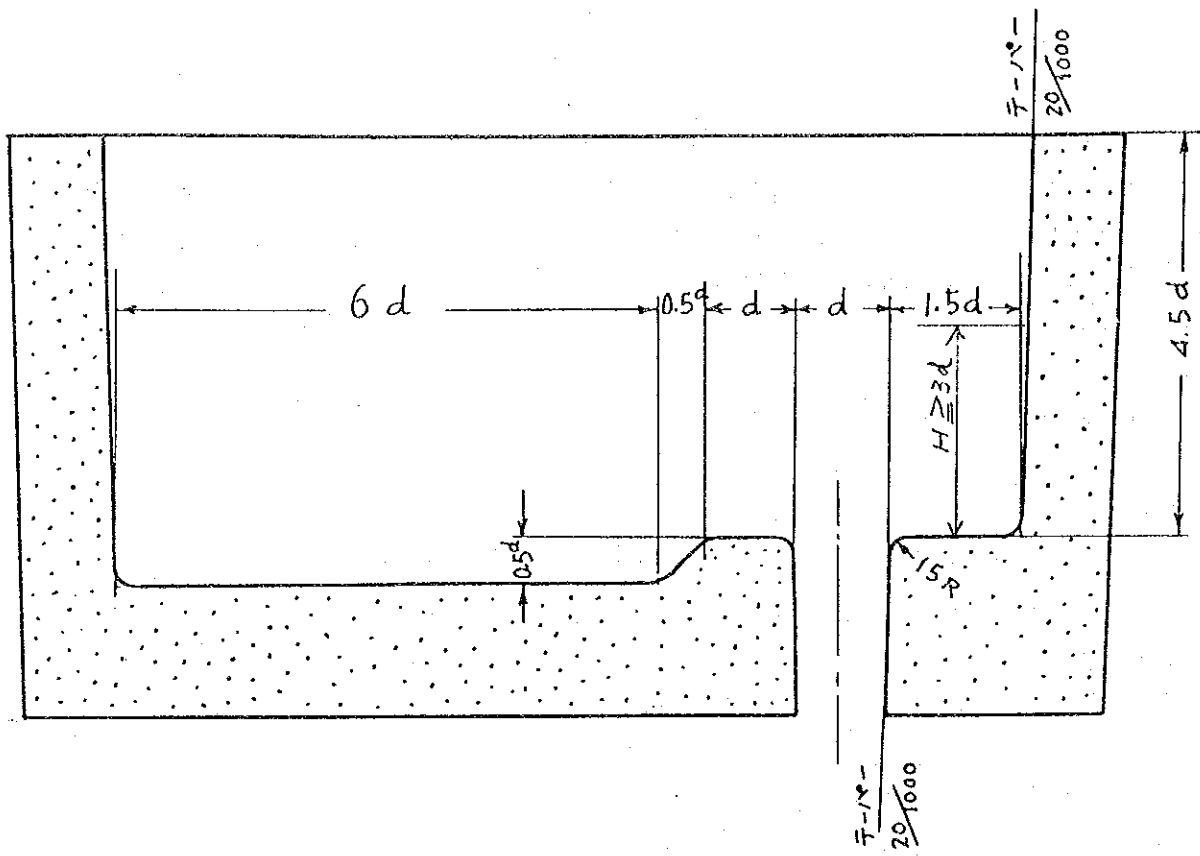


图3.3.1 标准挂杆

(5) 鋳仕上工程の問題点

本来、鋳造品の鋳仕上工程すなわち表面清掃、鋳張り取り、溶接補修、グラインダー仕上等は、限りなく減少すべき工程である。正確な模型と鋳枠を使い適切な鋳造方案と造型プロセスで鋳型・中子をつくり、注意深く組み立てて鋳造を行えば、鋳物の砂落としても容易になり、鋳張りの発生も最小限に押さえられる。世界の鋳造技術の流れは、この方向に向かっている。

当工場では、現在は粘土砂乾燥型よりフラン樹脂鋳型への切り替え過程にあることもあり、鋳仕上工程に多くの時間を費やしている。しかし、現状のままでも造型工程、鋳型・中子組立工程、注湯工程の品質管理を徹底することにより、かなりの鋳仕上工数低減効果が期待できる。フラン樹脂鋳型に全面的に切り替えられれば、ハイドロブラストは不要になるが、現在使用されているターンテーブル型のショットブラストだけでは能力不足となる。現在使用されている装置は、鋳鉄ショットを噴射あるいは投射して鋳物表面を研掃している。鋳鉄ショットは鋳物表面に投射した際反発の程度が低く、かつ割れやすくて研掃効率が低い。

日本でも鋳鉄ショットが使われた時期があったが、現在は熱処理したスチールショットが広く使われている。スチールショットは割れにくいだけでなく、鋳物の表面に投射されると反発して投射死角へも飛散し研掃効率を上げることができる。フラン樹脂鋳型への切り替えに合わせて研掃効率の高いクレーン式ショットブラスト方式とスチールショットの採用が望ましい。

3.4 鍛造工程の現状と問題点

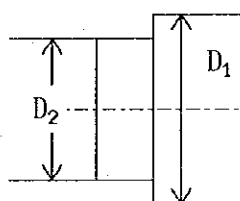
3.4.1 鍛造工程の概要

鍛造工程の従業員数は合計37名で、この内、生産作業員数は24名である。鍛造工程の作業の概要は次の流れの通りである。

原材料入庫→物理、化学検査→材料取り→加熱→鍛造→冷却→鍛造後の熱処理

鍛造物の中で自由鍛造は 98.5%を占め、軸物は重量の 1/2である。他は板材やブロック類、穴突き盤、輪、フランジ、ネジ類である。

鍛造物には数少ない型鍛造を除いて、フランジ、軸類などの大部分のものは自由鍛造の方法で作られている。



軸物については、 $D_1 - D_2 = 5\text{mm}$ 以上は鍛造すると決められている。

3.4.2 鍛造工程の設備

鍛造プロセスシートによる図面と部品に基づき、公差基準（企業基準）をもとに作業が行われている。

鍛造工程の主要設備と加熱炉のリストは次の通りである。

主要設備

番号	名 称	数量	使用年月
1	750kg エアー・ハンマー	1	72年 9月
2	560kg エアー・ハンマー	1	70年10月
3	400kg エアー・ハンマー	1	81年 2月
4	400kg エアー・ハンマー	1	88年
5	300kg エアー・ハンマー	1	63年 3月
6	250kg エアー・ハンマー	1	89年12月
7	160ton フリクション・プレス	1	65年 4月
8	160ton ポンチ・プレス	1	70年11月
9	グラインダー	2	60年
10	電気溶接機	1	73年10月
11	5t 天井クレーン	1	84年 1月
12	KD-10 電気炉	1	71年11月
13	200kg 操作機械	1	75年
	750kgエアーハンマーと一緒に使う		
14	旋盤	1	66年 2月
15	シェパー 24"	1	59年 2月
16	バッテリー搬送車	1	84年12月

加熱炉

番号	規 格	数量	形 式	用 途
1	1,392 x 888 = 1.24m ²	1	貫通型	750, 560kg 併用
2	988 x 928 = 0.86m ²	1	単口	750kg 予備
3	696 x 696 = 0.48m ²	4	単口	560kg 予備
				160tonフリクションプレス 予備
4	696 x 696 = 0.48m ²	1	貫通型	250, 300kg 併用
5	1,392 x 760 = 1.06m ²	1	貫通型	400kg 2個併用

多品種少量生産の自由鍛造は、日本でも中国と同じ工程にて行われている。自動化、省力化の方向は大変難しい。現状は特に問題はない。

3.5 熱処理工程の現状と問題点

3.5.1 熱処理工程の現状

(1) 熱処理工程の概要

熱処理工程の従業員数は合計60名で、この内、生産作業員数は38名である。2交代で作業が行われており、一部は3交代である。

各種の熱処理工程の作業は次のとおりである。

年間処理能力は約3,500トン、この内工作物の焼ならし800トン、焼なまし150トン、調質130トン、塩浴焼入260トン、高周波焼入140トン、浸炭120トン、窒化10トン、高温焼戻しと低温焼戻し250トン、サブゼロ処理50トン、矯正460トン、サンドブラスト30トンである。不良率は0.3%である。

各種の熱処理可能な最大部品サイズは以下のとおりである。

- ・焼ならし、焼なまし出来る部品 : 最大長2,300mm 外径φ800mm
- ・調質処理出来る部品 : 最大長2,300mm
- ・塩浴焼入出来る部品 : 最大長1,300mm 外径φ450mm
- ・高周波焼入出来る部品 : 最大長900mm
- ・歯車類部品の処理 : 最大外径φ350mm
- ・浸炭出来る円筒類部品 : 最大長900mm 外径φ500
- ・黒染め出来る部品 : 最大長1,600mm

雰囲気浸炭炉の1台は負荷が飽和状態であるので、高周波焼入機は生産の要求に適應することができない。したがって、一部の高周波焼入り部品は塩浴焼入を行なっている。

(2) 各種熱処理工程の状況

研削盤の熱処理部品としてスピンドル、送りネジ、すべり案内、受け板、ホイールカバー、ホイールヘッドスリーブ、歯車、バネ、バルブ、ナット、座金がある。

1) 鍛造品の熱処理

構造鋼の鍛造品は箱型電気炉、又は重油炉にて焼ならし、鍛造品の応力を除去し、組織を細微化する。CrWMn、9Mn2V送りネジは焼ならし処理によって、鍛造の網状炭化物を除去する。

工具鋼と軸受け鋼類の鍛造物は箱型電気炉で焼なましし、硬さを低下させ、組織が改善され切削加工が容易となる。

2) 部品の焼なまし

部品の高温焼なましは箱型電気炉又は、井型焼なまし炉によって焼なましを行う。鋼製すべり案内面、送りネジ、受け板、スピンドルなどに用いられる。

加工応力を除去し、組織を安定させ、部品の熱処理中の変形を減少することを目的としている。

3) 調質処理（焼入れ－高温焼戻し）

目的は組織の改善と、機械的性質の向上である。軸とスリーブ類の調質処理は多い。調質処理は各種形状の大小部品を同じ炉中に置く。（820～840℃ x 1～2h）炉より取り出しクレーンにて運搬、塩浴槽にて冷却する。箱型加熱処理は酸化脱炭を起こし加工代も多くしなければならない。

4) 化学処理

ガス浸炭、炭窒共浸、ガス窒化、イオン窒化があり、ガス浸炭、炭窒共浸は井型ガス浸炭炉で行い、浸炭炉中に灯油、灯油とアンモニア、又はアルコールとアンモニアを注入する。処理する主な部品はスピンドル、ホイールヘッド、スリーブなどであり、スピンドル浸炭の場合、浸炭部の研削代は0.5～0.6mm、ほかの部分は4～5mmで浸炭後切削除去する。工程は920℃、7～8時間で浸炭深さ1.0～1.4mm、10～12時間で浸炭深さ1.5～1.9mmである。

灯油の注入量は手動制御で、保温期 160～180滴/min、浸炭後期には浸炭炉中の試料を採取し検査し下限深さに到達時、温度は 860℃まで降下され、取り出し空冷する。浸炭時間の制御は経験に富む（7～8年）作業員により行われている。

浸炭雰囲気制御をすることができないので浸炭層の品質確保が極めて困難である。このため常に炭化物集積が発生し同時に浸炭速度は低下し浸炭後の部品は変形矯正の必要がある。

5) 窒化処理

窒化処理の部品は高精度研削盤のスピンドルである材質 38CrMoAlAである。この部品はイオン窒化炉で処理する。窒化部の加工代は0.06～0.08mm、表面の高硬度を可能にするイオン窒化の際は炉内雰囲気温度を温度計で測定するためスピンドルの実際温度と測定温度の間には差がある。また、工作物を置く位置と部品の構造により温度の差がある。したがって作業者は電源を切って実際温度を肉眼でみることになる。作業者の素質は重要である。目下、窒化設備の雰囲気制御が出来ないので、窒化組織、硬度、分布は確実制御を実現する事ができない。

ガス窒化炉は市販品がないのでガス浸炭炉を改造している。炉内上下の熱出力分布は不合理で、上下の温度差がある。現状は人手で調整している。

6) 最終熱処理

最終熱処理は塩浴焼入れ、高周波焼入れ、超音波焼入れ、滲炭焼入れであるが、ほとんどの部品は塩浴焼入れを行なっている。

通常合金鋼の部品は油中焼入れ、N045鋼、高炭素鋼の部品は水中焼入れ、油中冷却、水中焼入れの時割れ又は変形しやすい部品は塩浴冷却、又は、CaCl₂飽和水焼入れを採用している、大部分の部品は塩浴炉にて冷却している。但し塩溶剤のNaNO₂は健康に有害である。この外スピンドルの穴、溝、キー、ホイールヘッド・スリーブに多い小径穴とネジ穴がある。

焼入れ後、小径穴内の残留塩の洗浄はやりにくい。工作物が錆び、バルブ類部品は油圧伝動に悪影響を及ぼす。これは塩浴焼入れの欠点である。

高周波焼入： 局部焼入の部品は歯車、部品の角形部、みぞ爪、部品端部などはすべて高周波焼入、又は炎焼入にて行われ効率は高く要求に満足されている。

超高波焼入： 心なし研削盤の QT100-2スピンドルは超音波加熱装置によって連続加熱噴水焼入、模型焼入機（円筒研削盤改造）によってスピンドルを回転移動させる。加熱温度は880～920℃、生産効率は高く変形は少ない。焼入深さは1.6～2.5mm。

7) 熱処理部品の品質管理

熱処理職場には 3名の検査員が常駐している。GCr15鋼すべり案内、CrWMn、9Mn2V送りネジ 38CrMoAlAスピンドルなどは焼ならし、焼戻し、調質後金属組織を検査し工作機械局の標準に準拠している。窒化、浸炭は炉の試料にて金属組織と浸炭層深さ及び硬度を検査、

その他の部品は一般的に抜取にて硬度を検査する。

職場にはロックウェル (ROCKWELL) 硬さ計とブリネル (BRINELL) 硬さ計がある。

3.5.2 熱処理工程の問題点

(1) ガス浸炭炉

1. 現在 1台で負荷が飽和状態 (3交代でやっている) である。
2. 浸炭層の制御は経験に富む作業者に頼る手動制御である。
3. 浸炭層の品質制御が困難である。

(2) 錆の発生

最終焼入に塩浴冷却 (硝塩炉) を行なっているが、スピンドル、スリーブなどの穴、タップ穴、溝、及び油圧部品 (バルブ類) に残留塩による錆の発生の問題がある。

(3) 塩浴冷却 (硝塩炉)

NaNO_2 は健康に有害である。

(4) 調質処理

現在は箱型加熱炉で処理している。したがって酸化脱炭が起こり、加工代も多くなる。

3.6 塗装工程の現状と問題点

3.6.1 塗装工程の現状

(1) 塗装職場の概要

塗装工程の従業員数は合計 115名で、この内技術生産労働者数は82名である。

1) 前処理工程

鋳物部品のクリーニングと鋳肌面の前処理は、鋳造職場が担当する。その敷地面積は500m²である。

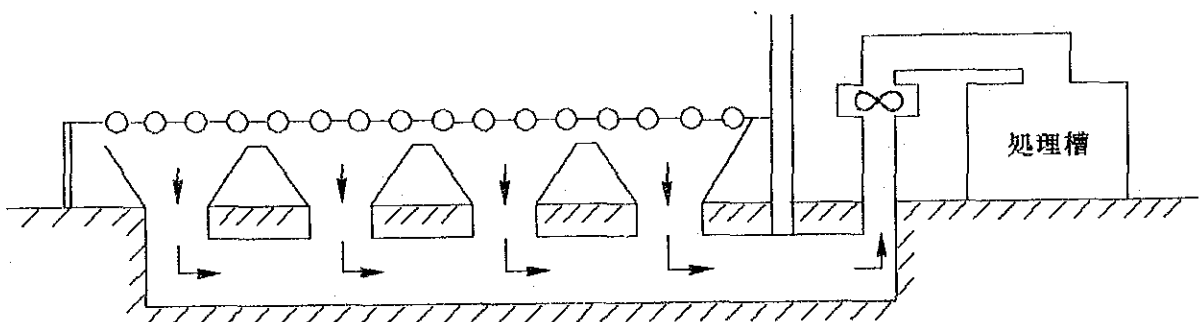
前処理設備は下記のとおりである。

ターンテーブル型ショットブラスト、クリーニングショットピーニング各 1台
ショットタンブラスト 2台

別会社で板金加工（一部）を行っており、板金部品の酸洗と表面りん酸塩皮膜処理を行なっている。5m³のプラスチック製酸洗槽 2つ、7m³と3.5m³の燐化槽 2つ、3.5m³と7m³の水槽それぞれ 1つがある。廃水処理装置と排気装置も設けている。

2) 塗装職場

塗装職場は敷地面積約 3,000m²で、総合塗装場1919m²と精密塗装場 900m²に分かれている。総合塗装職場には排気装置付き作業台、16台、30m² (6 x 5m)の排気装置付き専用吹き付け室が 2室と、暖房設備が設けられている。精密塗装場には排気付き作業台、12台、30m²の排気装置付き専用吹き付け室 1室と暖房設備が設けられている。下図は排気装置付作業台のシステム図である。



生産量の関係で、機械は分割生産ではなく同時に完成するので、一々専用吹き付け室に入れてられない。並べて一度に作業した方が効率的であること、また、排気工作台は正常かつ十分に動いていない。

(2) 塗装工程

1) 鋳物部品

標準品は下記の工程で加工される。

ショットブラスト等表面処理→洗浄（ガソリン）→塩化ビニル下塗り→
機械加工→パテ付き→上塗り→組立→機械全体塗装

主要部品（ベッド、主軸頭、テーブル）は下記の工程で加工される。

機械加工（荒加工）→焼鈍（2回目）→ショットブラスト等表面処理→
洗浄（ガソリン）→塩化ビニル下塗り→機械加工（仕上げ）→パテ付け→
上塗り→組立→機械全体塗装

2) 板金部品

板金部品の処理工程は下記のとおりである。

酸洗い燐化処理→塩化ビニル下塗り→上塗り

3) 塗料

各塗装段階で使用される塗料は、通常下記のとおりである。

下塗りペイント	G06-4	塩化ビニル
パテ	G07-5	塩化ビニル用のもの
上塗りペイント	G04-9	塩化ビニル用エナメル
希釈剤	X-3	塩化ビニル用のもの
内部塗料	C54-1	アルコール酸、バターイエロ耐油
	S54-33	ポリウレタン耐油ペイント

4) 部品の塗装作業

部品の塗装作業は次のとおりである。

1. 洗浄 : ガソリン又は金属洗浄剤で錆肌表面の油、他の汚物をクリーニングする。シンナーは使用していない。
2. 下塗り : 洗浄された表面が完全に乾燥後、均一に塩化ビニル赤ペイントを塗る。下塗りペイントの粘度は4-25/Sである。
3. パテ付け : 1回目厚さは1~3mmで均一に平らにする。
4. パテ付け : 2回目厚さは1~1.5mmで均一に平らにする。
5. ペーパーヤスリ研ぎ :
エアースランダー又は手作業で 3号サンドペーパーにて平にする。
6. パテ付け : 3回目を付ける
7. サンドペーパー研ぎ :
エアースランダー又は手作業で 1.5号サンドペーパーにて仕上げる。
8. マスキング : 塗装しない所テープをはるか油を塗る。
9. 上塗り : 上塗り塩化ビニルを 2回吹き付ける。
10. 内部塗装 : C54-1、S54-33のエナメルを塗る。

e) 完成品の塗装作業

1. 洗浄 : ガソリン又は金属洗剤で塗装表面の油汚れと汚物を洗浄する。損傷した塗層を切り除く。
2. パテ付け : 平になるまで塗り付ける。
3. サンドペーパー研ぎ :
エアースランダー又は手作業で 1.5号サンドペーパーで仕上げる。
4. マスキング : 塗装しない所にマスキングする。
5. 上塗り : 塩化ビニル上塗りペイントを 2回吹き付ける (粘度 4-15-18/S)
6. 不具合直し : 良くない所パテで平らにする。
不具合直し : 1.5号サンドペーパーで研ぐ
不具合直し : 上塗りペイントを 3回吹き付ける。
7. 検査員指摘による不具合直し :
空気中の大きい埃、ゴミが塗装表面に付着しざらざらの感触にて、(ほとんど全機) 手直しとなるものが多い。
8. サンドペーパー研ぎ : 1.5号サンドペーパーでペイント層をつや消しまで研ぐ。
9. 吹き付け : 上塗り塗料を 3回吹き付ける。

3.6.2 塗装工程の問題点

塗装工程の問題点は下記のとおりである。

1. 部品単体で上塗りしたものを完成後、再びパテ修正から上塗りまで行なっている。
(キズが多すぎるため)
2. 完成品塗装検査で表面の凸(埃、ゴミ)による手直しはほぼ全機行われている。
3. 塗装粘着力が弱い。
 - 1) アルミ鋳物の粘着力が弱く、塗装の部分はがれが生じ、時間の経過で全体がはがれる。これは半年～1年で起こる。
 - 2) 鋳物の塗装局部がはがれる。
4. 塗装の機械的強度が弱い。
塗装(パテと上塗りを含む)の硬度、衝撃抵抗性能が良くない。
5. 塩化ビニルを使用しているが光沢度と満足度は上塗りを何回も塗って達しているが、作業時間と材料の使用量が増える。

3.6.3 塗装工程の改善計画

前記の問題点の項目に対応させて、以下に詳しく説明を加えた上、改善策について述べる。

(1) 部品のキズと修正

部品単体で上塗りしたものは移動、組立途中に於いて、キズがつけられなければ完成機の塗装は僅かな時間(パテまで傷んでいない場合は数時間)で修正出来る。無錫工作機械工場の場合、キズが多すぎる。運搬中例えばベッドを1ヶづつ吊り上げれるべきの所2ヶ吊りをし、当て物もない。ベッド同志が当たった所は両方共にパテが剥がれ鋳肌が露出している。また、移動、反転時にワイヤーロープを使用するが塗装面に当て物をしてないためキズがついてしまい組立完成時にはパテ付け工程からの作業になる。

検査による手直し時間を含めると、4日必要である。部品塗装→運搬→ユニット組立→運搬→総組立、各工程中でその部品を扱う作業が無傷で次工程へ渡す運動(キズを付け

る事は一種の不良品である。いかに少なくしていくかはQC活動の一つである。)を展開していかなければならない。組立のリードタイム短縮面でも4日間は大きい。

写真 3.6.1～写真 3.6.5参照。

(2) 完成品の表面の手直し

完成品の塗装検査で表面の凸(ゴミ、埃)により全機何らかの手直しを行なっている。これは専用吹き付け室が利用されていない事によるものと思われる。吹き付け室は総合塗装場に2ヶ所、精密塗装場に1ヶ所あるが、集中生産のため完成時期が重なり、いちいち部屋に入れていたのでは間に合わないので並べて一齐に塗る方式を取っている。これでは空気中の飛遊している埃、ゴミの付着もやむを得ない。

組立の小ロットでの生産が可能であるならば1日1～2台は専用吹き付け室で塗装が出来る。この吹き付け室は四方と天井は壁で出入口はドアにて外部と遮断され、吸排気装置も設けられている。設備としては立派なものである。この装置の部屋で塗装されればゴミによる手直しは無くなる。

完成品塗装場には、専用吹き付けの部屋は無い。組立の小ロット生産体制を確立し(スペースも少なく済む)専用吹き付け室を準備し、活用するべきである。但し、無傷で完成まで作業出来るならばこの部屋は不要である。



写真3.6.1 無錫工作機械工場の塗装部品（板金部品）

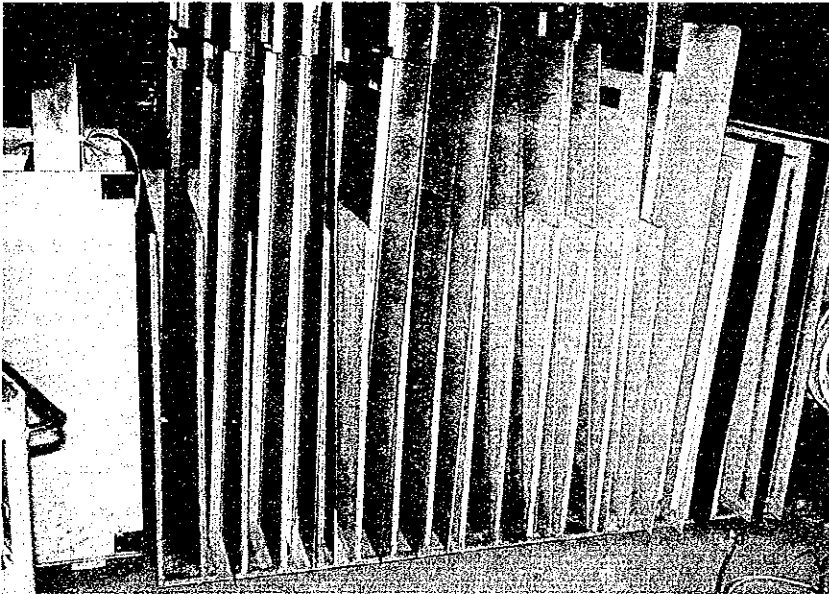


写真3.6.2 板金部品の収納整理の例（1）

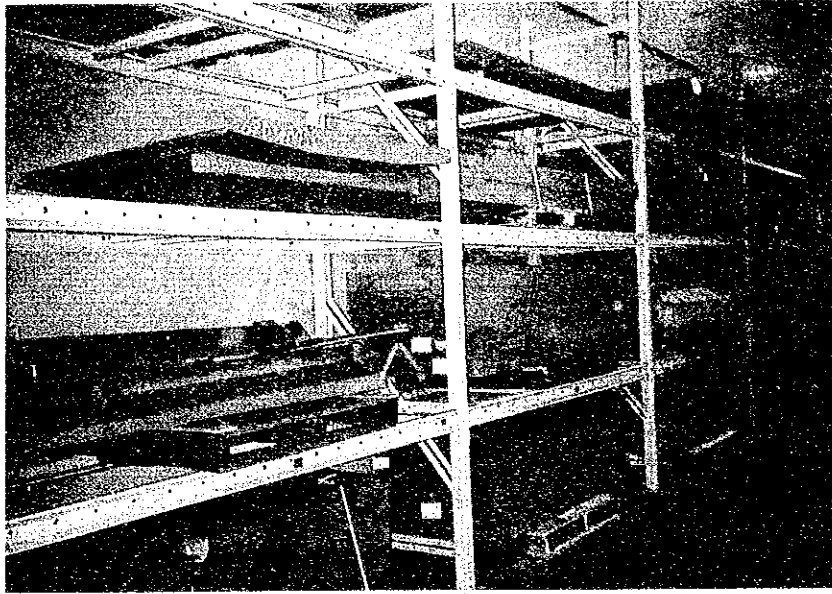


写真3.6.3 板金部品の収納整理の例 (2)



写真3.6.4 板金部品の収納整理の例 (3)

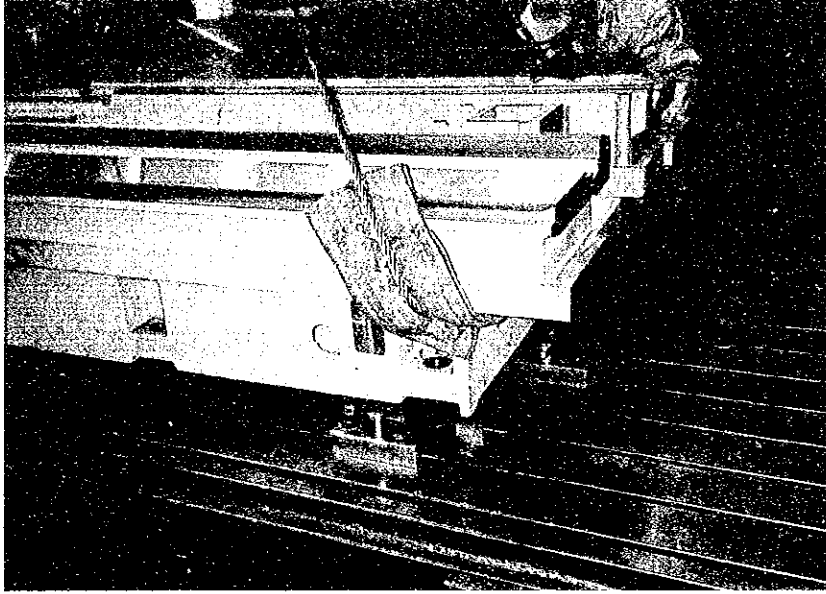


写真3.6.5 塗装部品の移動例（ワイヤーロープ使用時）

(3) 塗装粘着力が弱い

1) アルミ鋳物の塗装が剥がれる。

初めは大豆粒位の膨らみが発生、次第に大きくなりパテより剥離する。

その原因としては次のことが考えられる。

1. 洗浄不足で、表面に油脂分が残っている。
2. 洗浄はガソリンであるが、ガソリンそのものが汚れている場合もある。
3. アルミ鋳肌の小さい凹部に洗浄では取り切れない汚れ（油）が残っている場合もある。（機械加工で油がしみこんでいる様な場合）

溶剤洗浄では、溶剤や拭き取るウエスが汚れているとかえって油を塗りつける様な結果になり、完全な脱脂はできないので前洗浄と仕上げ洗浄とに分け、溶剤やウエスを出来るだけ取り替える様にする。鋳肌にしみこんだ油は除去しにくく、後日内部よりにじみ出て塗膜の剥離や軟化を起こす事がある。

アルミ鋳物の塗装工程で脱脂後の空焼き（80℃～100℃ 30分）を行い、凹部内の油、汚れ分を熱により吹きださせ乾燥させる。（写真3.6.6 参照）当面、空焼き（乾燥炉）設備がない状況に於いては脱脂工程をもう1回増やし、完全を期す事が必要である。

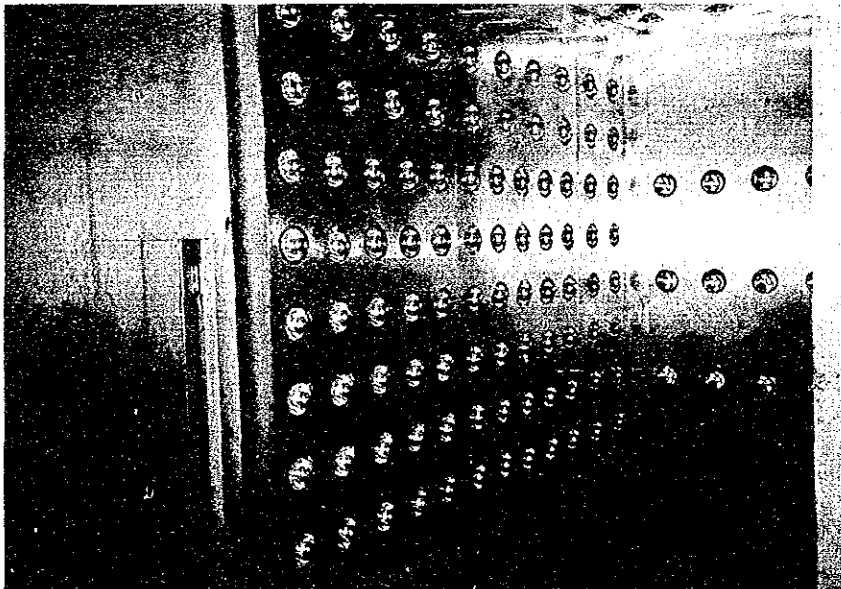


写真3.6.6 乾焼炉

2) 鋳物の塗装局部が剥がれる

アルミの場合と同様に洗浄不十分な場合と、移動、組立中のキズ（大小あり）により鋳肌が露出している場合がある。この箇所は、油・ゴミに直接接触れ、長い場合は組立期間中（30日位）であり、この間、油、人の手に触れ、油脂がしみこんでしまい、洗浄しても充分に取り切れず、後日局部的に剥がれるものと考えられる。

塗装は錆、油、水分などから鋳肌面を守っているものでありキズをつけてはいけないのである。

(4) 塗装の機械的強度と塗膜（(5)の問題点を含む。）

1) 塗料の選定について

用途、塗膜性能、作業性、コストなどを考慮して塗料を選定し塗装工程を決める。一般的に使用されるものとしては、ポリウレタン樹脂（POLY URETHANE RESIN）、エポキシ樹脂（EPOXY RESIN）、塩化ビニル樹脂、塗料などがあり、それぞれの上塗りに適したプライマー、パテ、サーフェーサー（SURFASER）があるので、関連を考慮して選定する事になる。各種塗料の性能について記すと次のようになる。

a) 塩化ビニル樹脂上塗り

- 特徴
1. 速乾性である
 2. 耐薬品性が優れている
 3. 塗装間隔が長くなっても層間付着性が良い

膜厚 エアスプレー 20 μ m

乾燥時間（20℃） 指触（10分） 硬化（30分）

b) エポキシ樹脂上塗り

- 特徴
1. 厚膜塗装可能
 2. 耐水性、耐海水性、耐油性、耐薬品性が優れている
 3. 海岸、工業地帯などの腐食環境に於いても優れた耐久性を示す

膜厚 エアスプレー 60 μ m

乾燥時間（20℃） 指触（90分） 硬化（10時間）

c) ポリウレタン樹脂上塗り

- 特徴 1. 耐水性、耐溶剤、耐油性に優れている
 2. 付着性に優れている

膜厚 エアスプレー 30 μ m

乾燥時間 (20 $^{\circ}$ C) 指触 (15分) 硬化 (16時間)

下表に上塗り塗料の機能比較一覧表を示す。

機能 上塗り 塗料	外 観		塗 膜 性 能							
	光 沢	平 滑 性	耐 衝 げ き 性	耐 磨 耗 性	耐 熱 性	耐 酸 性	耐 アル カリ 性	耐 マ シ ン 油 性	耐 切 削 油 性	耐 水 ・ 耐 湿 性
塩化ビニル樹脂	△	△	○	○	△	◎	○	○	○	○
エポキシ樹脂	◎	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
ポリウレタン樹脂	◎	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎

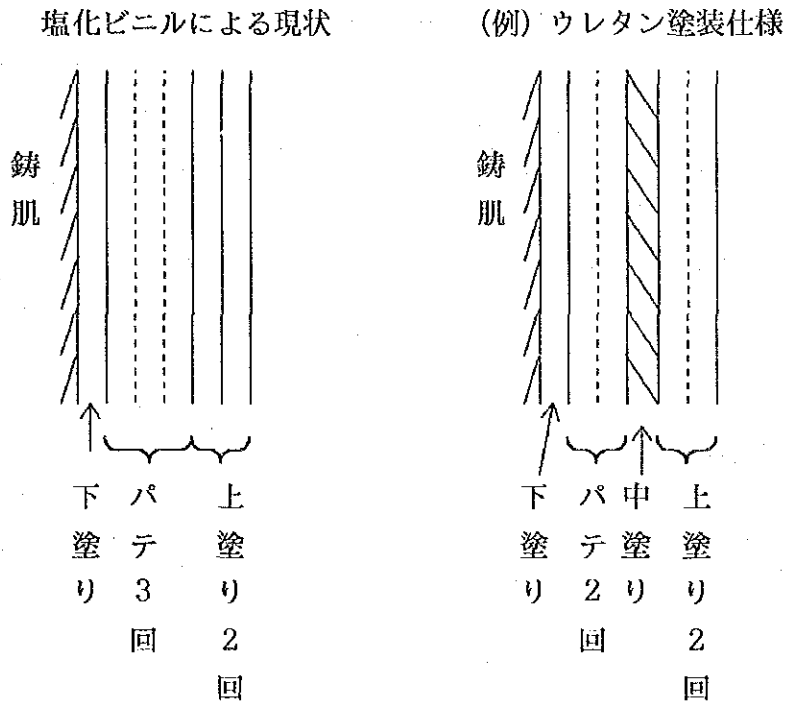
◎ : 優秀 ○ : 良好 △ : やや劣る

塗料の価格について、相対比較をすれば次のとおりである。

塩化ビニル < ポリウレタン < エポキシ
 0.8 : 1 : 1.3

以上の性能比較より性能を重視して、塩化ビニルからウレタン樹脂、又は、エポキシ樹脂塗料への変更することを推奨する。

2) 現状の塩化ビニル樹脂塗装工程の問題点



現状ではパテ 3回つけた後、ペーパーヤスリ空研ぎをして、直接上塗りを行っており、中塗のサーフェーサーが塗られていない。パテを研いだ面は粗面で塗料の吸い込みが多く、その吸い込みもまちまちであるから素地を整え上塗りの吸い込みを少なく、かつ均一にする目的でサーフェーサーを塗装する。サーフェーサーは $40\sim 70\mu$ 位の厚塗りができて多少の凹凸を埋め、研ぎによって容易に平滑で緻密な面が得られる。また、塗膜が厚くなり弾力性を増す効果がある。上塗り塗料と同系のものを塗装するのが普通である。

3) ウレタン樹脂塗装の仕様 (参考)

ウレタン樹脂塗装は、主剤 (ベース) と硬化剤とを混ぜて使用する。塗装前に混合しなければならない、混合した塗料は限られた時間内に使用しなければならない。成分的に使用出来る溶剤が制限される等塗装作業には不便な事が多い。しかし完成した塗膜は柔軟性と強靱をもち耐摩性などを含めた諸物性に優れている。分子構造が網目構造であり、耐薬品性にも優れている。

表3.6.1 に塗装部品別仕様を示す。

表3.6.1 ウレタン樹脂による塗装仕様

(鋳物)

工 程	塗 材 お よ び 処 理	乾燥時間	参考
1 素地調査	錆落とし、洗浄、脱脂		完全に
2 下 塗 り	ウレタンプライマー(PRIMER) 膜厚40~50 μ m	16H	
3 パテ付	ポリエステルパテ (POLYESTER PESIN) 1~3mm	2~3H	
4 研 ぎ	#80~#100 H° - H° -空研ぎ		
5	4で素地が露出した場合再度ウレタンプライマー	1~4H	
6 パテ付	3に順ずる		2回目
7 研 ぎ	4に順ずる		
8 中 塗 り	ウレタンプライマーサーフェイサー(SURFACER)吹付、膜厚40~50 μ m	16H	
9 研 ぎ	#240 H° - H° -空研ぎ		
10 上 塗 り	ウレタンエナメル吹付、膜厚50~60 μ m 2回追っかけ塗りの乾燥時間	30分~1H	2回塗

(鉄板)

1 素地調査	錆落とし、洗浄、脱脂		完全に
2 表面処理	燐酸塩処理		
3 中 塗 り	ウレタンプライマーサーフェイサー 膜厚40~50 μ m	16H	2の処理後、すぐに
4 研 ぎ	#240 H° - H° -空研ぎ		
5 上 塗 り	ウレタンエナメル(ENAMEL) 膜厚50~60 μ m 2回追っかけ塗りの乾燥時間	30分~1H	2回塗

(アルミ鋳物)

工 程	塗 料 お よ び 処 理	乾燥時間	参考
1 素地調査	洗浄 脱脂		完全に
2 空 焼 き	乾燥炉 80 $^{\circ}$ C~100 $^{\circ}$ C	30分	
3 下地処理	ウォッシュ(WASH) プライマー(PRIMER)	2H以上	
4 下 塗 り	ウレタンプライマー 膜厚40~50	16H	
5 パテ付け	ポリエステルパテ 1~3回	2~3H	
6 研 ぎ	#80~#100ペーパー空研ぎ		
7	工程6で素地が露出した場合再度 ウレタンプライマー	1~4H	
8 パテ付け	5に順ずる		2回目
9 研 ぎ	6に順ずる		
10 中 塗 り	ウレタンプライマーサーフェイサー吹付40~50 μ	16H	
11 研 ぎ	#240ペーパー空研ぎ		
12 上 塗 り	ウレタンエナメル吹付 膜厚50~60 μ 2回追っかけ塗りの乾燥時間	30分~1H	2回塗

注： 工程 3 (ウオッシュ・プライマー) を行わないと密着性が悪くなる。

ウオッシュ・プライマー： リン酸定着塗料

主剤・硬化剤の混合割合は下記のとおりであり混合比は計量器を使用して正確に行う。

塗 料 名	主 剤	硬 化 剤	参 考
ウレタン・プライマー	4	: 1	重 量 比
ウレタン・プライマーサフエーサー	4	: 1	
ウオッシュ・プライマー	4	: 1	
ウレタン・エナメル	2	: 1	

3.7 機械加工工程の現状と問題点

3.7.1 機械加工合理化のための基本的考え方

(1) マシニングセンターとその効果、開発の背景

機械加工部品の生産工程は、部品の形状、部品の大小、生産量の如何に係わらず、加工素材の機械投入より各工程での機械加工時間、搬送時間等の合計時間が生産時間又はリードタイム (LEAD TIME) として扱われる。この時間を如何に合理化するかによって、商品のコスト低減、納期短縮が可能になり、企業内容の充実に直接つながるものである。

世の中にはその生産方式として、少種多量生産方式、例えば、生産量として20,000ヶ/月以上、サイクルタイム (CYCLE TIME) 50秒以下の生産工程では、自動化されたトランスファー (TRANSFER) 方式の専用ラインとなるのが普通で、その内容は次のようなものとなる。

1. トランスファー装置による加工部品の自動搬送
2. 取付け、取外しの自動化
3. 工程毎に分割された、自動化された専用機群

トランスファー方式は、多量生産方式に適合し、この方式の高度に発達したものとして、自動車工業における加工ラインが代表的である。これら一連のものは、加工システムとして高度に発達し、実用化されているのが現状である。しかし生産形体の大部分を占める多種少量生産方式のための合理化も進んで実用化されている。

従来の設備は主として経済面 (投資効果)、融通性のある設備 (汎用性) の面より、汎用機械の利用がその中心であった。一般に汎用工作機械の場合、正味切削時間と非切削時間 (段取り、着脱、芯出し、工具交換、計測等) の比率が 30:70程度は決して稀ではない。又これを改善するために専用機を導入して合理化をはかったものでも、60:40程度で、非切削時間が相当の割合を占めている。

部品 1個当たりの生産時間 (リードタイム (LEAD TIME)) は次のような内容から成り立っている。

$$T = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + \dots / n) \cdot (1 + \alpha)$$

T = 1個当たりの生産時間

t₁ = 正味切削時間

t₂ = ワークの着脱時間

- t_3 = 機械系の早送り時間
- t_4 = 工具の交換と調整時間
- t_5 = 寸法計測時間
- t_6 = 工程間の待ち時間
- t_7 = 工具の位置決めに要する時間
- .
- .
- .
- n = LOT SIZE (個)
- α = 生産の余裕率 (%)

多種少量生産設備の合理化は $t_1 \sim t_7 \dots$ 迄の時間を短縮できる高性能な工作機械と、これらを取りまく効果のある生産システムを組むことである。これらの具体策の内容として、次の機能が考えられる。即ち生産時間 (T) を短縮するためには：

- $t_1 \dots$ 高精度、高剛性な機械で切削能率の向上をはかる。このために工具監視機能も必要となる。
- $t_2 \dots$ 外段取りを行うためのパレットチェンジャー (PALLET CHANGER)、パレットマガジン (PALLET MAGAZINE) 等を備え、ワークの着脱時間をゼロに近づける。又、交換時間が早いこと。
- $t_3 \dots$ 機械系の工具の位置決め、早送り、早戻り等の無駄な時間短縮のために、極力早い性能を持っていること。
- $t_4 \dots$ 必要な各種工具を保管するマガジン (MAGAZINE) を持ち、これに連動した自動工具交換装置を持ち、素早く自動で工具交換可能であること。
- $t_5 \dots$ 自動測定機能を持ち、ワーク寸法の自動測定、工具長自動測定等の機能があること。
- $t_6 \dots$ 1回の取付けで、多くの複合加工を可能にし、混流生産にも対応できること。
- $t_7 \dots$ 機械の制御は数値制御方式 (CNC) を採用して、高速且つ高精度な位置決めを可能にして無人運転が実施できること。

生産時間短縮の必要性から1960年代に開発された代表的な機械としてマシニングセンター (MACHINING CENTER) があげられる。これは多種少量生産の主流機種として現在迄に高度に発達し、日本における企業の主力中心機種となっている。マシニングセンターの基本的な認識は、単なる1台の工作機械ではなく、生産単位として組織化され、正確に管理運営される小さな工場とみるべきであろう。マシニングセンターは別名スタンドアロンマシ

ン (STANDALONE MACHINE) ともいわれている。

GT化は製品の多様化に対応して生産性を高め、原価低減をはかる目的のための手法で、多様化と標準化という相反する要求をできるだけ満たさせるためのもので、GT化をより効果的に実施するにはマシニングセンターの活用が不可欠のものとなってくる。

多種少量生産におけるマシニングセンターの活用は、下記の効果を実証している。

1) リードタイムの短縮

従来の汎用機では、各工程毎に異なった機械を使用し、順次に加工してゆくので、機械間の搬送時間と工程負荷のアンバランスによる機械間での待ち時間があるが、マシニングセンターにおける複合加工では、一回の取付けで全工程の加工、あるいはそれに近い加工が完了するので、リードタイムを大幅に短縮できる。無錫工作機械工場よりマシニングセンターでの加工時間算定のために依頼された MG10100 (ベッド(BED))、MG10100 (軸体)、MG10100 (前軸承蓋)、MG10100 (後軸承蓋)、MZ208 (ベッド)、MZ208 (箱体) の実例を参照願いたい。

2) 工程管理の合理化

(a) 工程の負荷配分

加工工程の多い部品ほど、機械台数が多くなり、工程管理上の負荷バランスをとることに多くの労力を必要とするが、複合加工では容易に解決できる。

(b) 工程の集約化

複合加工機では分散されていた工程を集中化することができ、工程管理が容易となる。

(c) 生産量の的確な把握

機械制御に数値制御装置を採用することにより、規定のプログラムによる指令で作業が行われるので、日程計画に対する狂いが少なくなる。

(d) 搬送関係の合理化

搬送設備費の節約と、間接作業員の減少ができる。

(e) 仕掛在庫の減少

汎用機群での加工では、負荷のバランスをとることが難しく、各工程間に仕掛品の中間在庫が発生し、これにともなう採算上の不利益が生じる。

3) 品質の安定化

NC機械の使用により、作業者の熟練度等の個人差による影響が少なくなり、部品の精度が安定し、これにより検査、組立の工数が削減され、製品の品質保証がなされる。

4) 所要床面積の縮小

工程の集約ができ数台の機械を1台に置き換えられ、仕掛品置場等の設備全体の床面積の縮小が可能になる。

5) モデルチェンジに対する適応性

制御系が柔軟性に富んでいるので、部品変更、新製品の開発に要する立ち上り期間の短縮、設備費の大幅削減が可能となる。

(2) 生産システム

以上、リードタイムを短縮するための手段として、単体のマシニングセンターを中心に説明したが、これらを中心とし、柔軟性のある生産システムとして発達したものが、FMS (FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM) である。

即ち機械加工を自動化するための知能化されたNC工作機械群と、ワークの取付け、取外し、ステーションへの自動搬送等からなるハードウェア (HARD WARE) と、それらの生産情報を含め制御管理するソフトウェア (SOFT WARE) から構成されているもので、柔軟性があり、且つ、生産性の極めて高い自動化システムとして1980年代より実用化段階に入り、多種少量生産の合理化に極めて多く寄与しているのが現状である。

FMS化が進むにしたがって、この弱点も明確になってきた。即ち、多くの設備資金が必要で、設備の償却期間が長い。更に、システムの立ち上りに多くの人員と時間が必要等、経済性とシステムのより柔軟性の要求により、最近の方向として、FMSの基本モジュール (MODULE) であるFMC (FLEXIBLE MANUFACTURING CELL) に移行し、経済性と将来の拡張性を考慮した、柔軟なシステムであるFMCが主流になっている。

自動化されたNC工作機械、自動化された内部搬送機能と、これらを統合制御する機能を

持ち、それ自体の単独稼動が可能な小規模な FMSとして、ハード面、ソフト面共に必要に応じ増設可能なモジュールと考えられ、現状企業の大小に係わらず多種少量生産システムとして FMSに代わり実用化が急速に進んでいる。図3.7.1 にシステムのステップを示す。

日本での情報によれば下記に示す中国の 2社が西欧より FMSを導入している。

中国工場名	輸入メーカー名	システム	輸入国
北京第1機床廠	FRITZ WERNER	FMS	西独
大連機床廠	KEARNEY & TRECKER	FMS	イギリス

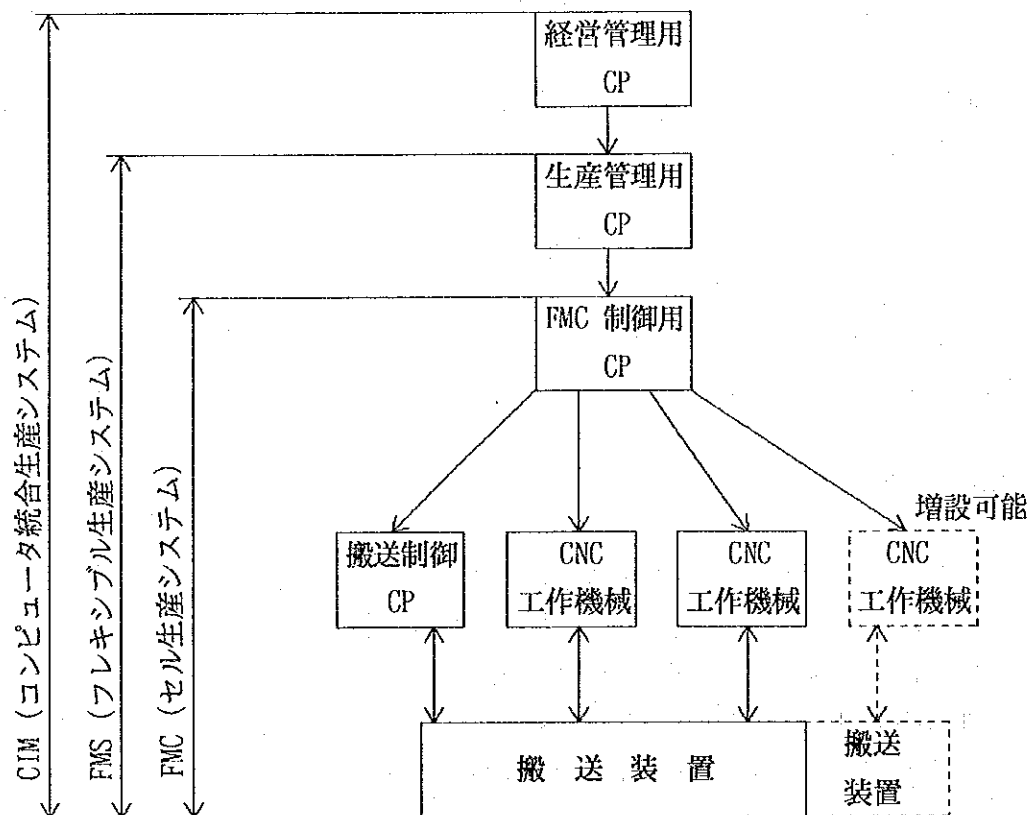


図3.7.1 生産システムの分区

$t_1 \sim t_7$ (リードタイムの構成要素、前出) 改善することにより、従来のマシニングセンターと比較して、納入18社の稼動実績平均で、160%程度能率が向上した実績がある。

3.7.2 工場側提出の問題点に対する回答

無錫工作機械工場の生産技術責任者と、質疑応答を行った。その内容と回答は下記の通りである。

- (1) 鋳物の焼鈍処理については一般のものは、**鋳造**→**荒加工**→**焼鈍**→**機械加工**、精度を要求されるものは、**鋳造**→**荒加工**→**焼鈍**→**中仕上加工**→**焼鈍**→**仕上加工**が標準作業で、複合工順のためにリードタイムが長い。解決方法はどうか。

現在、日本では上記の工程は採用していない。即ち鋳造後、直ちに焼鈍炉にて焼鈍後、機械加工に入り完成品とする。特別な部品、例えば、テーブル (TABLE) のような精度を必要とするものについては荒加工後、1回の焼鈍を実施して仕上加工をする。このような部品は極めて少ない。以上の工程で、品質、精度上の問題は生じていない。

鋳造応力除去のため、現在、日本で使用されている温度自動制御付焼鈍炉の新設を提案する。これを実施することにより大幅な合理化が期待できる。この詳細は鋳造工程の報告を参照願いたい。

- (2) ベッド案内面の耐摩耗性の向上に対して良い解決方法はないか。

無錫工作機械工場の鋳造部品の多くは材質、FC-20程度で耐摩耗に対して不十分である。日本ではFC-30以上の鋳物を用い、耐摩耗性向上のために摺動側にフッ素樹脂の板を接着して使用するのがほとんどである。この材質の使用により、動摩擦と静摩擦の差が少ない、摩擦係数が少ない。このため摩耗が少ない等の利点があり、一般に摺動部分にこれを接着後、機械加工 (平面度、油溝加工) →キサゲ作業が普通で、写真3.7.1 にその実例を示す。これは、機械の性能に良い影響を与えている。

なお、フッ素樹脂の接着に関して注意することは、油分、水分、ポケット部のエアの除去で、接着面へ圧力を加え、常温で24時間程度、夏期等での温度・湿度の管理 (空気中の水分の付着) が重要なポイントである。無錫工作機械工場でも、TURCITE-Bを輸入して使用しているとのことであるが、TURCITE-Bは日本でも広く利用されている。

- (3) 双V軸受ガイド (GUIDE) 取付面の加工方法に関して良い解決方法はないか。

双V軸受ガイドの取付面の規格値は、0.003mm/500mmに対して、実際は0.005mm~0.007/500mmで、キサゲにより修正している。現在の平削り盤では無理であるので、取付部の水平面、垂直面共に案内面研削盤で同時にアンギュラー (ANGULAR) 研削するか、砥石側面を凹型に修正し、同時研削することが望ましい。

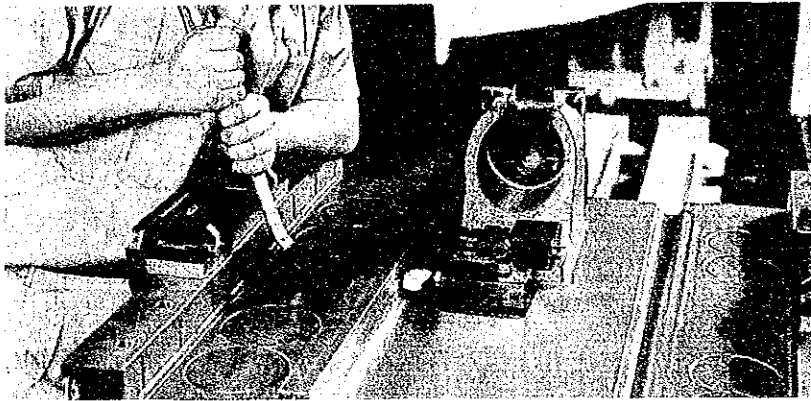


写真 3.7.1 摺動面にTURCITE接着後の最終仕上げの状態

- (4) 双 V軸受ガイドの1m以上の加工方法について良い改善方法はないか。

曲り規格値は全長で 0.008mmに対し、0.012~0.015mmの曲りが発生する。研削現場を調査したところ、機械精度の向上をはかった平面研削盤で、入念に行っている。これの加工は軸受鋼を使用し、10工程もの入念な工程で、低温焼鈍も実施しており、工程上の不備はないものと思う。

規格値に入ったものと、規格外のものとの組立において、性能比較を行い、曲りの規格値を確認する必要がある。又完成品の保管方法によっては、精度変化が生ずる可能性があるので注意を要す。この問題はガイドの曲りよりベッドの取付面の研削精度向上をはかり、これにガイドをならわせることを考えた方が現実的な解決方法ではなからうか。

- (5) センターレス研削盤40ボックス (BOX) のテーパ (TAPER) 穴加工で良い方法はないか。

ボックス本体に 1:30のテーパ穴があり、現状はリーマー (REAMER) 加工後、ラッピング (LAPPING) 仕上をしている。このような設計では、高精度な主軸穴加工は困難である。ボックスの穴はストレート (STRAIGHT) に加工し、内面テーパのブッシュを、組込むような設計変更が必要である。

- (6) センターレス研削盤における両持方式採用 (砥石軸、調整車軸) 採用の場合、主軸穴の高精度な加工方法はないか。

この主軸穴の形状公差は重要で、現在機械加工後、機械工程能力不足のために、ラッピングで修正しているが、良い結果は期待できない。MG10100、軸体の加工工程表によれば、この穴は最終工程で、DIX1310で加工する工程になっているが、機械の大きさから、精度確保ができるか疑問である。今後、両持式による高精度なセンターレス研削盤の製作が多くなることが予想されるので、最終工程でこの穴を加工するラインボーリング (LINE BOREING) 方式の高精度な構造簡単な専用機の製作活用を提案する。

- (7) センターレス研削盤案内板、上面真直度 0.001mmの加工ができない。
良い方法はないか。

現状0.002~0.003mmである。この精度は製品精度に影響する重要なものであるが、0.001と0.003と比較して製品精度にどのように影響するのか、データをとり有意差を確認する必要がある。(尚、0.001mmの指示は CINCINNATIの規格のようである。)

- (8) 真円度、要求精度 $0.5\mu\text{m}$ 、センターレス研削盤主軸の研削加工で、センター穴の精度向上策はどうか。

高精度な真円度を得るためのセンター穴形状、精度は作業上重要な問題である。規格値 $0.5\mu\text{m}$ に対してSTUDER研削盤で $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$ とのことである。この軸受は動圧であるので規格値の $0.5\mu\text{m}$ は、是非確保したい。条件が整えば無錫工作機械工場のSTUDER研削盤ならば可能と思う。

その条件として、砥石の種類、砥石バランス、ドレッシング条件、研削方式、センター穴精度、形状等が要因として考えられる。センター穴について焼入後研削加工し、真円度の向上をはかり、センター穴の形状は、センターに対して全面当たりでなく線接触で回転するような形状、例えば、直線部を円弧にし線接触に近づけるようにする。研削はデッドセンター (DEAD CENTER) 方式で実施する等のことが考えられる。

- (9) 研削盤の油圧システムにおける油洩れの解決方法はどうか。

具体的に、シリンダー (CYLINDER) のピストンロッド (PISTON ROD) よりの油洩れについて、問題を提示された。シリンダーの設計については一般的のもので、不具合な点はない。オイルシールの品質面の問題があるかも知れないが、オイルシールに傷を付けないような配慮、即ち図面上では十分な面取指示、又組立時にはロッド端面、又はオイルシールにグリース又は、油を塗布する配慮が必要ではなかろうか。

- (10) ベッド (BED)、テーブル (TABLE)、箱物等の主要部品の、効率的な加工設備はないか。

当然のことながら、1回の取付けで、多工程の加工が行える。例えば、五面加工機、マシニングセンターの活用である。具体的には MZ208ベッドのように、直交する取付面等の加工は五面加工機による効果は大である。尚、MG10100、ベッド、MZ208、ベッドの五面加工機による加工時間算定表を参照願いたい。

- (11) 鋳鉄製油圧部品の精密弁穴の加工方法はどうか。

一般に超硬のガンリーマー (GUN REAMER) 加工で、(軸心より切削液供給) 高精度のものには1枚刃、能率を上げる場合に2枚刃が用いられ、加工後に必要に応じて、ホーニング (HONING) 仕上するのが一般的である。

以上は、主要な問題点に関して、無錫工作機械工場での質疑応答の席上で回答した事項

で、可能なものから実施し、問題点の早期解決を図られたい。

3.7.3 グループテクノロジー (GT) 化を中心とした問題点

合理化の基本的考え方で述べた以下は3.7.1 (1)部品の生産時間 (リードタイム) の計算式、 $T = t_1 + t_2 + t_3 \dots$ を着眼点として調査を実施した。(()印は建家番号で図3.7.2に示す。)

(1) 大物、中物部品の機械加工工場

ベッド、テーブル、箱物等の大物、中物部品の加工工場である。(10)、(27)及び試作工場に設置されている大物加工設備は18台程度の門型平削り盤が主体で、その内約13台は20年以上使用されている老朽機械である。

門型平削り盤による大物部品の機械加工は、過去に工作機械メーカーが実施していた方法で、日本における近代的な加工方法としては五面加工機、マシニングセンターが、その中心機械として採用されている。一部、特別な目的で、例えば、テーブル上面の最終仕上、T溝加工等、専用機として使用されている程度である。写真3.7.2 にNC門型平削り盤を示す。刃物台に注目されたい。

門型平削り盤の作業において正味切削時間 t_1 、ワーク着脱時間 t_2 の改善が見受けられなかった。写真3.7.3 に示すように、テーブル上に多くの部品を取付け、同時加工するのは、平削り作業の常識であり、これを実施するに当たってワーク着脱時間 t_2 の改善の配慮がみられなかった。これらは作業員任せでなく、生産技術部門が積極的に介入すべきではなかろうか。例えば、セッティングゲージ (SETTING GAUGE) の活用等が考えられる。

この、機械停止時間を最小限度にする配慮が必要ではなかろうか。作業工程表に基本時間として決められているから、それ以内に行えば良いという安易な考えがあるのではなかろうか。また、切削工具の改善による正味切削時間 t_1 の能率向上対策も必要と思う。尚これに関しては、超硬巾広バイト (BITS) による、円筒研削盤のV溝加工を実施しており、大変良い工具改善の具体例と思われる。

大物、中物部品の第一工程で、多くの部品に罫引き作業を実施していたので、数点の部品の作業工程表を調査した。全ての部品に関し、第一工程として罫引き作業が、組み込まれているのは無駄な作業である。罫引きを廃止の方向で、セッティングゲージ等の利用を考える必要がある。これが解決の方向に向かえば作業員の問題、場所問題等の合理化が可能になる。

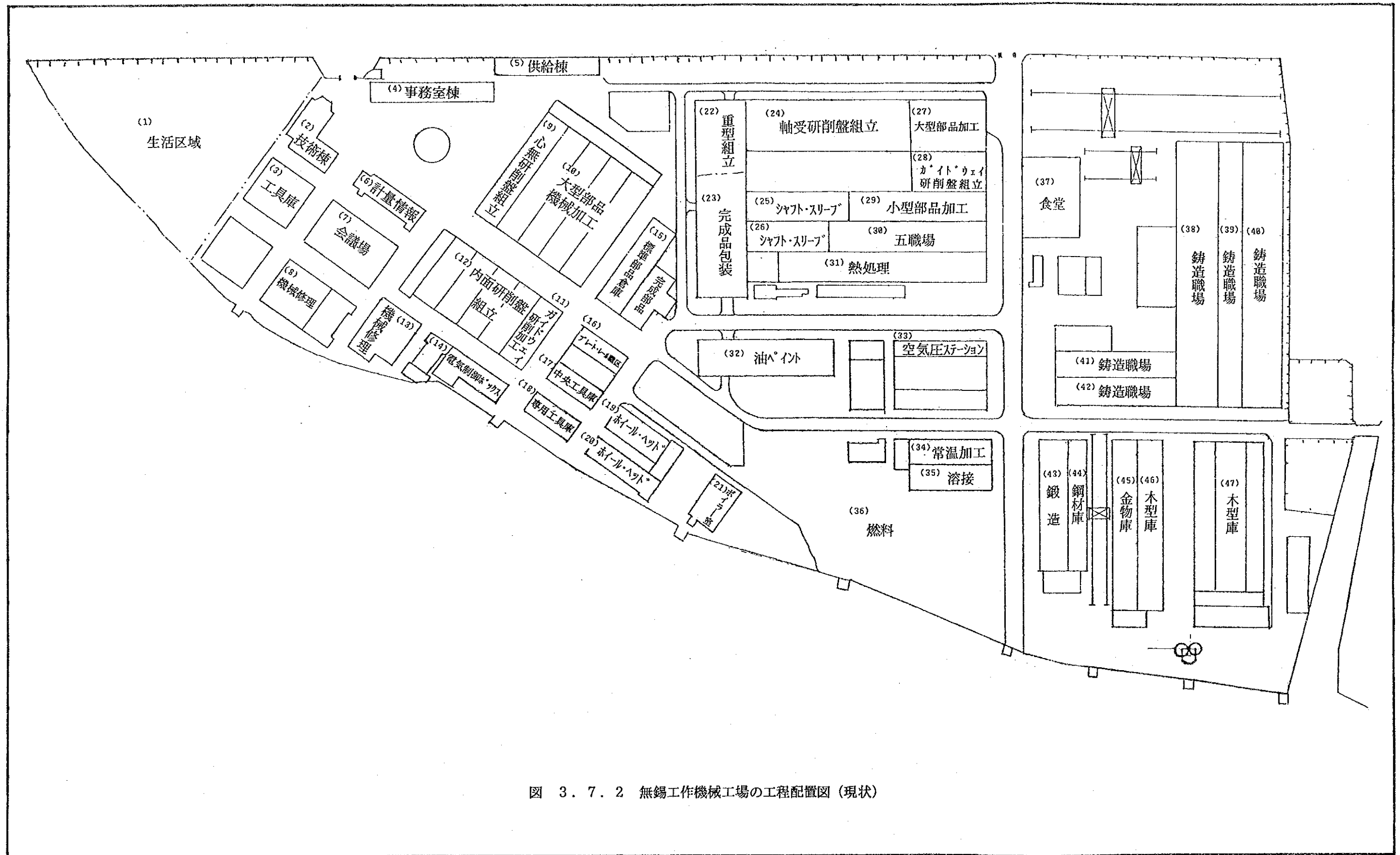


図 3. 7. 2 無錫工作機械工場の工程配置図 (現状)

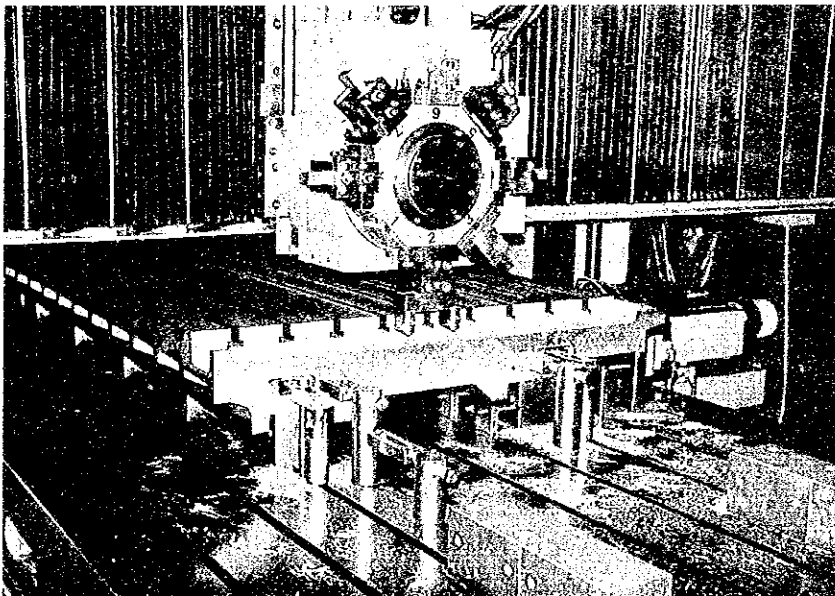
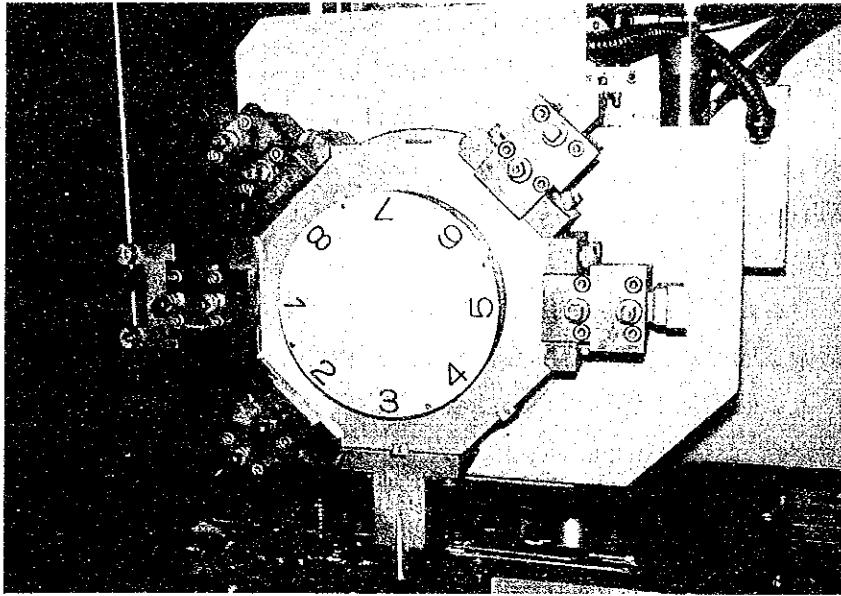


写真 3.7.2 門型平削り盤のタレット刃物台及び拡大写真

箱物部品の主軸穴関係の要求精度はかなり高い。穴の真円度は 0.003mm、同心度は0.01mmで、これらの加工の主力機械は、DIXI 310治具中ぐり盤、CINCINNATI T30マシニングセンター、TM6112精密中ぐり盤が段取り時間で、あとは汎用横中ぐり盤10数台、立形旋盤、平削り盤等の汎用機であり、段取り時間 $t_2 \sim t_7$ に対して問題が残る。これらの汎用機を使用する場合、段取り時間 $t_2 \sim t_7$ は避けられない問題で、作業者の熟練に依存するとしても限度がある。

機械の稼働率向上を目的として、外段りを多くする改善、切削工具による能率向上、位置決め方法の改善等が考えられる。以上の如く、ベッド、テーブル等の加工は、門型平削り盤が主体であるため、高い加工精度はあまり期待できない。

無錫工作機械工場では、これを補う目的で、案内面研削盤が、大小10台以上稼働しており、ガイドウェイ研削加工建屋(11)では空調設備を実施し、WALDRICH COBURGの案内面研削盤が主力で稼働して、案内面の精度維持をはかっているが、不十分である。これらの機械においても生産能力向上のためのワーク着脱時間 t_2 に対する考慮が必要であろう。

大物、中物部品加工のための門型平削り盤、中ぐり盤等の職場でことに驚いた。写真 3.7.4、写真 3.7.5、写真 3.7.6に示すように、多くの中間仕掛在庫が、機械のまわりに置かれている。これは量産効果を期待した、手配ロット数の問題によるのではなかろうか。このように多くの仕掛在庫を持つことはメリット (MERIT) はあるかも知れないが、工場の財務面からは良い結果は生まれないであろう。

リードタイム、仕掛在庫量を考慮に入れた、生産管理面での検討が必要であろう。特に、今後多く活用されるであろうマシニングセンターでのロット数の決定には充分注意を要する問題であり、これを誤るとマシニングセンターの特長を損なうことを念頭に入れるべきである。

また、通路が仕掛品の置場になったり、仕掛品が床面に直接置かれたり、機械が仕掛品に囲まれているような管理は感心しない。これは生産管理上の問題か、あるいは作業者のモラルの問題か、いずれにせよ所定の場所を決め、整理、整頓、清掃を実行しなければならない。これは生産管理業務の大切な事項である。

(2) その他の部品の機械加工

シャフト、スリーブ職場(25)(26)、小物部品、歯車油圧部品関係職場(29)(30)、ガイドレール研削職場(16)、1階、高周波砥石軸部品職場(19)、試作工場、工具研削職場を調査した。いずれも設備は汎用機が主力である。機械工場全般について、設備の大部分は汎用機でしかも古い機械が多く、工場の近代化を実施するには、大巾な設備更新が必要である。全体的に言えば、日本における近代的工作機械工場と比較して10年～15年以上遅れているであろう。

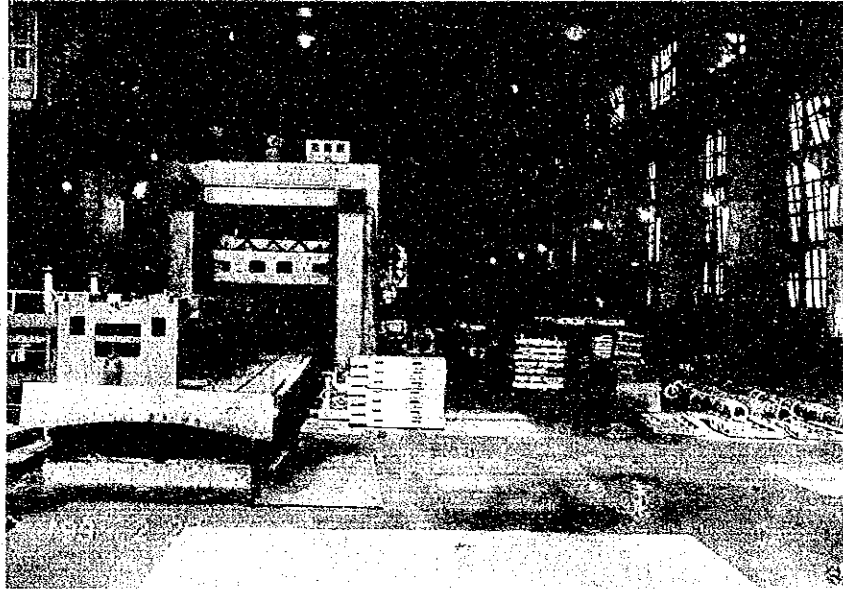


写真 3.7.3 無錫工作機械工場の大物機械工場での門型平削り盤によるベッド加工

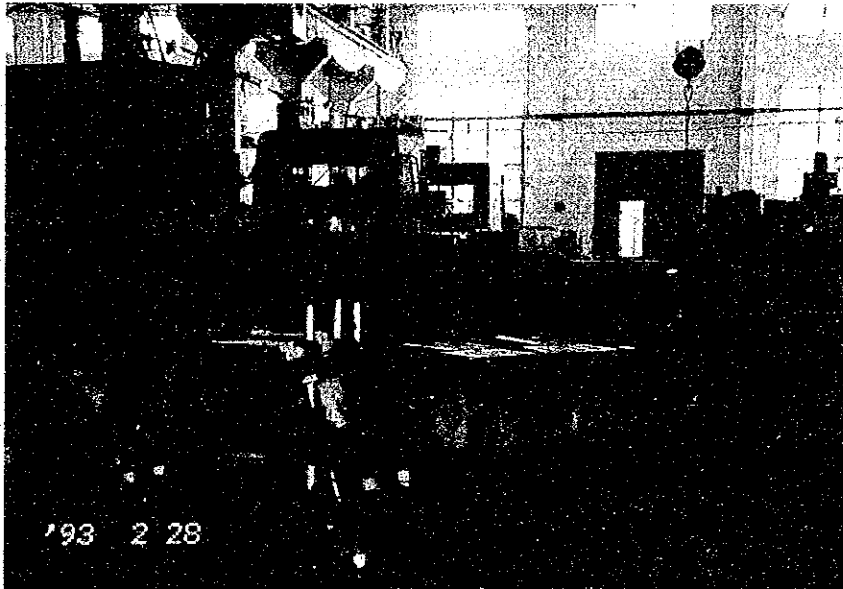


写真 3.7.4 無錫工作機械工場の大物機械工場での放置

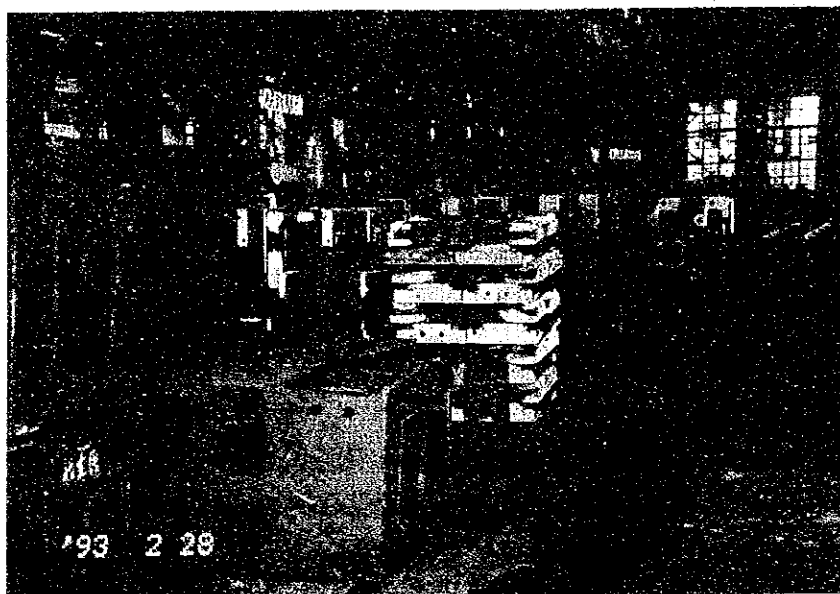


写真 3.7.5 無錫工作機械工場で機械の周りに仕掛品が多い様子



写真 3.7.6 無錫工作機械工場の一部で通路が仕掛品の置場になっている状態

(3) 現有設備の能率向上のための具体的改善案

設備更新については資金上の問題もあり、長期の合理化計画となるが、短期的には現有設備に対して如何にして能率の向上をはかるかが、大きな問題である。以下に問題解決のための、代表的な具体例について報告する。

1) 門型平削り盤

8.5計画が実施された後も、大物部品の加工は依然として門型平削り盤が中心とならざるを得ない。このために門型平削り盤の能率向上、加工精度向上の対策が必要となってくる。前述のように外段取りを徹底してワーク着脱時間 t_2 の時間短縮が必要である。写真3.7.7は大型マシニングセンターにおける t_2 短縮のための補助テーブルで、写真に示す如く、専用吊具および専用の置台を準備すれば、より能率的に且つ安全に作業が実施できる。また、本工場の門型平削り盤製作の経験を生かし、機械精度維持のための予防保全を確実に実施する必要がある。門型平削り盤の真直度精度に関しては機械ベッドのレベルの調整が重要で、これの定期点検を行い、機械精度の維持、向上を徹底すべきである。

また、切削工具は超硬工具のスルーアウェイ (THROW AWAY) 方式を採用し、工具の交換時間の短縮をはかるべきである。写真3.7.2は門型平削り盤の刃物台を回転式にしたもので、能率的である。現状の門型平削り盤刃物台の改造も可能ではなかろうか。一般に使用する超硬バイトの寿命は、シャンク (SHANK) 断面の大きさに左右されることが多い。高能率な切削を実施するためには、シャンク断面寸法は、経験から50mm×32mm程度が望ましい。前述の、V溝加工用の超硬巾広バイトで行ったような能率向上のための改善は、積極的に実行しなければならない。写真3.7.2に示す超硬丸駒バイトは荒削作業に極めて有効である。

平削り盤等の、前工程である罫引き廃止について創意工夫が必要で図3.7.3に示すセッティングゲージは、円筒研削盤のキャレッジ (CARRIAGE) 用のもので、左右端面をチェックすることにより容易に罫引きを廃止することができる。また、この考え方はマシニングセンターのパレット (PALLET) 上の取付具にワークを取付けることにも応用できる。写真3.7.8はプラスチック製のセッティングゲージの一例である。

2) 案内面研削盤

平削り盤と同様に、外段取りを増してワーク着脱時間 t_2 の短縮をはかることが必要となる。また、能率向上のための研究課題として、使用砥石に CBN砥石の採用を検討してみてもどうか。日本の大手工作機械メーカーではこの問題に取り組み、成功し正味切削時間 t_1 の大巾な短縮を実現した実績がある。

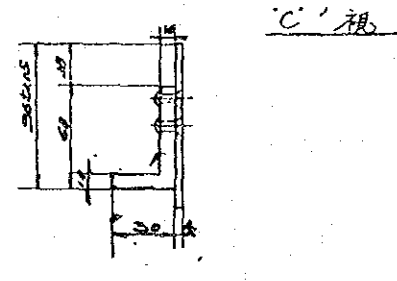
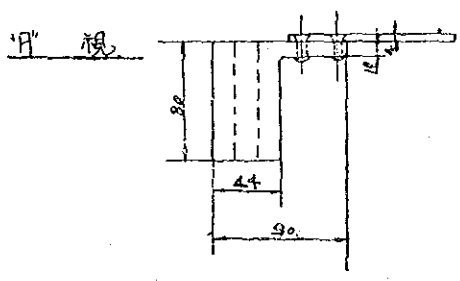
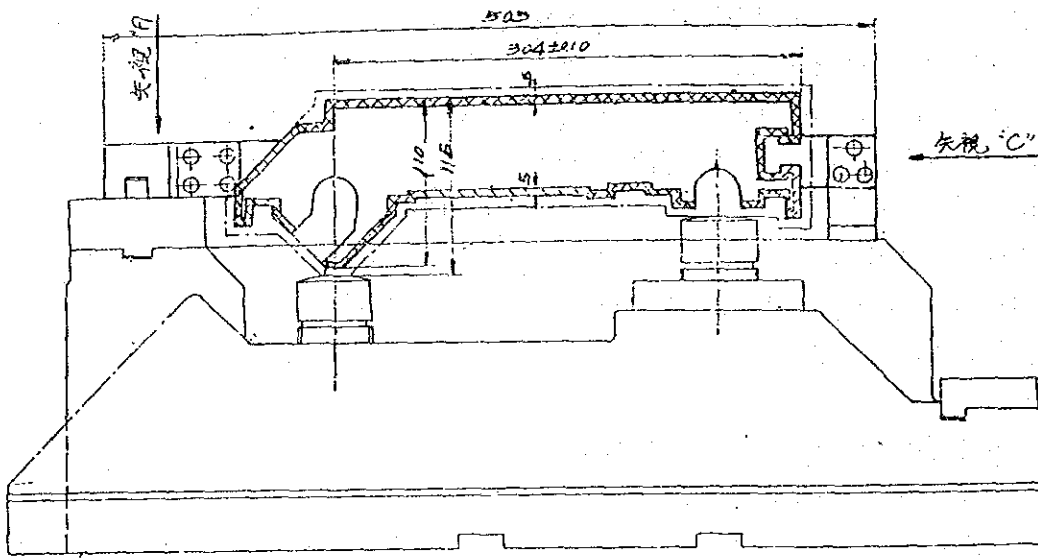
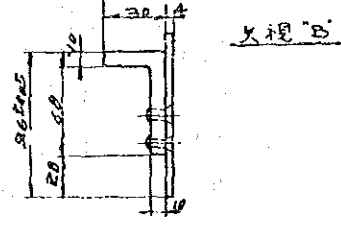
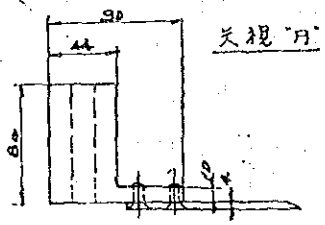
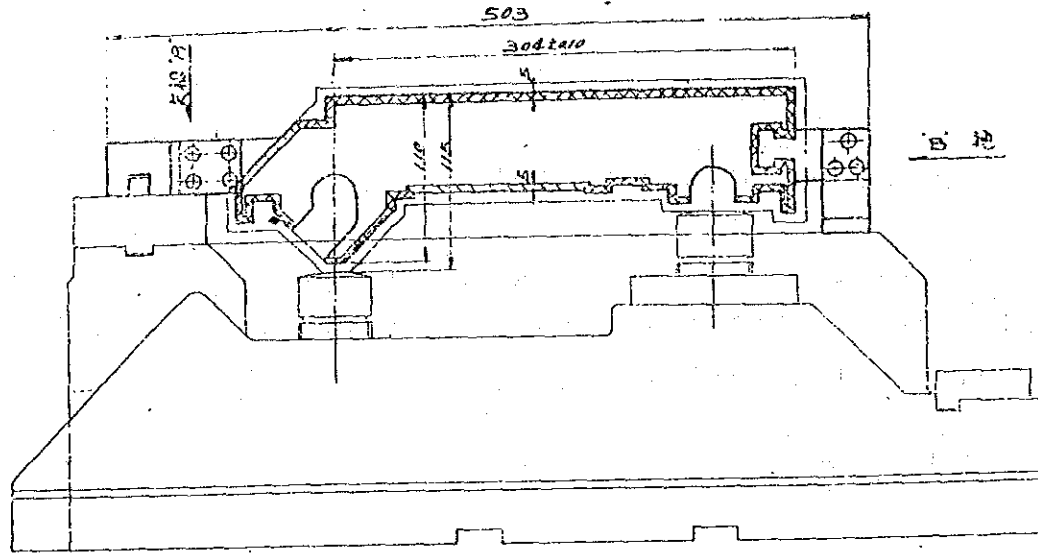


図 3.7.3 罫引き廃止のための代表的セッティングゲージ

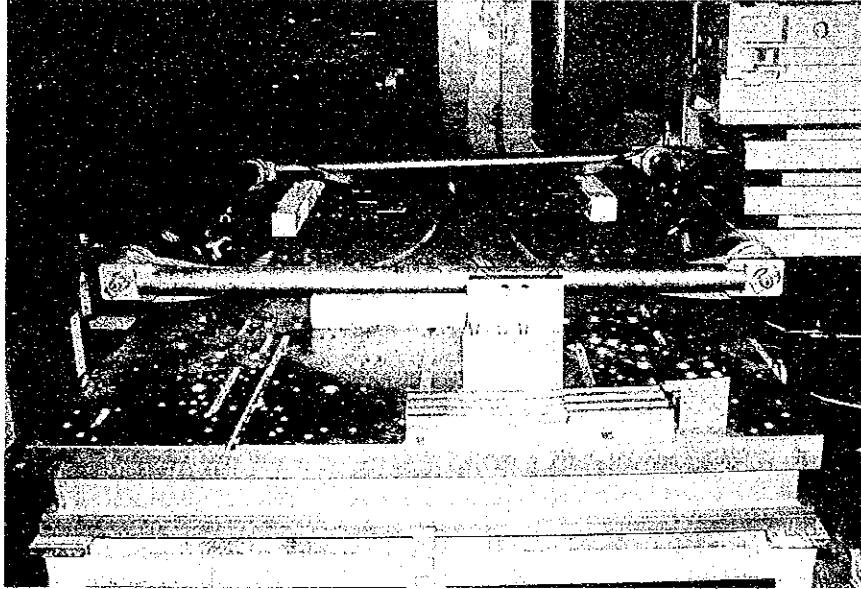


写真 3.7.7 日本の工作機械工場における補助テーブルの活用例

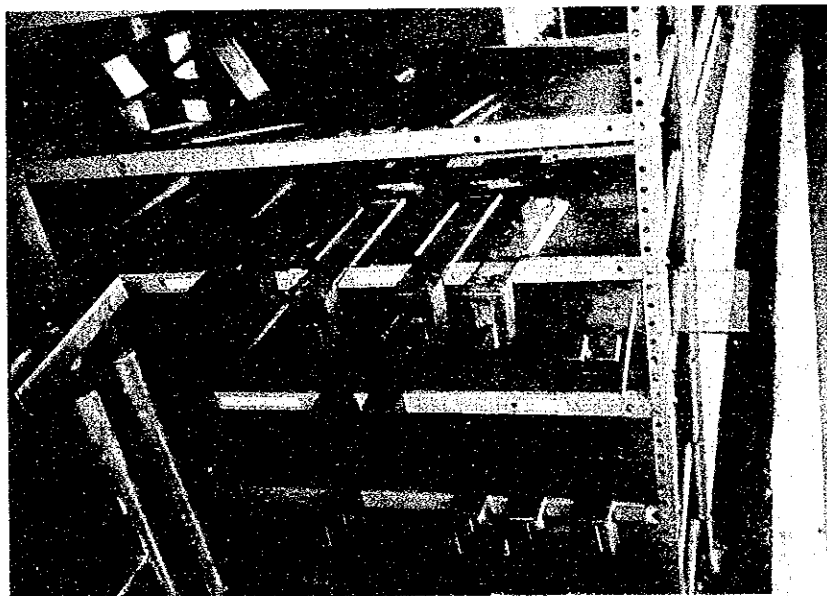
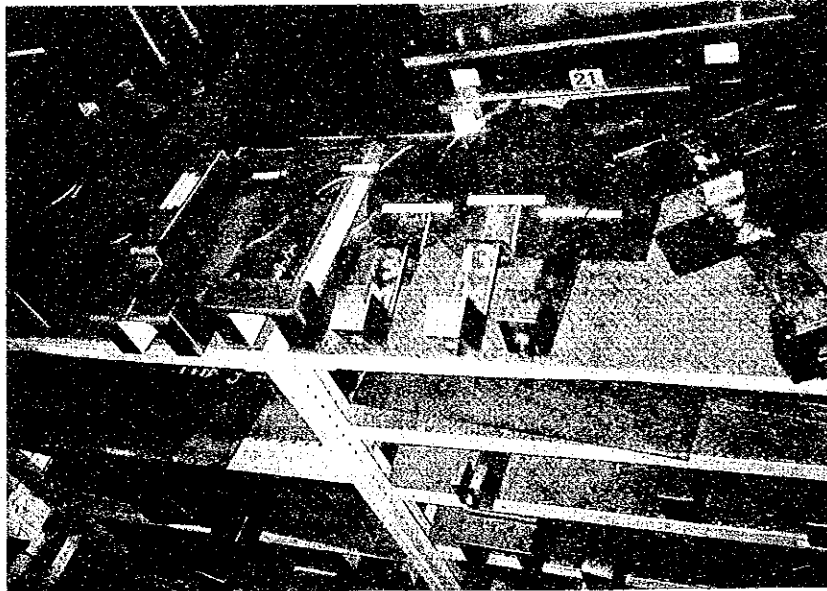


写真 3.7.8 マシニングセンターで使用するセッティングゲージ (プラスチック製)

参考迄にその仕様を示す。

1. 砥石寸法 $\phi 650\text{mm} \times 80\text{T}$
2. 砥石の種類 BN80G125V3
3. ドレッサー $\phi 150\text{mm} \times 3\text{T}$
4. 加工物 FC-30、ベッド、2個/テーブル
5. 砥石周速 $32.3\text{m}/\text{sec.}$
6. 工作物速度 $30\text{m}/\text{min.}$
7. 切込量 0.005mm
8. 効果
 - a. 生産性が1.5倍に向上した。
 - b. ドレッシング間隔は従来の1/100
 - c. 表面粗さ $0.3 \sim 0.6 \mu\text{mRa}$

実際に現在の稼働状況を調査したが、生産性が1.5倍向上すれば、投資効果は充分であろう。

3) 横中ぐり盤

ワーク着脱時間 t_2 の短縮のための外段取り用取付具の検討が必要となる。また、中ぐり作業における穴寸法確保のために写真3.7.9に示す調整式のスルーアウェー化したボーリングバー (BORING BAR) の採用を積極的に行うことによる能率向上と加工精度の確保が必要となる。また、工具の位置決め時間 t_7 を短縮するために、現有機械の X、Y、Z軸に読取り装置を取付ける改造も必要である。

尚、無錫工作機械工場の新鋭機であるDIXI 310、CINCINNATI T30の稼働率があまり良くないように感じた。これ等の有効利用についても、対策を検討する必要がある。

4) その他の設備機械

汎用機が大部分を占め、作業能率が悪い機械が多い。これらの能率向上には、設備機械更新、改善、切削工具による改善、作業ペースの改善等多くの問題がある。

以上で述べたことは能率向上のための具体例であるが、これらは氷山の一角にすぎず、8.5計画を達成するためにも、生産技術部門が中心となった組織的、且つ全社的な改善運動が必要であろう。

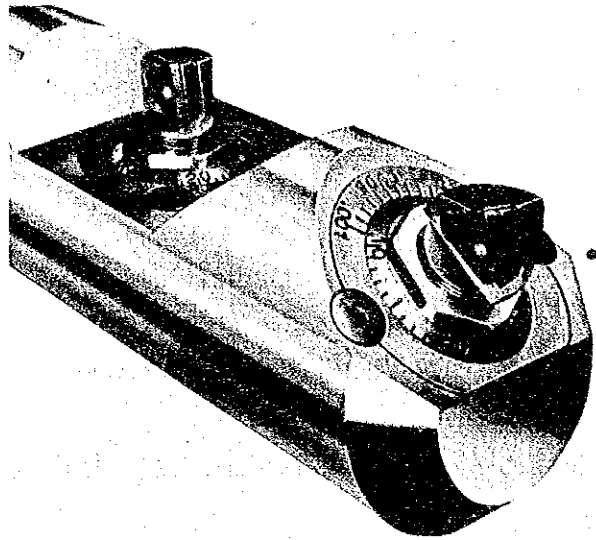
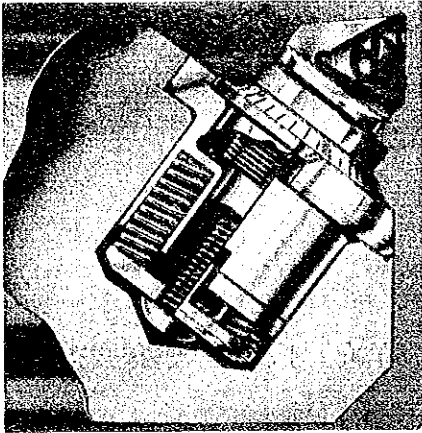


写真 3.7.9 調整式のスルアウェー化したボーリングバー

(4) グループテクノロジー (GT) 化に基づく設備機械の配置

代表的なGT分類を図3.7.4 に示す。

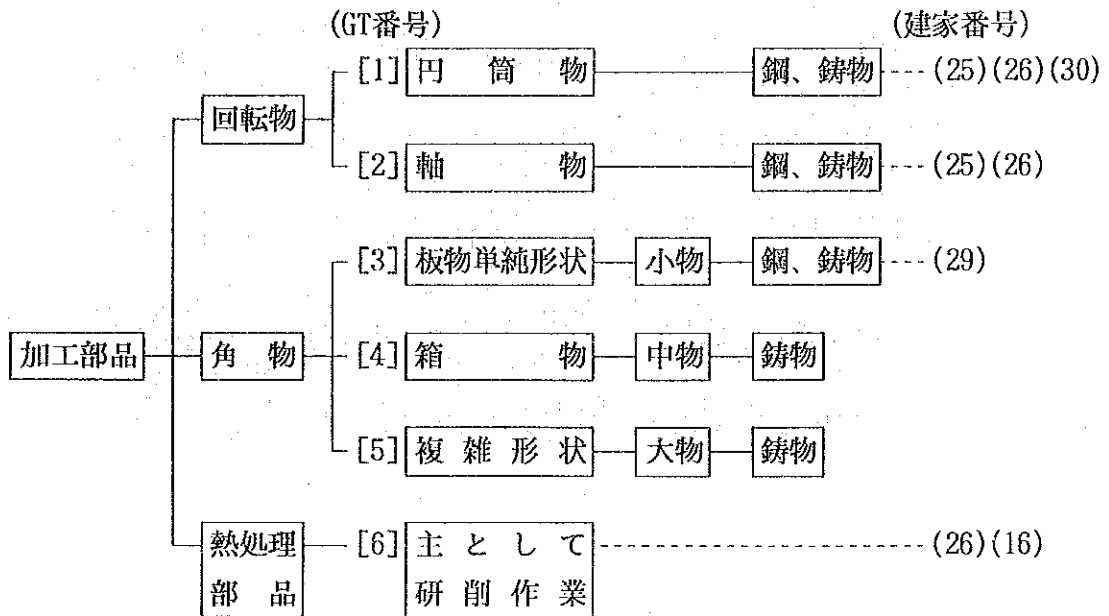


図3.7.4 グループテクノロジーでの分類表

無錫工作機械工場では、大物（ベッド、テーブル類等）、中物（箱物等）(10)の機械加工工場は加工機械別に機械配置がなされており、また、(27)別棟にも配置され、工程管理上の物流が配慮されていない旧式な機械配置となっている。しかしながら、軸物、円筒物(25)(26)、小物部品(29)、歯車油圧部品類(30)については、GT分類にそって分かれており、設備機械の能率問題を除けば、GT化の効果は発揮されていると思う。また、グループ内にGT化の基本である素材置場も準備され、工場も改装された様子で、通路も確保され、清掃も行われていた。写真3.7.10に示すように、作業員が多いが、無錫工作機械工場では一番まとまった職場であろう。また、(26)の一部に空調室があり、STUDER円筒研削盤、他2台の研削盤で砥石軸、主軸等の精密研削を実施している。これは、GTレイアウトとしては良いと思う。尚面積が余裕があるので、もっと機械を配置して集中的に軸物の研削加工を実施すべきではないか。

(11)では重要機械である大型案内面研削盤が稼動し、空調設備がなされている。前述のように仕掛品置場等の整理、整頓、清掃を実施しなければ空調室にした意味がない。すなわち、この棟に、切屑、泥、ゴミ等を持ち込まぬ様な運搬上の配慮が必要である。

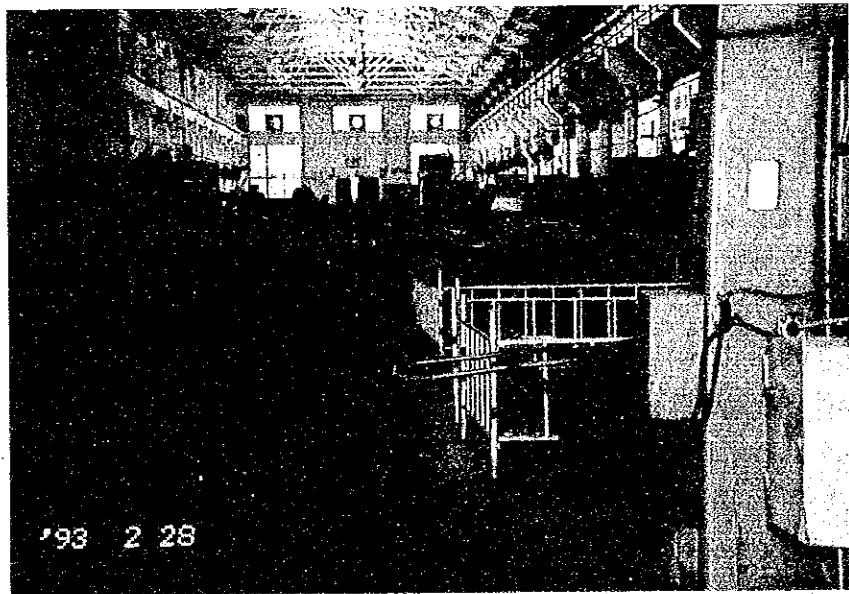
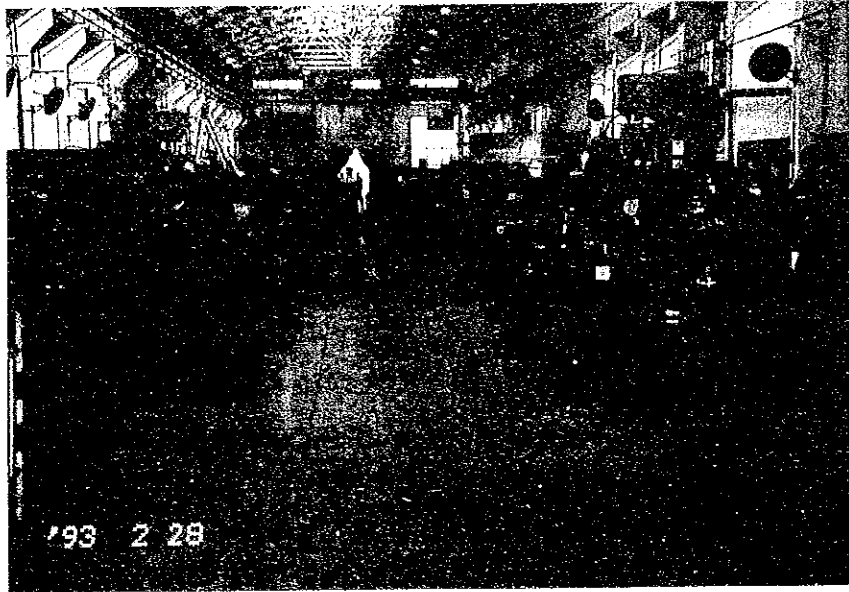


写真 3.7.10 無錫工作機械工場で最良のGT職場

(16)はガイド、プレート類の研削専門の工場で、平面研削盤が主体で、問題の双Vガイドレールを研削していた。このように高精度の研削工程を専門化したレイアウトで行うのは良いと思う。(19)の1階は高周波砥石軸関係を専門的に機械加工しており、工程管理上製品別に分離したレイアウトで管理し易いと思う。

以上(25)(26)(29)(30)のGT化された職場では、研削盤と、2台のNC旋盤を除く旋盤、フライス盤、形削り盤、ボール盤等は旧式で作業能率が悪く、今後、NC旋盤、マシニングセンターに置換える、合理化対象の機械である。

以上の調査結果からみて分類表で区分するとGT番号[4][5]が合理化の対象となる。[4][5]以外は一応区分も明らかになっており、今後の設備更新と作業改善による、能率向上対策が重要課題である。なお、GT番号[4][5]の合理化については、その1部が8.5計画に含まれている。

3.7.4 8.5計画の機械加工設備の早期稼働のための重点実施事項

8.5計画で導入する機械加工設備は、3.7.1で述べたように“機械加工合理化のための基本的考え方”に合致するもので、今後、無錫工作機械工場における近代化を進める上で、第一歩と考えられ、8.5計画を成功させて、次のステップに対する流れを作ることが重要で、無錫工作機械工場全体の生産効果を判断するための基準になると考えられる。8.5計画における、NC機導入に際しては現在の生産システムを十分に調査、分析、検討したものと理解する。NC機の導入目的と、期待する効果を明確にし、更に、その効果の評価基準を明確にしておく必要がある。

導入の目的は次のことではなかろうかと考える。

1. リードタイムの短縮
2. 部品仕掛の削減
3. フレキシビリティの拡大
4. 段取り工数の削減
5. 部品の品質向上

これらは全社的協力体制の中で、具体的な検討をすることにより、大きな効果を示すもので、このために、全社的なプロジェクトチームの編成による実行を提案する。従って、8.5計画機械設備計画の目的を達成させるためには、十分な事前準備計画が必要であり、これがこの報告書の工場近代化計画(9.5計画)のベースとなることを充分理解する必要がある。各部門別に具体的な実施事項について報告する。

(1) 生産管理部門

1) 生産ロットサイズの検討

(a) 生産期間短縮とロットサイズ

リードタイムの短縮は、多種少量生産の市場のニーズである。従って、工場での対応手段としてはロット、サイズの縮小化を行う方向になる。これは見かけの生産量は多くても生産サイクルを小さくしなければならないことを意味する。

(b) 工程仕掛り量の減少とロットサイズ

各工程における仕掛り量の削減は製品コスト低減に大きく影響するもので、設備の能率

向上と共に重要な要素である。これは工場独自の手法で解決する以外に方法はない。
仕掛り量が増加する一般的な原因として、

1. 加工工程数が多い。(機械間の渡り歩き)
2. 機械間での停滞時間が長い。
3. 工程間の運搬回数が多い。
4. 生産管理が計画的でない。

1の工程数が多いことは必然的に2、3に影響する。このことはマシニングセンターによる工程の集約化の効果が大きいことが容易に理解でき、ロット、サイズ縮小化のデメリットを解決するための基本的条件となるであろう。

(c) 多種少量生産におけるロット、サイズ

多種少量生産におけるロット、サイズは比較的小さく、また、生産状況により変動するのが普通で、これにより発生するのが、段取替時間である。汎用機での生産では特に重要で、機械の停止時間を少なくし稼働率を上げるために、内段取を極力少なくして外段取りにする細かな工夫が必要である。

(2) 設計部門

NC機械で加工する部品に関しては、下記の点での図面を再検討する必要がある。

1) 公差の見直し

使用するNC機械の工程能力に見合った公差の見直しをすること。部品の構造及び加工精度の点で、作業者が不安を持つような個所を再検討する。また、NC機械の精度に関する工程能力を把握し加工図面に示す。寸法公差、特に形状公差(同心度、真円度、平面度、直角度等)について検討する必要がある。

2) 標準化された工具で加工するための設計の見直し

NC機械で使用する工具は当然のことながら標準化しなければならない。これら標準化された工具で加工可能なように設計の見直しが必要となる。

従来、加工している汎用機での使用工具を基準には考えられない。例えば、NC旋盤のように機械によって限られた数の切削工具しか取付けられないものでは、加工対称部品に対

して工具の共通化、共用化をはかる必要があり、部品特有の工具の使用を極力減らす様、設計の見直しが必要である。このことはNC旋盤のみならずマシニングセンターについては、更に重要な事項となる。

このことを充分検討しないと、工具の数、種類が多くなり、NC機の経済性の問題迄波及することになる。工具の標準化、共用化は必要で、実施に際しては生産技術部門と共同で検討を加えるのが望ましい。これを機会に、新製品開発の項で述べたように、製品原価対策としてのVE検討も合わせて実施するのも一つの方法であろう。

3) 使用工具数を最小限にするための見直し

一つの部品加工で使用する工具数が多いということは、工具交換時間、テーブル割出しなどの非切削時間が増加し、結果として加工時間が増えるという悪影響を及ぼすことになる。

具体的な例として、タップ穴、ドリル穴の寸法を可能な限り統一し、工具の本数を減らすことによるメリット、即ち、工具交換時間の減少稼働率の向上をはかるべきである。無錫工作機械工場より、加工時間算定のために依頼された MG10100 (ベッド) および、MZ208 (ベッド) の報告書に示すプロセスシート (PROCESS SHEET) の内容を検討すれば、このことは容易に理解できると思う。

4) 工具の破損、工具寿命の短縮につながるような設計

具体的例を上げれば、突抜けドリル穴が鋳物のリブ (RIB) の一部にかかること、斜めの穴明、深穴加工、フライス加工での不必要な巾広な面切り等を廃止して、工具寿命の延長をはかる。特に注意することは、小径穴 (ϕ 4以下)、小径タップ (M-5 以下) の加工は極力避ける。鋼材加工の場合は特に注意する必要がある。これらが自動化の大きな障害となることがある。

5) 同一加工工程での高精度な基準面、基準穴の加工

加工精度の高い基準面及び基準穴は同一加工工程で実施する。組立の際に基準となる基準面、基準穴等の関連のある加工は、同一取付で加工することが必要である。工程を分けることは寸法精度、形状公差の確保が難しくなる原因となる。具体的な例として、汎用機での基準面の同一加工に関して、MZ208用ベッドの加工があげられる。

6) 重量物部品等の取り付け、搬送を考慮した設計

重量物及び形状の複雑な部品に対して、部品の取り付け及び搬送を考慮した設計が必要である。

重量物の取り付け、取り外し作業は安定した状態での作業が望ましい。不安定な部品の取扱いは、能率面、安全面からも考慮が必要となる。例えば、捨ボスの追加等の設計上の配慮が必要となる。

7) 取り付け、取り外しを考慮した部品設計

加工部品の取り付け、取り外しに、作業者が注意を払わなくてもすむ部品形状の設計が必要である。

部品の構造的な剛性不足のために、取り付け時に歪んだり、取り外すことにより加工精度が変わるという問題は、実作業で相当多く見受けられる。剛性を持った構造、あるいは取り付け面に対する締付位置を設計段階で考慮し、作業者が単純に機械的に作業が行えるような配慮が必要であろう。この結果として、作業性、取り付けの再現性、段取り時間の短縮につながる。

(3) 生産技術部門

NC機械を有効に活用するため、生産技術部門は設計部門と協議し、図面内容の検討をする必要がある。通常、設計部門は出図したものに対する変更には、消極的であるので、効率の良い加工のための改善体制及びその組織が必要になる。この活動によって、部品の機能及び品質を落とさずに効率的な作業が実施できるものである。以下に主な活動の内容を述べる。

1) 工具の標準化とその管理

加工プログラムの作成及び使用する工具の管理の面から、工具の標準化は極めて重要な役割を持っている。多種少量生産では、標準化された工具の活用度合いを増し、特殊のものについては、標準化された工具の手直し程度で済ませ、出来るだけ標準工具で加工できるような設計変更が必要となろう。切削加工の高速化と高能率化の要求に対して新しい工具が多く発表されている。これらの新工具の形状、構造、材種等にどのように対応するかは極めて重要な課題で、マシニングセンター等の工具費を最小限にするため、標準化による共用化が必要となってくる。新しい工具への対応方法に関して、次の点が検討事項としてなる。

1. 形式、種類を最小限に統一し、標準化する。
2. 切削工具の材種の良いメーカーを選定する。
3. 保守、管理が簡単なものを選定する（再研削を含め）。
4. 切削性、精度の再現性が高いものを選定する。

具体的には、NC旋盤においては、超硬スルーアウェー（THROW AWAY）方式の工具を採用した、パーマネントツーリング（PERMANENT TOOLING）の採用を推奨する。例を図3.7.5、図3.7.6、写真3.7.11に示す。マシニングセンターの場合は、複雑な加工、加工工具の種類、加工寸法の相違でパーマネントツーリング採用の考え方は無理であるけれども、機械に収納できる工具本数は多い方が望ましい。

切刃の復元性、精度、切味の安定性、経済性等の観点から、スルーアウェー方式の工具を採用すべきである。写真3.7.12には代表的な工具を示す。機械の能力を発揮し、能率向上、品質の安定化のための工具の選定が最重点課題となる。8.5計画で導入する五面加機（大型マシニングセンター）の主軸馬力は22kwを考えているようである。

2) 切削条件の標準化

切削条件の標準化は、NC機械を有効に稼働させるための、重要問題の一つである。切削条件は、使用する機械の性能、標準化された新工具によって決定されたものでなければならないので、従来の汎用機での切削条件は参考にならない。また、切削条件を決定する際には、部品の剛性、要求精度等も考慮に入れる必要がある。

無錫工作機械工場から加工時間の算定を依頼された報告書に示す部品加工用のプロセスシートに示してある切削条件は、現在、五面加工機、マシニングセンターで実際に使用している切削条件であり、参考にしてもらいたい近代的なレベルのものである。

3) 工具室の機能

工具室の機能は、工具の標準化に関連する機能として重要なもので、必要な機能必要として下記のことが考えられる。

1. 使用する工具を整理、保管し、いつでも対応ができる。
2. 使用する工具をすぐに使える状態で準備する。即ちプリセット（PRESET）の作業であり、工具カード等で決められた工具と保持具の組付、必要な寸法に調整測定して保管する。
3. 2項を実施するために工具プリセッター（PRESETER）が必要となる。写真3.7.13にこの利用状況を示す。

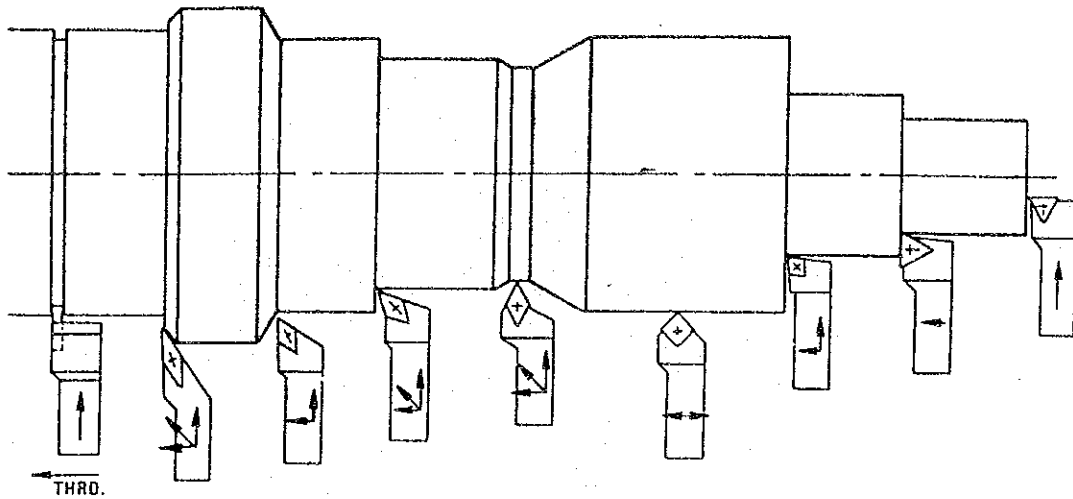


図 3.7.5 パーマネントツーリングによるNC旋盤の加工例

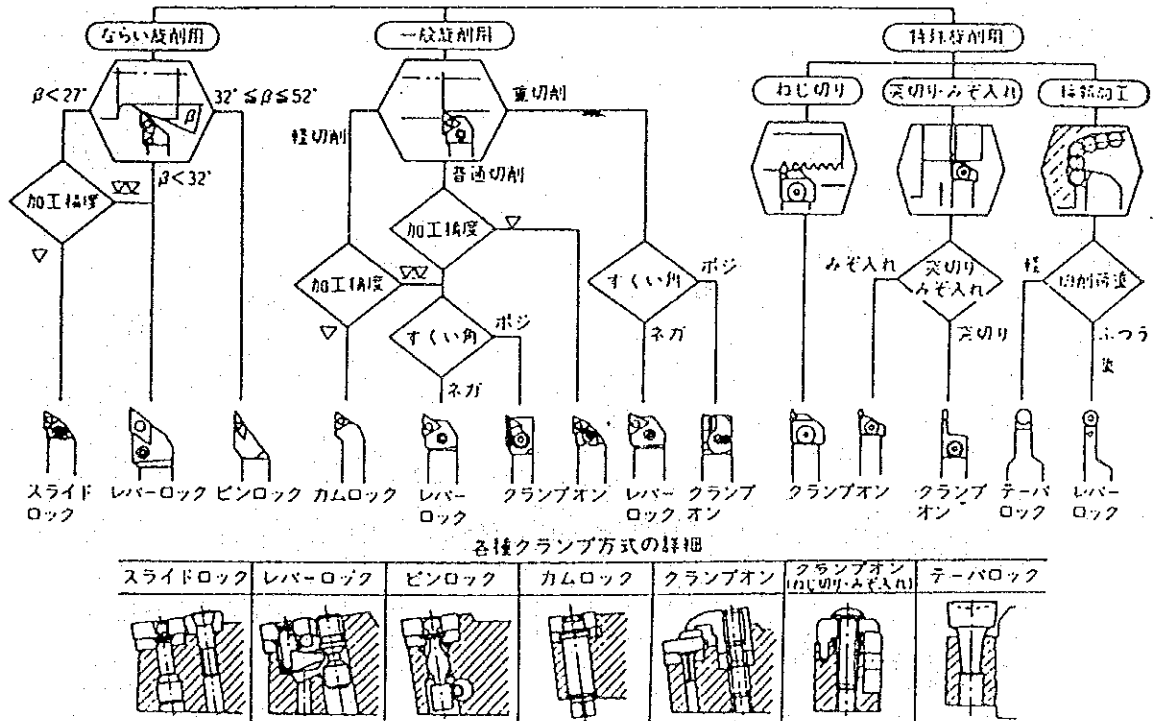


図 3.7.6 NC旋盤で使用されるスルーアウェー工具の具体例

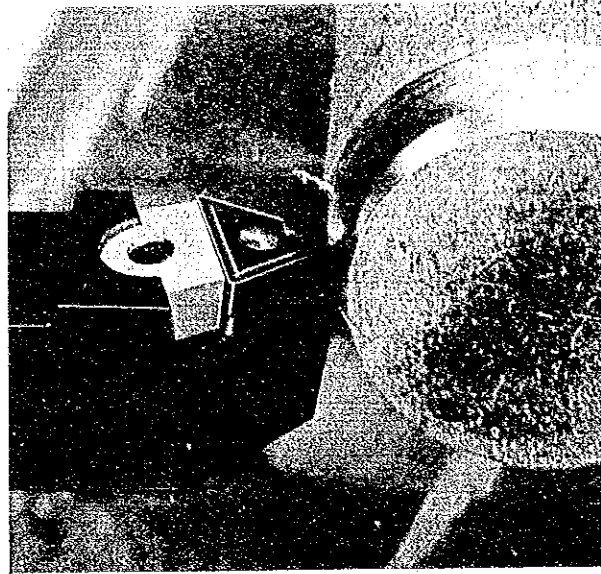


写真 3.7.11 スルアウェー工具による強力切削

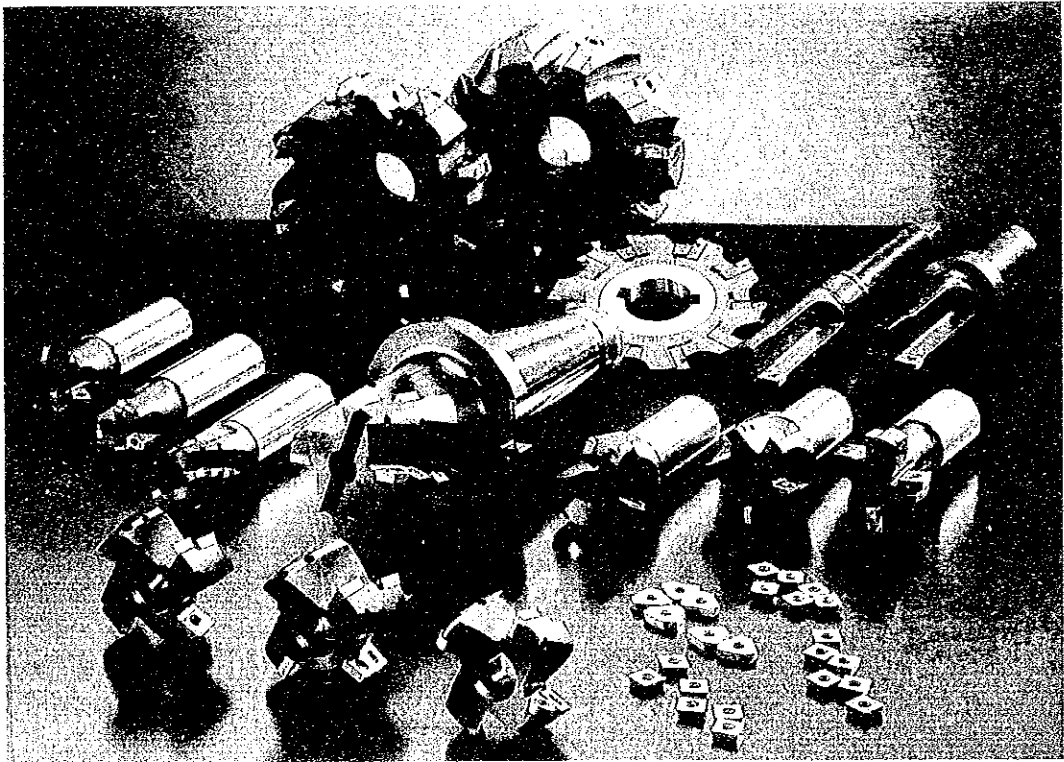


写真 3.7.12 マシニングセンターで使用するスルアウェー化された切削工具の代表例

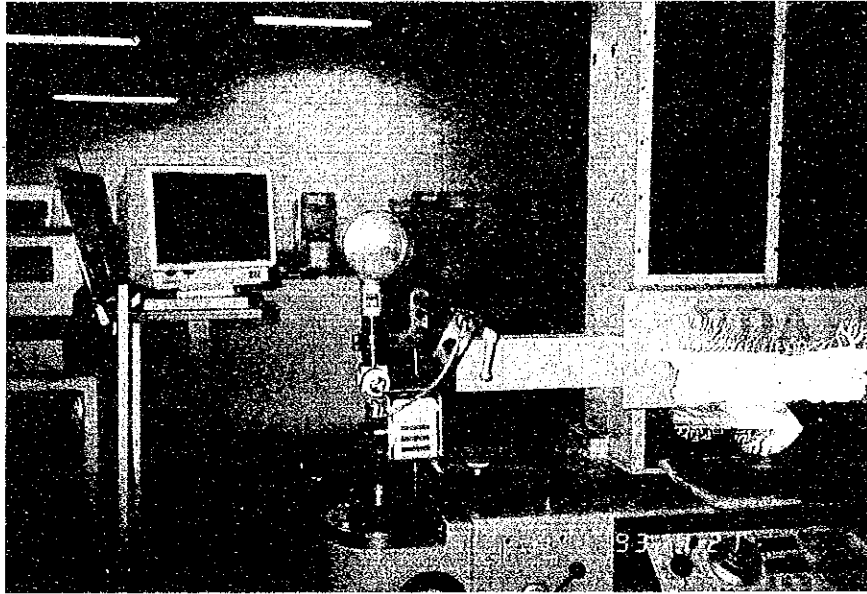


写真 3.7.13 工具室内の工具プリセッター利用状況

4. 工具研削盤を備え、工具の再研削、または、修正を行う。
5. 必要な時に、必要工具を直ちに供給できる体制をとる。

以上の機能が切削に対し重要な役割をになうものである。写真3.7.14はマシニングセンター工具の保管状況を示す。

4) 取付具の標準化

本工場のような多種少量方式に適合する取付具は如何にあるべきかを十分に調査、検討し、その方向付けをする必要がある。取付具についての検討の着眼点とし次の事項が考えられる。

1. 調整しなくても位置決めができる。
2. 取付けの再現性があり安定している。
3. 取付けによるワークの歪が少ない。
4. ワークを取外しても加工精度に影響しない。
5. 安全で能率良く取付け、取外しができる。

一般に、取付具の標準化は加工部品を中心に、専用型、共用型、汎用型（ユニット組立）に分類して決定する。大物部品、中物部品はこの分類が難しく、専用型にならざるを得ないが、類似部品については共用化の方向での検討も必要になる。小物部品について共用型、汎用型の分類の検討を怠ると、加工部品点数が多くなり、取付具費用や保管の問題が発生する。また、小物部品については、取付具への多数個取付け方法の研究が必要となる。マシニングセンターに於いて、連続長時間稼働をさせることは能率向上必要なことである。

1個の取付具に出来るだけ多くの部品を取付けるよう配慮して、1個の加工時間の短い部品でも多数個取付けを可能にすることにより、長時間の無人化運転ができ、能率的である。

多数個取付具は一般に横型マシニングセンターでは角柱型、短形柱のものが多し。写真3.7.15は角柱型取付具の鋳物素材を示す。内部のリブに注目して下さい。図3.7.7、図3.7.8、図3.7.9は取付具の図面を示す。実施に当たっては、類似工程部品を集め部品のパーツファミリー化をはかる必要がある。なお、これらの事項は工程設計の段階で明確になっていなくてはならない。

5) 素材寸法の精度管理

加工全盤の生産性を高める一つの条件として、取付け時間を最小限にするために、素材精度の向上と安定化が必要となる。また、取付具への取付け安定のために、形状寸法精度の管理が必要である。

四面イケール (重量≈1200kg)

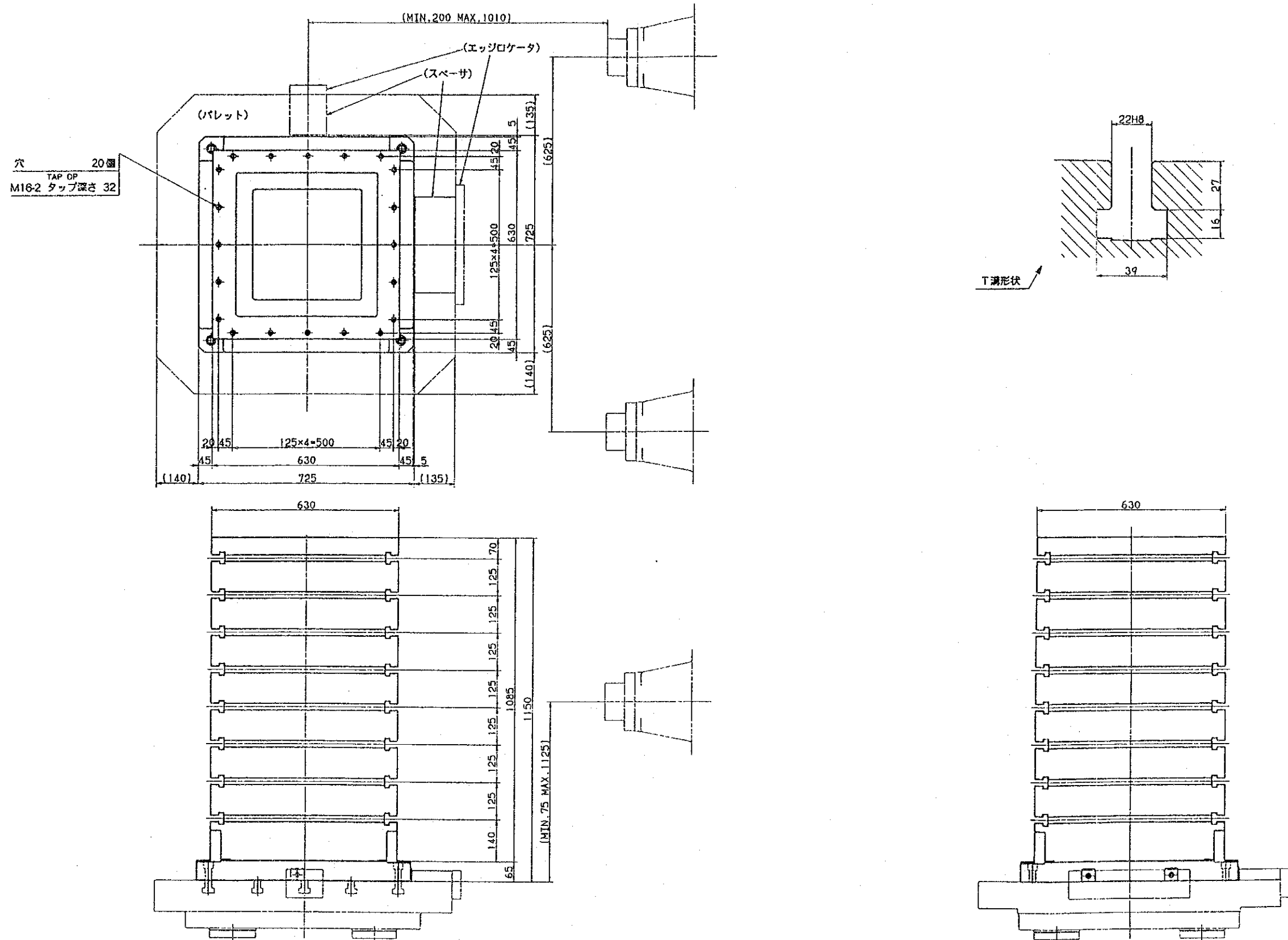


図 3.7.7 取付具図面 (1)

両面イケール (重量≈1550kg)

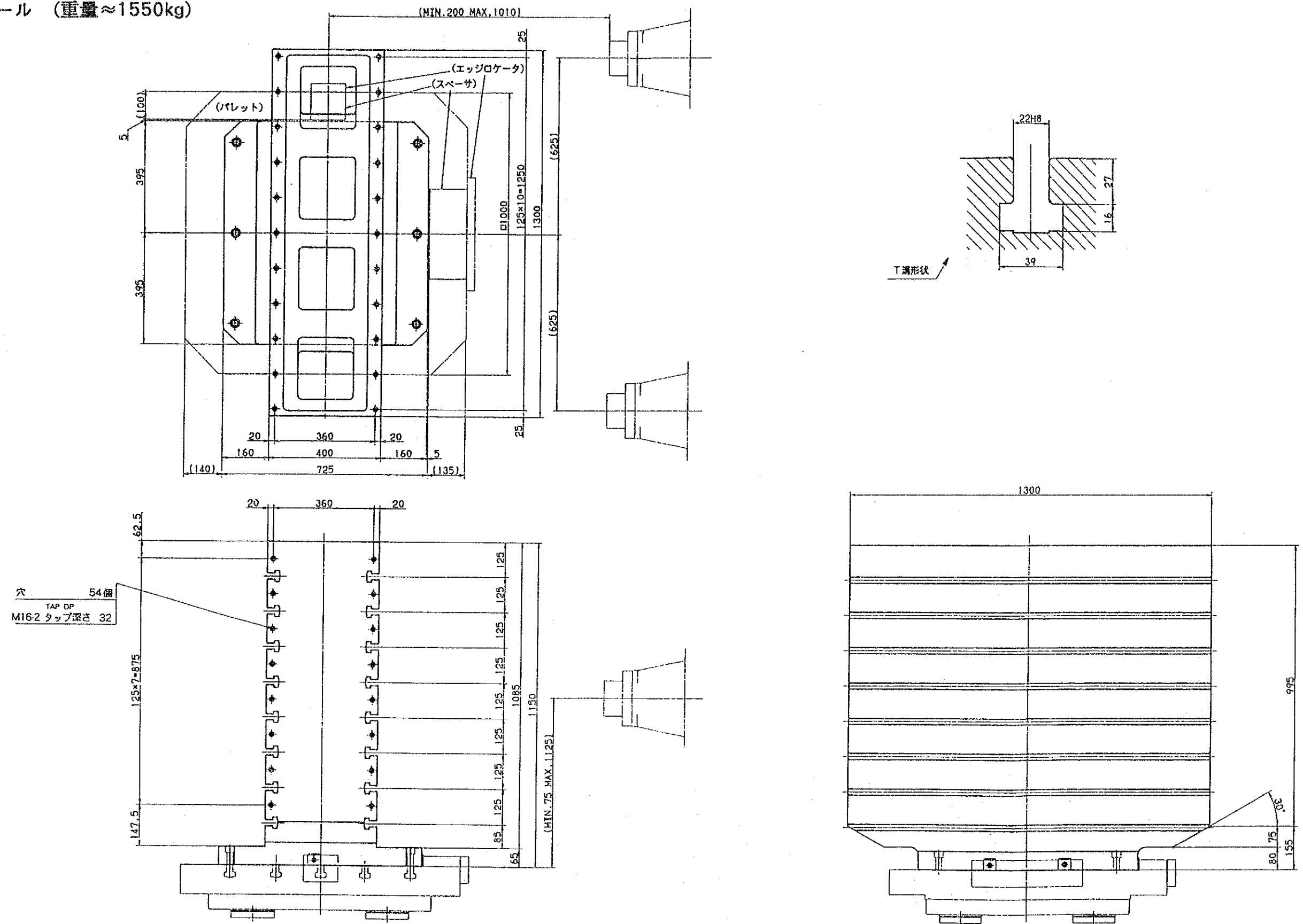


図 3. 7. 8 取付具図面 (2)

片面イケール (重量 ≈ 950kg)

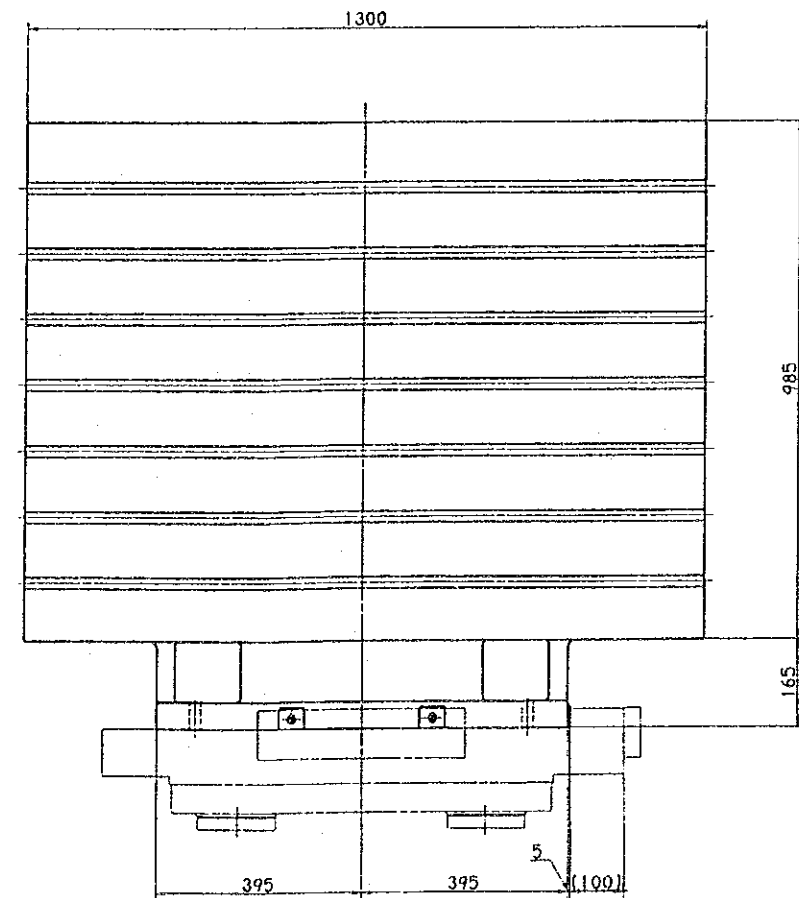
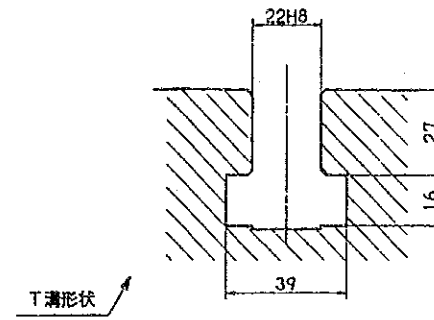
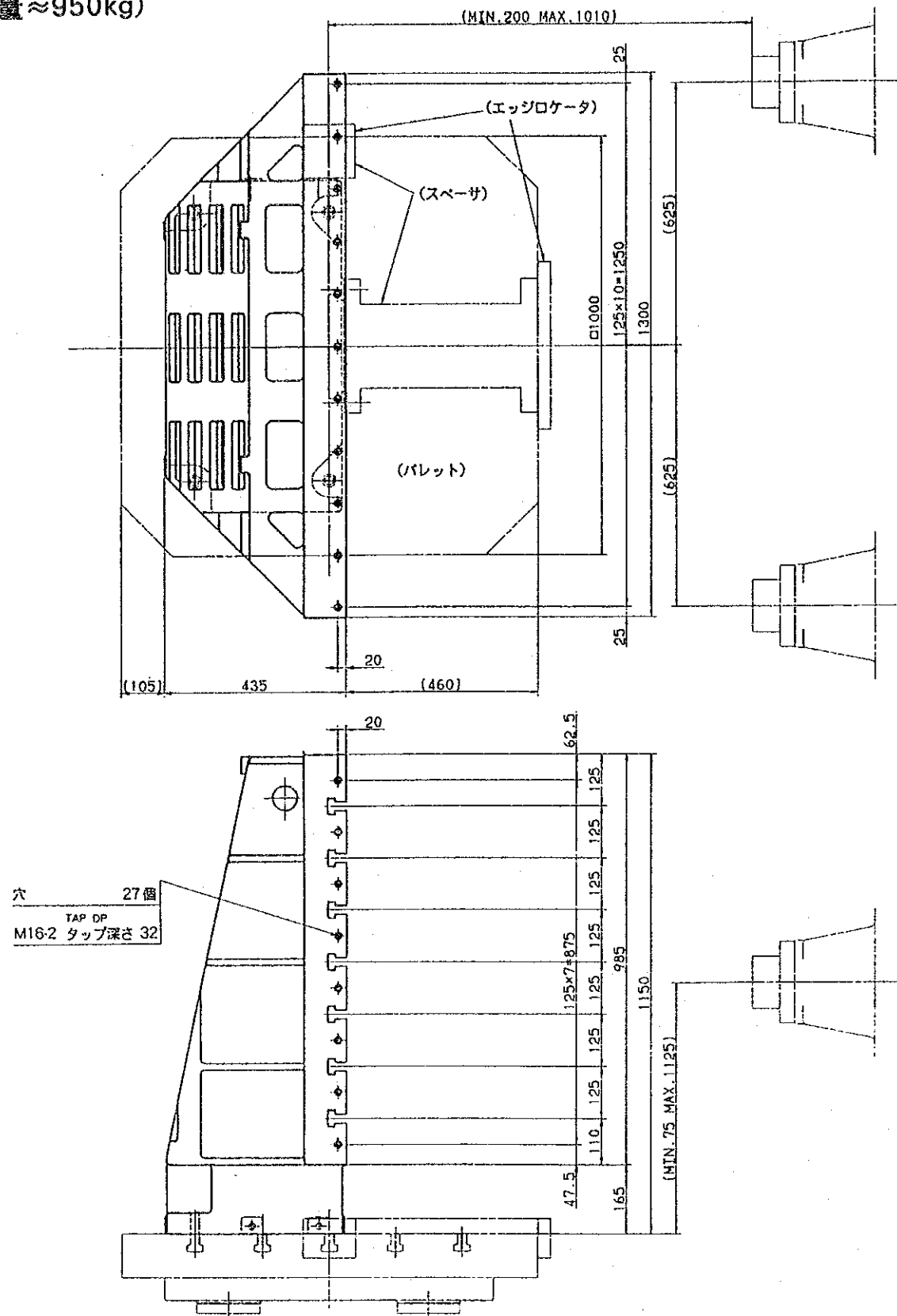


図 3.7.9 取付具図面 (3)

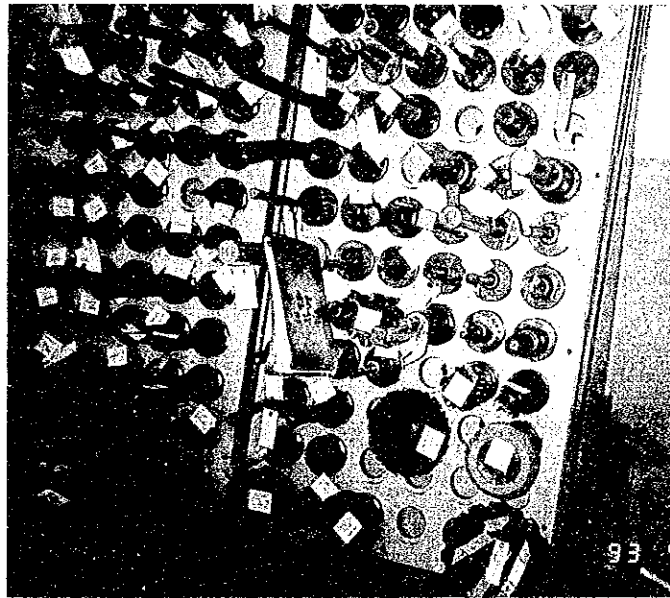
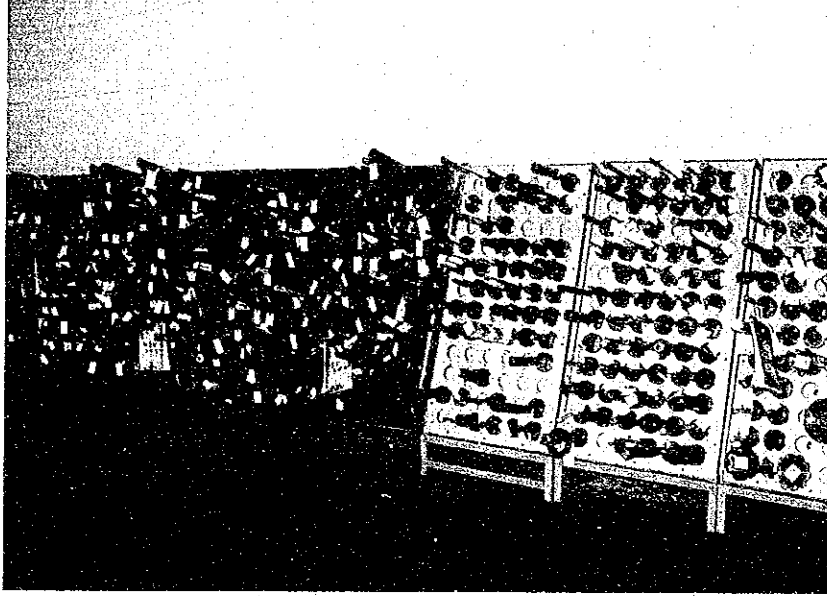


写真 3.7.14 工具室内の工具の保管状況 (マシニングセンター)

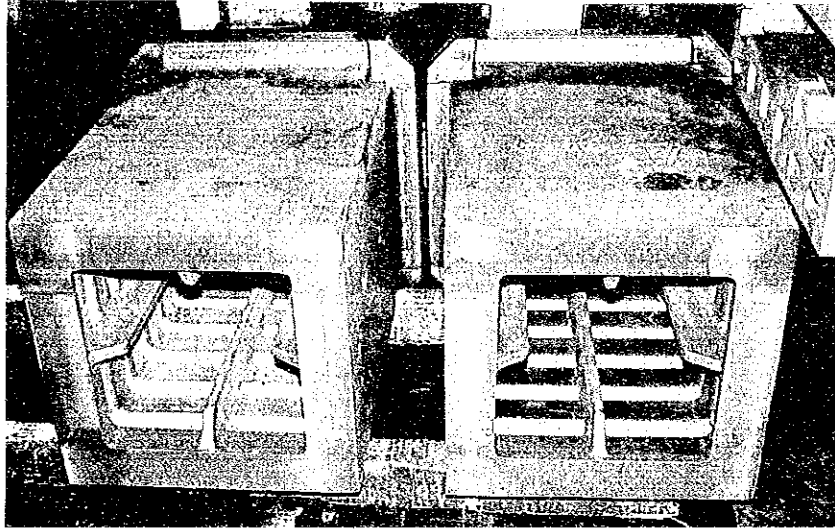


写真 3.7.15 角柱型取付具素材

6) 長時間運転のための新技術の採用

機械を無人で長時間運転するためには、機械周辺の整備も考慮する必要がある。その監視システムとして、適応制御機能、主軸負荷監視機能、工具寿命監視機能、工具破損検出機能等があり、また、測定システムとして、ワーク自動測定装置、工具長自動測定装置等がある。これ等は目的に応じて活用することが必要となってくる。一般には、NC機のオプション (OPTION) として用意されている。

7) NC機械設備の保守点検

(a) 日常点検のルール化

日常点検は保守の原点であり、個々の設備毎の点検カードを作成し、毎日 1回確認することが極めて現実的で効果のあるものである。設備の故障は突発的に発生するものもあるが、一般には、時間の経過とともに発生することが多いので、日常点検は大きな意味を持つものである。日常点検→定期点検→計画保守点検と発展することが望ましい。これは生産技術部門と設備保全部門とで協議して決定すべきである。

(b) メーカーとの保守契約

最近のNC機械は自己点検機能を持っているが、NC装置内部の電氣的にキャッチできる部分だけが対象であり、原因が判明しても対策がうまくいかない。こうした問題に対しては、メーカーとNC装置を含めた保守契約を結ぶことが必要である。

(c) 故障内容の管理

故障内容、故障個所が段々判ってくると対策も立てられるようになるもので、このために故障データの記録を整理し、保守管理のレベルの向上をはかる必要がある。

8) NC指令データの作成

当然のことながらNC工作機械の稼動に当たっては、品質の高いNCテープを短時間に作成する必要がある。更に、これを実行するための組織的な運営が必要となる。このため、組織メンバーとして専任のプログラマーの養成が急務である。

プログラマーは工程設計のできる生産技術者であることが必要条件となり、機械加工の技術、知識を持ち、取付具、工具の標準化等の展開ができる能力があることが必要で、場

合によっては、オペレーターとしての技術も身につけて、オペレータと共に表裏一体となって実作業をチェックし、改善を積極的に実行する行動力が要求される。

NC工作機械はNCテープに穴明されたNC指令データに基づき動作する。NC指令データは部品を加工するために必要な、工具の通路、切削条件、切削工具の選定、加工手順等をもとに作成する。NC指令データの作成をパートプログラミング (PART PROGRAMMING) といい、定められた規則に従って、工具の通路、機械の動作等をプロセスシートの記載に基づいてパートプログラミングし、パンチャー (PUNCHER) を用いてプロセスシート内容をNCテープとして出力する。

NC指令データの作成には次の 2つの方法がある。

(a) マニュアルプログラミング

マニュアルプログラミング (MANUAL PROGRAMMING) とは、部品の加工図に基づき、工具の移動する軌跡、NC工作機械への動作指令等の情報を手計算で求め、定められた形式に従って、プロセスシートに記入し、NC指令データを紙テープとして出力するものである。この方法では、複雑な部品になると、正しいテープを作成するのに長時間を要し、場合によっては不可能な場合もある。

図3.7.10にマニュアルプログラミングによるNCテープ作成の手順を示す。

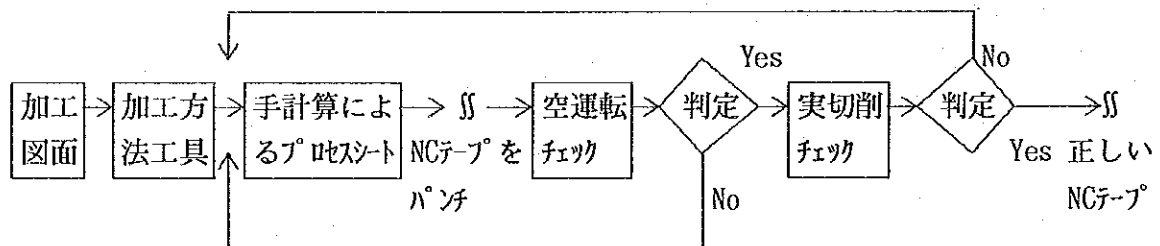


図3.7.10 マニュアルプログラミングによるNCテープ作成手順

(b) 自動プログラミング

自動プログラミング (AUTOMATIC PROGRAMMING) とは、加工形状の定義や工具の軌跡等を NC言語でプログラムし、コンピューターに入力することにより、コンピューターが自動的に工具の経路を算定し指令データを含んだNCテープを出力するものである。

自動プログラミング装置の主な構成は下記の通りである。

1. 主制御部分 (COMPUTER)
2. キーボード (KEY BOARD)
3. グラフィック、ディスプレイ (GRAPHIC DISPLAY)
4. 印字/パンチ/読取装置 (PRINTER/PUNCH/READER)
5. 外部プリンター (EXTERNAL PRINTER)
6. X.Y.プロッター (X.Y.- PLOTTER)
7. その他

図3.7.11に自動プログラミングによるNCテープ作成の手順を示す。

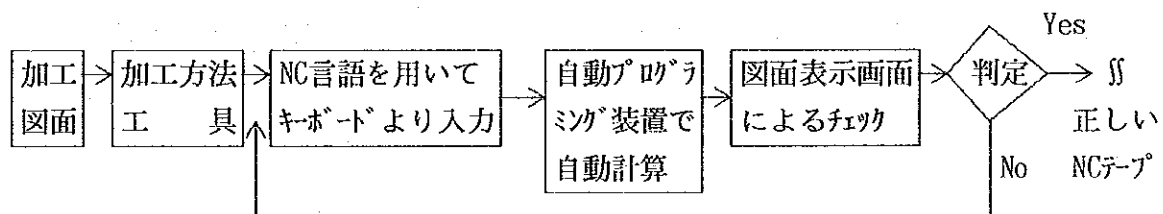


図3.7.11 自動プログラミングによるNCテープ作成手順

無錫工作機械工場においては、将来のことを考え、自動プログラミング装置の採用を推奨する。現在 CADシステムと結合できる自動プログラミング装置が開発されている。

(4) まとめ

8.5計画における機械工場の全体レイアウトは、分散していた機械を一ヶ所に集結させ、物流を考慮した構想と判断する (工場再配置)。現在の軸受研削盤組立場を移動し、138m×54mの建家を改築し(24)(27)に大物加工機械、(24)と(25)の間の空調室にマシニングセンター、五面加工機、(28)に中物加工機械を集結することにより、GT化された(25)(26)(29)(30)を含めた主力機械工場となる。

(10)に案内面研削盤関係を集結し、組立職場への搬送が便利となり、良いレイアウトである。また、他部門との関連では(38)鑄造工場に近くなり、また、(32)塗装工場との連絡も良く、重量物の運搬管理の分理化が大いに期待できる。現工場敷地内でのレイアウトとしては大変良い考えである。

くれぐれも、この新機械工場の稼動に当たっては、仕掛品、素材置場、工具管理等の工程管理に関係のある内部レイアウトを検討し、再々申し述べているように、整理、整頓、清掃、作業員の躰について関係部門で検討し、全社的な運動として実施されることを期待する。

無錫工作機械工場での打合せの際、工場側の意見として 8.5計画における生産手段として、フレキシビリティを高める。例えば、門型平削り盤13台を減らしこれに代わるものとして、五面加工機、マシニングセンター、NC旋盤等のNC機を導入する。8.5計画の方向性は正しいか、可能性はどうか、現実的であるか、これについての診断の要請を受けた。これに対して下記事項を回答とする。

1. 方向性は正しいか。

無錫工作機械工場が競争の原理に基づいた市場経済に対応する近代的な工作機械工場をめざすのであるから、日本及び西欧の過去の推移からみても、方向性は正しいと判断する。

2. 可能性はどうか。

工場全体の管理体制のしくみを見直し、強化し、全社的な活動として展開すれば、可能性は充分にあると判断する。

3. 現実的であるか。

前述の“機械加工合理化のための基本的考え方”に沿ったもので、極めて現実的であると判断する。

1995年の 8.5計画完了時点が、無錫工作機械工場の近代化への出発点となるであろう。