

2. 製造設備と技術の近代化

2-1 金属加工工場（機械工場）

最近の機械工場は製品のコストダウン、信頼できる品質の確保、納期の確保などを、目指し、自動機械、ロボット等の活用を推進し、無人化工場へと進んでいる。

韶関工場はⅢ、Ⅳ編で述べた設備を保有しているが現在のコンクリートミキサーの生産形態にする以前の設備を転用、活用しているため、ほとんどの機械は旧式の汎用機械で生産量、品質が作業者の熟練度、勤勉度に大きく左右される状態である。

参考として1990年の中心的生産機種となるコンクリートミキサーJZ350型の工数定額（一台当り）を機械加工工程別に示す。

表V-2-1 JZ350型機械加工工数定額

単位（時間）

工場区分 加工工程	金属加工第一工場		金属加工第二工場		加工工場合計	
	準備	加工	準備	加工	準備	加工
センターもみ	3	3.78	—	—	3	3.78
旋盤	30	53.53	19.5	52.48	49.5	106.01
マキニング	3.9	4.23	2.7	3.25	6.6	7.48
プレーナー	4.5	10.75	1.5	1.81	6	12.56
フライス	4.5	5.63	3.9	4.46	8.4	10.09
スロッター	1.1	1.8	—	—	1.1	1.8
横中ぐり	4.9	11.65	—	—	4.9	11.65
ドリル	8.1	8.99	6.9	5.96	15	14.95
歯切り	8	11.6	4	4.5	12	16.1
研磨	4.6	5.56	—	—	4.6	5.56
その他	3.3	2.46	4.3	0.5	7.6	2.96
合計	75.9	119.98	42.8	72.96	118.7	192.94

この表でもわかるとおり

- 1) 機械別にみると旋盤加工の比率が55%と非常に高い。
- 2) 実際の加工時間に対して準備時間の比率が61.5%と非常に高い。
- 3) 歯切り加工は、ほとんどホブ加工であるが、これの準備に加工時間の74.5%もかかっている。

などが指摘できる。

参考までに日本国内の建設機械メーカーK社における1977年当時の標準工数を別表V-2-2に示す。1.2 M³ ショベルについてみれば旋盤だけの加工工数が41.5%を占めている。その中で20%は自動旋盤である。早くから多くの工数を占める機械加工工程を自動化していることがわかる。

2-1-1 製造設備の近代化

(1) 旋盤設備の合理化

1) 概要

金属加工工場保有の工作機械 106台中56台は旋盤で、比較的に小型が多く、すべて汎用旋盤である。加工物も小はボルトナット、ニップルにいたるまでコンクリートミキサーの部品のほとんどを加工している。切削条件は機械の許容能力限界一杯まであげており、精度の必要な、ねじ加工などにおいては精度出しに苦勞しており、うまくいかない場合はダイスで仕上げるなどしている。むしろ工作機械の最適条件を適用し安定した品質を得ることに心掛け、生産量の増大は実際の切削時間以外の面で追求していくことが望ましい。

すなわち、準備時間の削減はもとより工具及び加工品の取付け取外し、工作機械のハンドル、スイッチなどの操作、加工品の寸法計測、余裕時間等を削減することである。そのためには機械を自動化し、締付具、運搬具、計測器具等を完備することが必要である。

2) 旋盤の自動化をはかる

韶関工場においては次の3段階に分けて実施することが良いと考える。

a) 第一段階 (LCA: Low cost automation)

- ① 既存の機械を利用してリミットスイッチ、アクチュエーターなどの空油圧機器を取りつけてシーケンス制御機を造りあげること。幸い機械修理工場を保有し、

旋盤のオーバーホールも実施している詔関工場においては比較的に取組みやすいと考える。

② 対象部品としては比較的に形状の単純な部品（段差の少ないシャフト類）、単純形状の丸物すなわちシーブ、ローラーなどに適用するとよい。

③ 参考にK社における改造事例として図V-2-1にL. C. A. による孔あけ加工機を示す。

b) 第二段階（レトロフィット化）

第一段階を実施することにより、工場の改造技術レベルが上がってきた段階で、市販の数値制御装置を購入し、既存の設備を改造して取付けることにより、段付きの多いシャフト、ギヤ類の複雑な部品までも精度よく能率的に加工が可能となる。この際相当精密な制御をすることになるので既存設備のオーバーホールを実施して機械的に追従できるように、完全な整備をしておくことが大切である。

なおこの段階では大型の縦旋盤・横中ぐり盤に検知用のマグネスケールを取付け、現在位置が表示できるディスプレイ装置をつけて作業のスピードアップと共に誤読みとりによる不良品の発生も防げるL. C. A. の実施も進言する。

参考にK社における実施例で、改造してシーケンス制御機能を取付け、現在も活躍中の縦旋盤を図V-2-2に示す。

c) 第三段階

前述の第二段階での改造機使用により作業者の技術レベルが向上し経済的に可能な状況になった時点で、専門メーカーよりNC機械の購入をはかり複雑な加工品（ねじ切りのあるもの、段付きギヤなど）への適用をはかる。この際問題となるのは、NC機のプログラムの製作であるが、最近のNC機の進歩はめざましく、作業者自身が自分のノウハウを直接機械にインプット（Input）できるようになっている対話型式のNC機械を推奨する。

対話型式のNC機械の導入に当っては、次のことを十分検討してから準備することが必要である。

① 電力事情が安定していること。電圧、周波数などの変動を±5%以下に抑えること。

② 工具の管理が正しく行われていること。加工寸法の精度はバイヤなどの先端が基準点になっていること。

③ 作業者の技能訓練が良く行われていること。NC機械の基礎教育がなされていること。

また、導入後のメリットには

① 個人差による生産量の変動が少なくなり日程管理が容易となる。

② 作業者1人で多数台の機械の操作が可能となり大幅な合理化、コスト削減が期待できる。

③ 作業者の技術程度に左右されることなく、加工精度が確保され品質が安定する。

など合理化、品質保証に大きく貢献する。

対話型式NC機械の一例を図V-2-3に示す。

3) 補助装置の改善

機械を自動化していく段階で並行して実施しなくてはならないことは、正味手扱い作業の改善である。正味手扱い作業とは工具の着脱、加工部品の着脱、計測作業などを指す。こうした手扱い作業を迅速に行うことが機械の自動化による生産性向上をさらに押し上げる役目をはたす。

a) クイックチェンジホルダー (Quick change holder) 及びスローアウェイチップ (Throw away tip) の導入

鋳造工場におけるバイトは約150種類あり、鍛造、熱処理、旋削、チップのロウ付けまで工場製作品である。バイト取付用刃物台の精度があまりよくないこと、刃先の研磨を作業者自身が行っていること、などのために刃物台へのバイト取付時にシム (Shim) 調整が生じ芯出しに意外に時間がかかる。

自動機においては刃物着脱時間を極小にするため、初期段階ではクイックチェンジホルダー (ホルダーと一体で刃先管理する) の導入を行い、プリセッター (Pre-setter) による刃先管理を実施する必要がある。

NC機械導入時にはスローアウェイチップ方式の導入をする方が良い。NC機械はプログラムの指令どおりにしか動かぬため、加工部品と刃先の関係は正確でなければならない。

また自動機の導入に先立って、バイトの種類を極力少なくして統一し、刃先の管理を十分行うための工具の集中管理方式を導入することが必要である。工具集中管理方式については別途後述する。

b) 油圧チャック、吊上げ装置の導入

加工部品の取付け取外しは手動の3方締めまたは4方締めチャックにて行っているが、既存設備に油圧源を備付けチャックを油圧チャックに変更してワン・チャッキング作業とする。

また加工部品の持上げ、取り下げにしてもかなりの重量物まで人力で行っており、作業者の繰返しによる疲労は相当なものとなっている。最高10kgまでを人力による限度とし、それ以上の加工部品には吊上げ機を設置するのが良い。工場の構造、使い勝手などを考慮して図V-2-4に示すバランスタイプの吊上げ機が適当と考える。

c) 計測器、模範類の完備

旋盤加工における計測作業は内径、外径、長さ、ねじの確認などである。ノギス、マイクロメーター、ねじ模範などで計測を行っているが、作業のスピードアップ、正確さを期して図V-2-5に示すダイヤルゲージつきノギスあるいはデジタル表示つきのノギス、マイクロメーターを導入したほうが良い。また、ねじ模範については製品を模範として使用している作業者を見受けたが、繰返し使用による摩耗、損傷なども考慮して正確な合格品の模範を使うべきである。

(2) 大歯車（歯切り）設備の改善

大歯車の加工は縦旋盤→歯切りの工程を経てわずか2工程で完了するが、図V-2-6に示すごとく金属加工第二工場内には材料、仕掛り中の物を含めて約300個の歯車材が山積みされていた。これは1.5カ月分の生産量に匹敵する。投入計画の不備もあると思うが、歯切り機械2台で現在の標準加工工数4.5時間/個を考えるとうなずける。

1990年における生産台数JZシリーズ2,500台/年より計算すると、

1カ月の負荷工数	$(2,500\text{台}/12\text{月}) \times 4.5\text{時間} = 937\text{時間}$
1カ月の加工能力 (2交替として)	$2\text{台} \times 8\text{時間} \times 2\text{交替} \times 25\text{日} = 800\text{時間}$
過不足	$800\text{時間} - 937\text{時間} = (-) 137\text{時間}$

となり消化不能となる。したがって、この歯切り工程をいかにスピーディーに完了させるかが大きな課題である。幸い直歯の単純な形状であるから、設備として単歯重ね切り

のできる専用機の導入を推奨する。方法としては大歯車を3～4段重ねて、成型されたラック歯を回転させながら、上下方向への切削送りをかける方法である。もちろんテーブルは割出し付きの回転テーブルを必要とする。この機械については機械修理工場と設計部門を動員して自社製として既設機械を改造することも可能であろう。こうしたチャレンジ精神が望ましいものである。参考としてK社で使われている単歯歯切盤を紹介する。(図V-2-7参照)

紹介した機械はNC制御装置付となっているが、韶関工場の大歯車の種類が少ないことなどを考慮すると価格の安いリミット装置付きのシーケンサー機械で対応する方が良いと考える。

なお、加工時間4.5時間に対し段取り時間4時間を要しているが、重ね治具の活用、カッターのスローアウェー化を進めること及び外段取り方式の採用により、この段取り時間は大幅に短縮される。なお、外段取りについてはK社で実施している事例を図V-2-8、V-2-9に示す。図V-2-8は段取り治具に加工部品を取付けたところ、図V-2-9は段取り治具ごと機械に取付けたところを示す。

(3) 内径キー溝加工設備(キーシーター)の導入

内径キー溝加工はキー溝形状をけがいたあと、汎用のスロッターで切削しているが、キー溝加工の種類、数量等小種中量に属するので、キーブローチ方式の自動機械(キーシーター)の導入を推奨する。

この機械は多種少量生産の場合はキーブローチの費用がかさむこと、段取り替えに余分な工数を要するなど、あまり推奨できないが韶関工場の場合は前記の理由により好結果が得られる。

メリットは

- ① 精度の確保されたキーブローチでキーの上下送り加工するため、熟練を要さず精度の高い加工ができる。
- ② キー深さのセットによる自動送り方式のため、作業者が隣の機械との複数台持ち、あるいは他の作業などと複数作業ができる。
- ③ 投資効果は比較的高い。

などがあげられる。日本で使用されているキーシーターの一例を図V-2-10に示す。

に消化不能は解消される。

なお、性能のよい専用機となるので、段取り時間は汎用機に比べ多少増えると思うが、治具の改善による二重段取り、刃物セット時間の短縮のためのボーリングバーの考案などにより段取り時間の削減は可能である。参考として日本で使われているマイクロカット式ボーリングバーを図V-2-12に示す。

(5) シャフトセンターもみ、端面同時切削機の製作

韶関工場におけるシャフト類の全長決め及びセンターもみ付けは加工工場で旋盤による方法を取っている。しかし運搬工数の低減、運搬距離の減少、工程の行ったり来たりを少なくする考えからも、センターもみ付けと端面切削寸法決めが同時にできる、専用機を製作し、材料切断場に設置することを推奨する。

構想は基礎盤上に片側固定、片側移動可能型の切削ユニットを取りつけ、中央2箇所エアースリンダーによる開閉チャックをセットし、加工品を喰えたあと切削ユニットに矢印方向の送りをかける。それと同時に切削工具が回転して端面切削と同時にセンターもみ付け作業を完了させる専用機である。

加工時間が非常に少ないので、ローディング、アンローディングに重力利用のコンベアを使い、制御はリミットスイッチ、アクチュエーターの活用による自動制御回路を組んで自動化すると、なお効果的である。なお、この専用機は構造も簡単であるので韶関工場の遊休機械の基礎盤やユニットなどの活用をして自製することを推奨する。

図V-2-13に専用機の構想図を示す。

図V-2-14にK社における自製のセンターもみ専用機の稼働状況を示す。

(6) 自動送り、定寸装置付丸棒切断機の導入

韶関工場における丸棒切断は供給課にある7台の鋸盤と製缶工場にある1台の丸鋸盤(大径物切断)を使い、作業員8名が作業に従事している。

材料運搬、寸法決め、クランプ、切断、切断材の運搬処理とほとんどを人力で行っており、能率面、納期、作業者の疲労などの面よりも問題をかかえている。

人力依存をできるだけ少なくして、前記問題解消のため、丸鋸盤方式による、寸法決め、切断、切断材処理及び個数のカウントまでを自動に行える設備を推奨する。また材料運搬、ハンドリングなどより考えて製缶工場にある丸鋸盤も供給課の材料切断場に移

設し集中管理することを推奨する。

参考までにK社における材料切断、自動処理設備を図V-2-15に示す。

(7) ターニングセンターの導入

歯車箱用カバー出力軸の部品は図V-2-16に示すように旋盤、ボール盤加工を要す。部品としても片手で持てる程度のもので加工時間をあまり必要としない部品に対しては旋削、孔あけ、タップフライス加工などが1台でできる多機能NC機の導入を進言する。

これはワンチャッキングで上記の加工が可能のため段取り時間の削減、仕掛り時間の短縮、運搬工数の低減、納期管理の容易化に大きく貢献する。

某社のターニングセンターを参考までに紹介する。図V-2-17参照。

(8) 天井クレーンの改造

紹関工場における重量物運搬は天井クレーンにより、女性運転手がクレーン上に乗り、下にいる玉掛作業との関係で実施している。

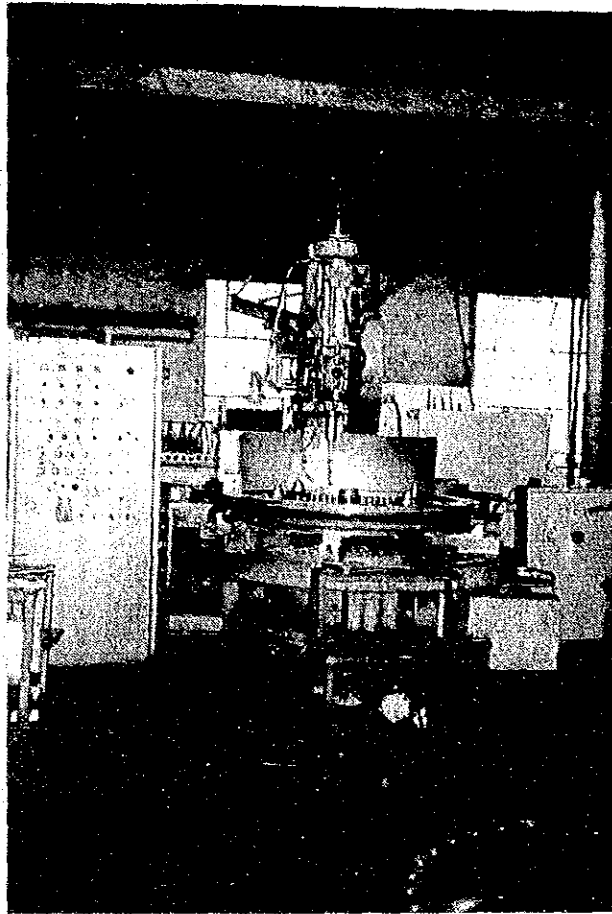
視界の問題、適確な合図の問題、及び一人作業による芯出し作業の容易さ、など安全性、効率性を考慮してクレーンの運転操作箱をヘンダントタイプの地上操作方式に改造することを推奨する。

方法は電氣的な一部改造で操作ボックスを地上におろすのみでよく電気保守要員が比較的簡単に改造できる。運転手が運搬物の近くで作業する（吊上げ荷物とともに移動）ため非常に効率的である。地上操作方式クレーンの改造要領を図V-2-18に、また、K社の改造クレーンの稼働状況を図V-2-19に示す。

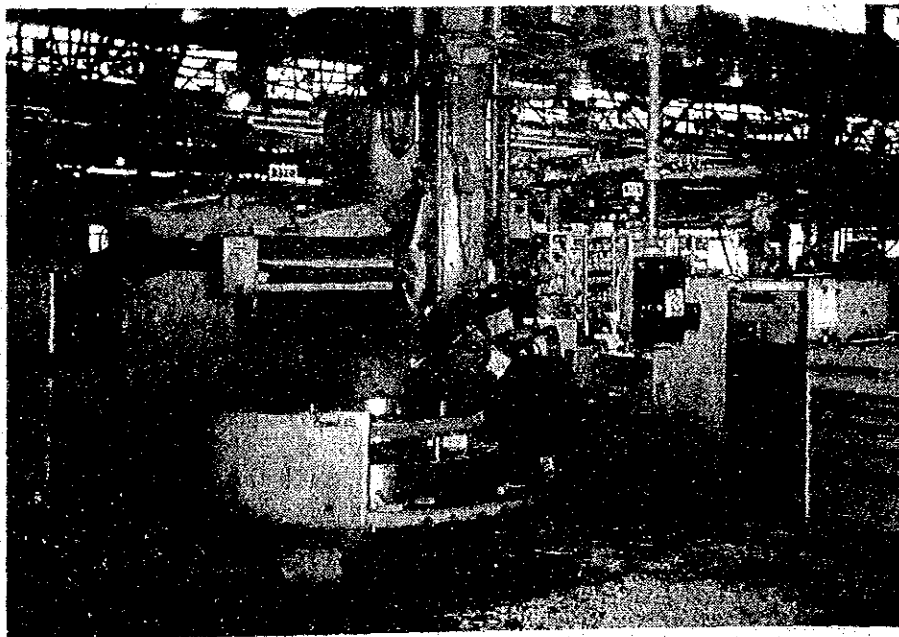
表V-2-2 K社の機械加工標準工数

単位(時間)

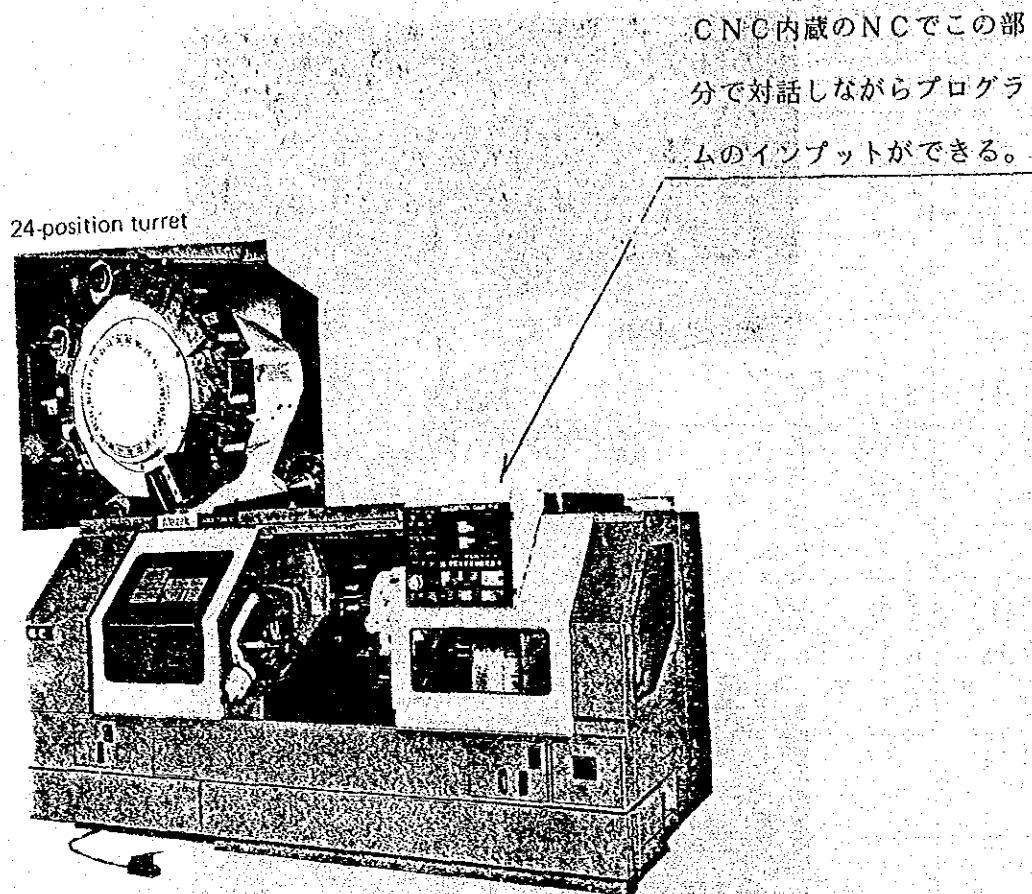
機 種 加工工程	40 TONクレーン		50 TONクレーン		35 TONクレーン		1.2 M ³ ショベル	
	準 備	加 工	準 備	加 工	準 備	加 工	準 備	加 工
センターもみ	-	2.5	-	3.4	-	-	-	2.9
普通旋盤	24.3	66.4	27.7	173.5	5.2	14.6	16.5	37
ターレット旋盤	29.2	77.5	0.8	4.4	1.5	6.2	5.8	18.2
自動旋盤	13.7	22.3	16.5	91	2.5	4.0	1.6	75
ターニング	14.0	51.4	19.8	60	6.3	23.5	7.0	20.3
マーキング	1.2	21.6	0.2	89.8	-	10.8	1.0	11.7
ラジアル	52	74.6	45.8	167.4	7.8	16.7	22.4	52.4
自動ドリル	1.0	0.4	1.7	6.0	-	-	1.4	1.4
倣い旋盤	8.5	11.3	3.8	16.9	1.5	3.2	-	-
深孔加工	1.0	0.8	3.6	8.9	0.2	0.3	3.2	9.6
横中ぐり盤	10.3	40.1	19.5	80.5	2.5	6.0	8.0	28.8
歯切りマージ	7.8	14.6	2.5	25.5	-	-	1.0	7.0
“ ホブ	14.8	25.7	11.2	34.7	3.9	11.9	4.5	12.2
“ フェロー	3.1	8.3	3.0	16.0	1.8	5.3	-	-
“ ベベル	9.2	19.7	-	-	-	-	-	-
研磨内径	4.3	5.0	1.5	8.1	0.9	1.6	0.6	1.6
“ 外径	6.3	10.0	4.9	11.8	0.9	1.8	2.8	5.9
ポータブルドリル	2.5	4.4	-	-	-	-	-	-
縦中ぐり盤	4.3	10.2	5.0	10.5	1.0	3.0	-	-
横型フライス	12	11.1	8.0	41.8	3.4	4.1	4.0	24.8
縦型フライス	5.3	3.9	1.5	1.5	-	-	4.6	3.4
スプラインホブ盤	6.1	10.9	4.0	15.1	0.5	2.0	2.0	4.9
キー溝加工	1.3	2.7	1.5	5.0	2.5	7.0	-	-
ブローチ	10.3	3.6	2.9	1.6	0.9	0.4	1.2	0.7
仕 上 げ	-	21	-	32.1	-	5.1	-	10.3
溶 接	3.2	8.1	0.7	4.8	-	-	1.6	19.3
組 立	-	-	0.2	2.9	-	-	-	15.4
合 計	245.7	528.1	186.3	913.2	40.8	127.5	89.2	362.8



図V-2-1 K社の改造事例 (L. C. A)



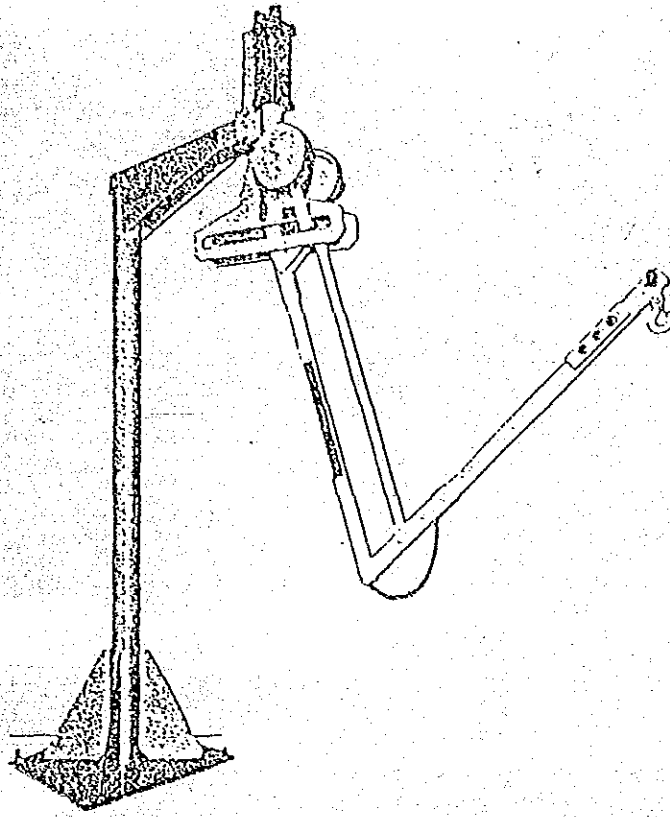
図V-2-2 K社の改造事例 (レトロフィット)



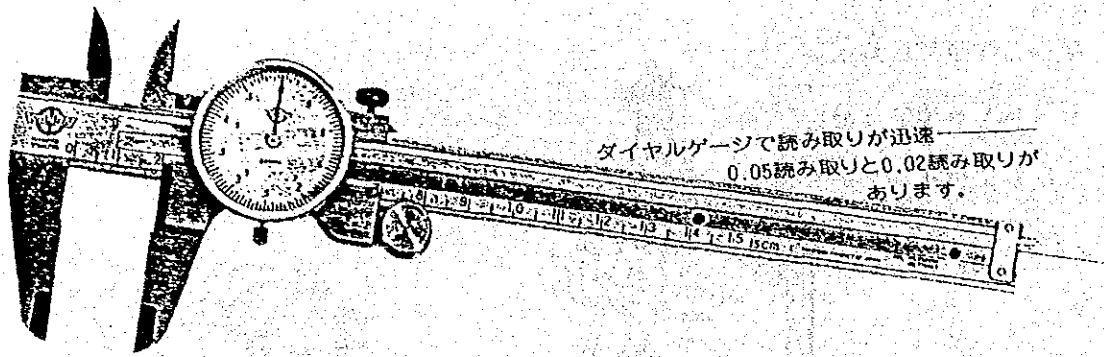
クイックターン

項目	機種	クイックターン35		
最大振り		φ510		
最大加工径		φ400		
最大加工長さ		—	1,000	1,500
主軸貫通穴径		φ80(φ104、φ166)		
主軸回転数		4~2,200r. p. m.		
工具取付本数		12本(外径バイトのみ最大24本)		
主電動機(連続/30分定格)		AC20HP(15kW)/25HP(18.5kW)		
製品概略重量		5,500kg	5,700kg	6,200kg

図V-2-3 対話型式NC機械の一例



図V-2-4 バランスタイプ吊上機



●各部の名称

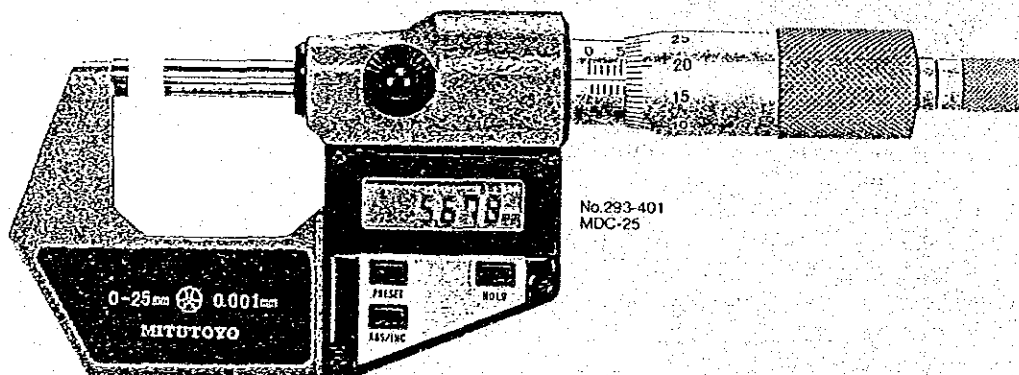
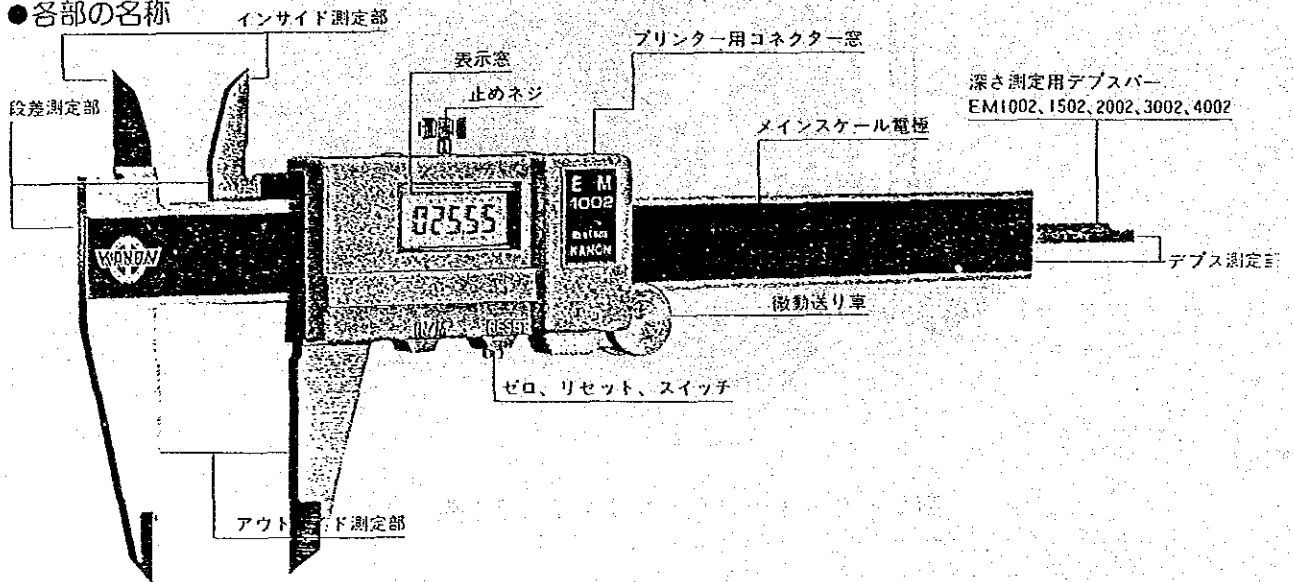
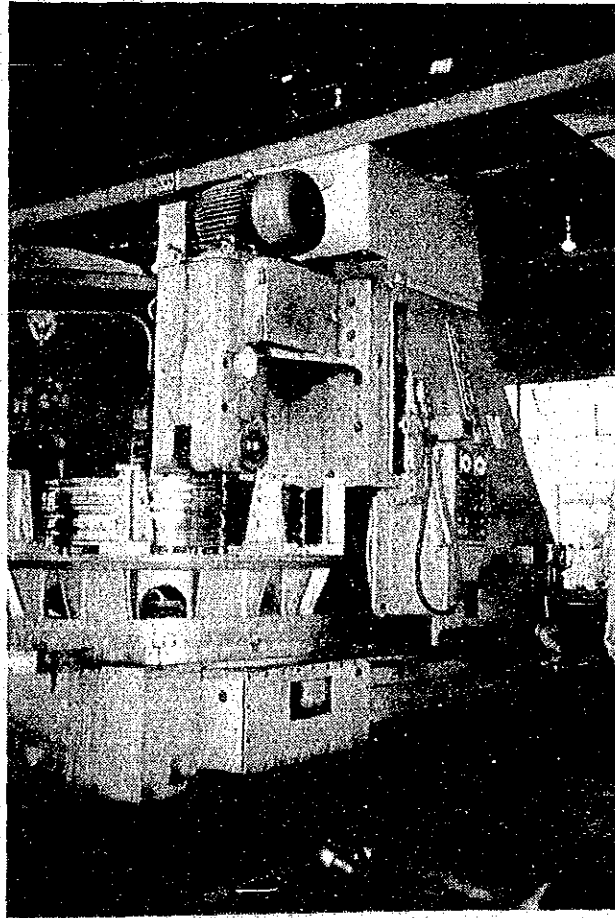


図 V-2-5 デジタルノギス、マイクロメーター



図V-2-6 大歯車仕掛け状況



図V-2-7 K社設備の単歯割出方式歯切盤

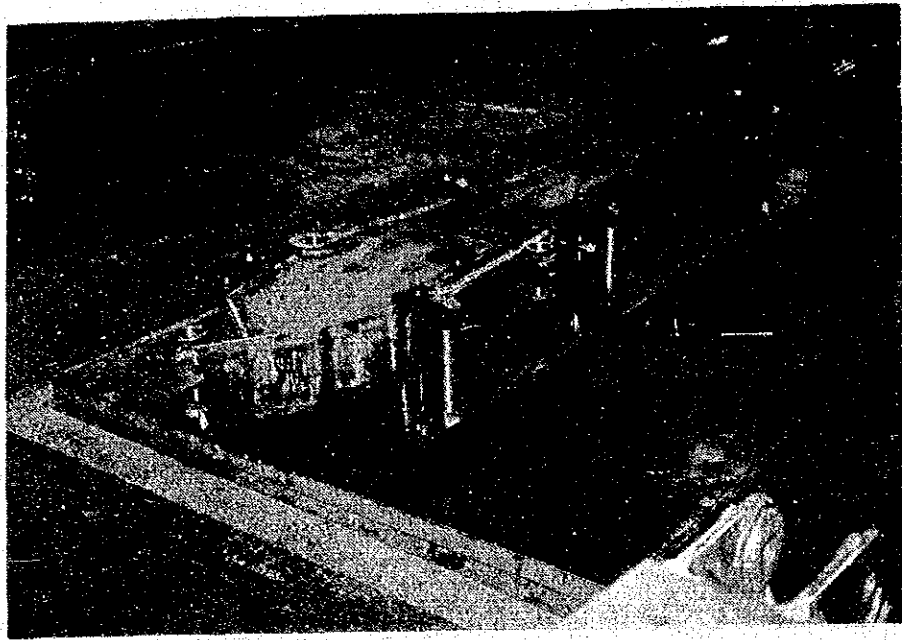


図 V-2-8 段取り治具に加工部品を取付けた状態

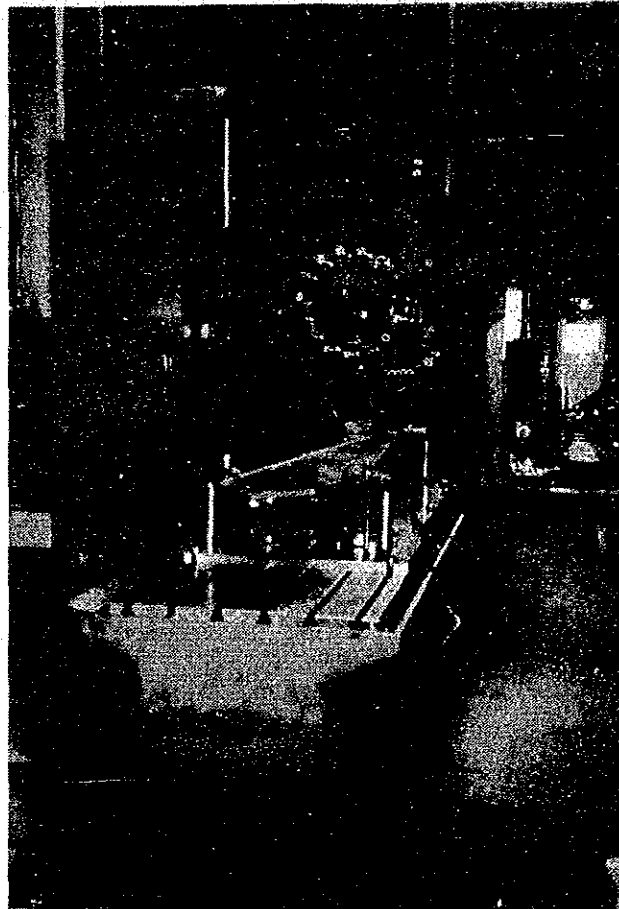
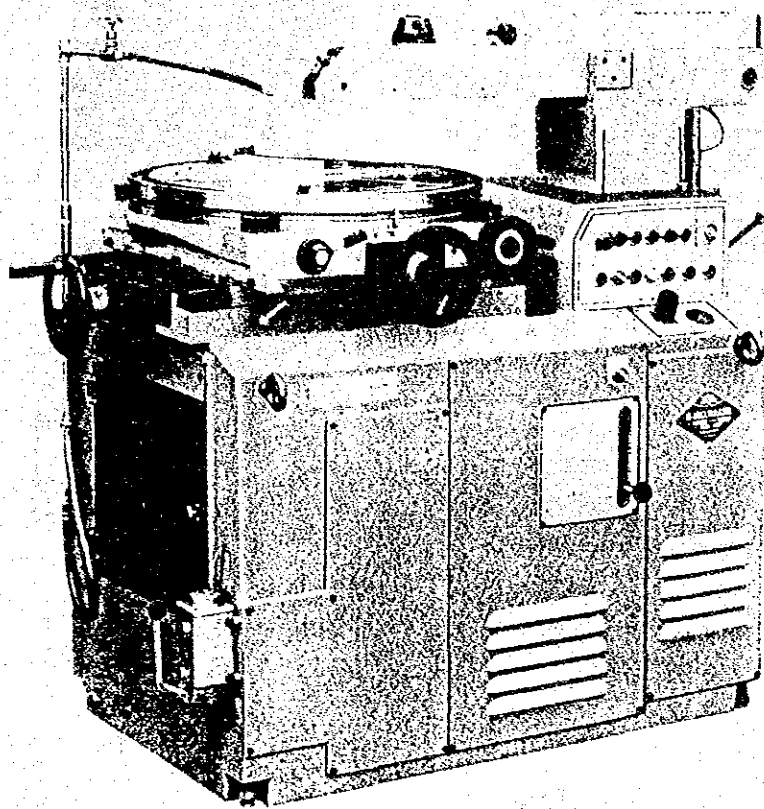
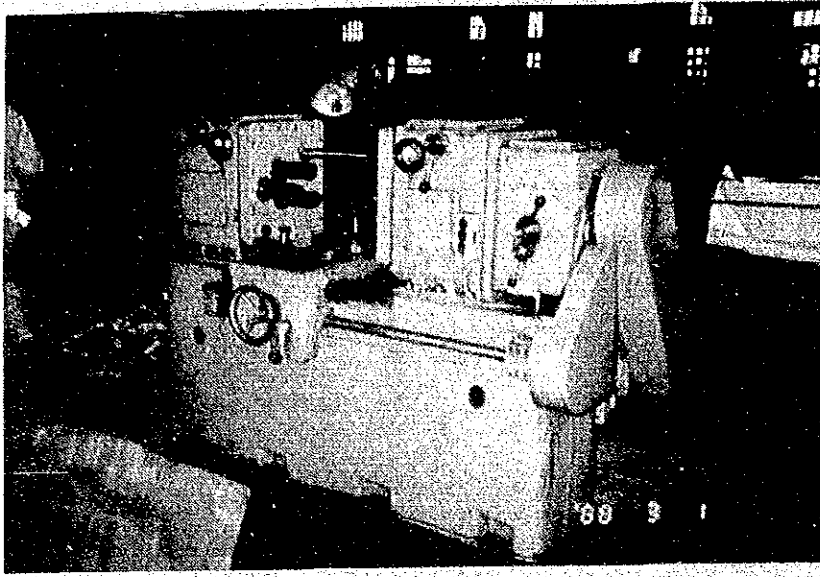


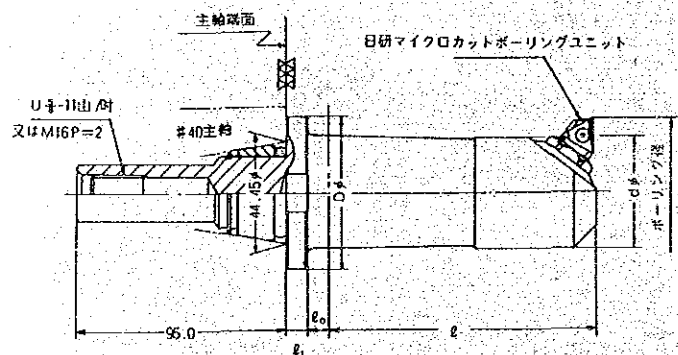
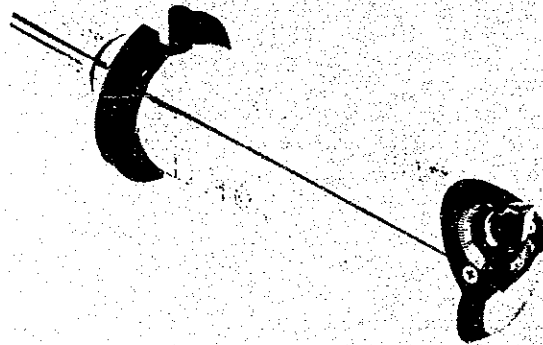
図 V-2-9 段取り治具ごと機械に取付けた状態



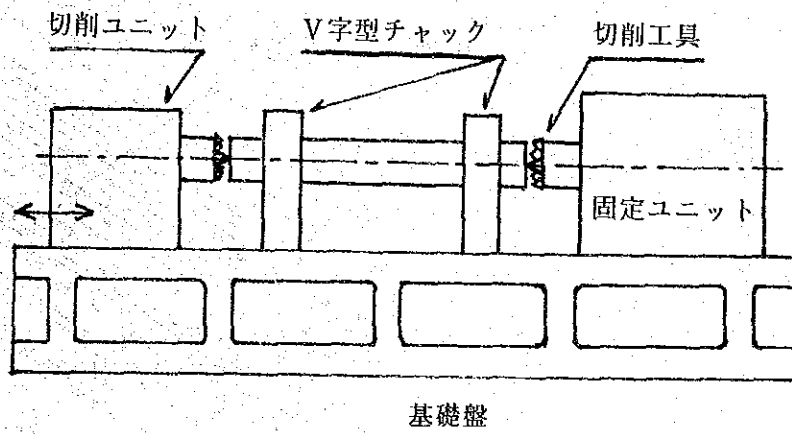
図V-2-10 キーシーター



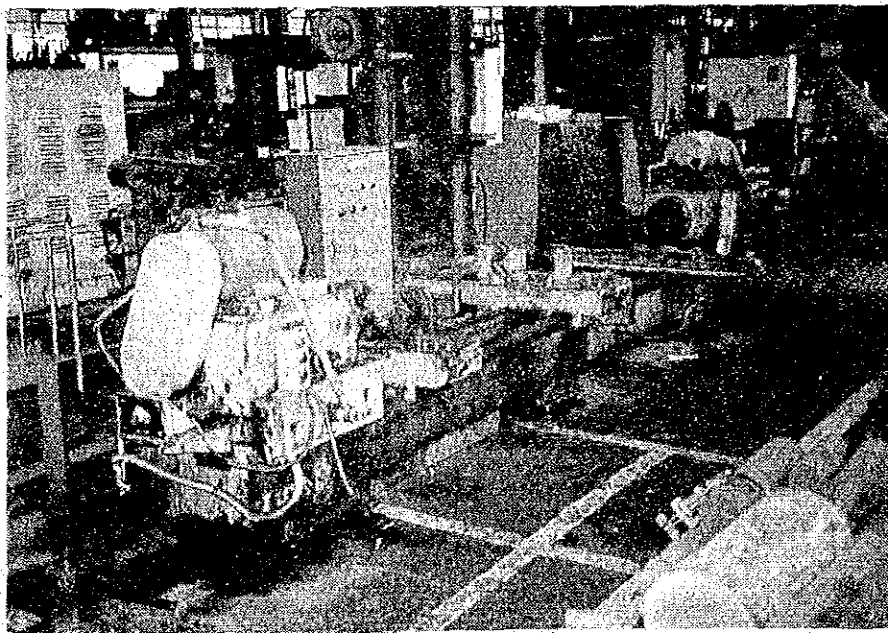
図V-2-11 紹関工場保存の3軸中ぐり専用機



図V-2-12 マイクロカット式ボーリングバー

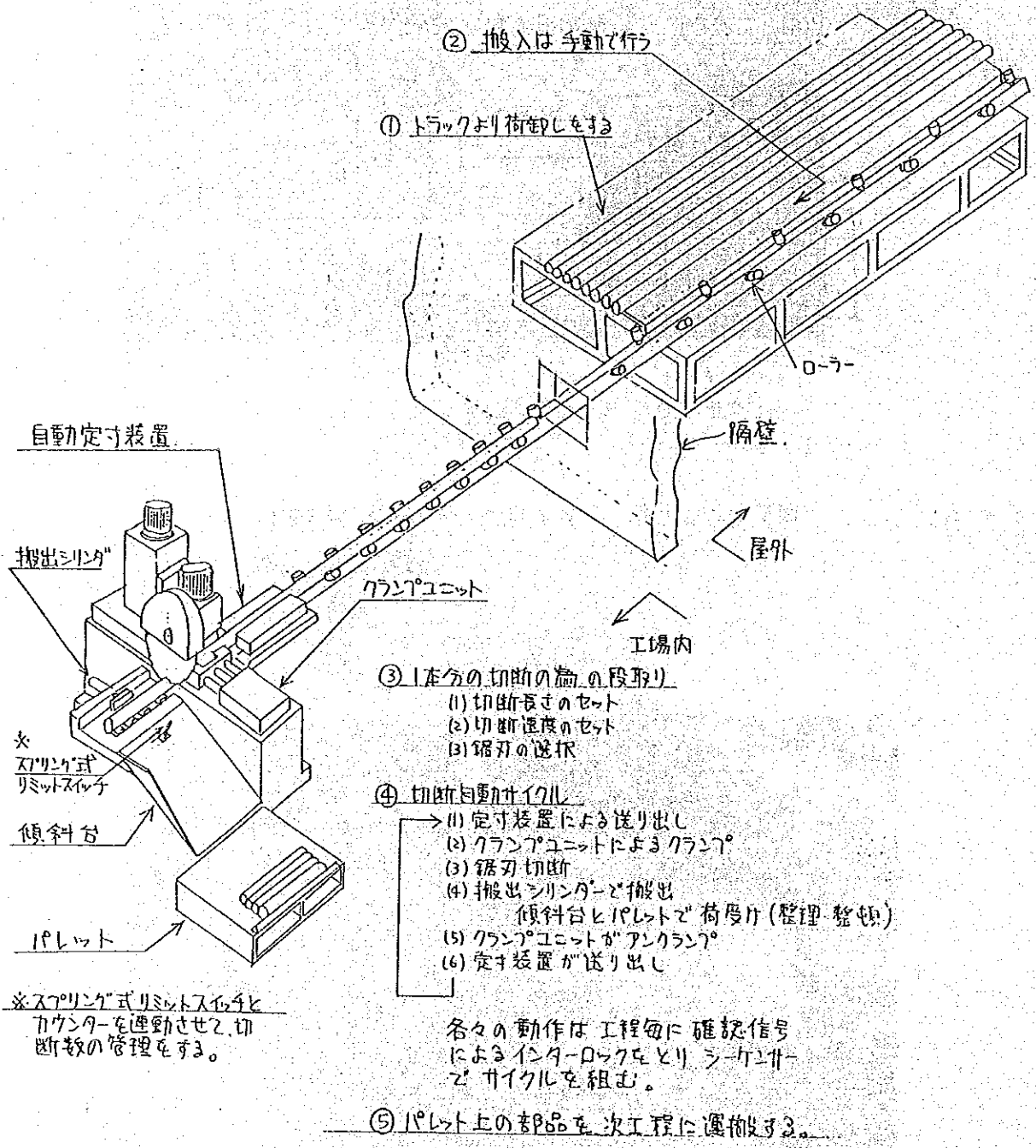


図V-2-13 センターもみ専用機の構想図

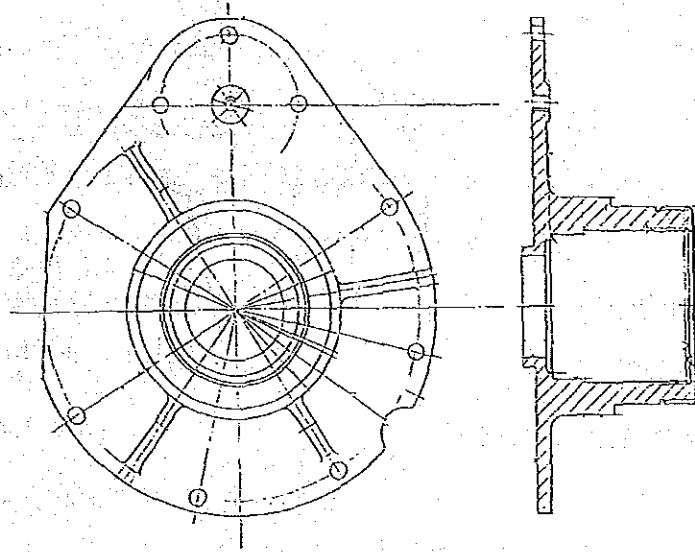


図V-2-14 K社におけるセンターもみ専用機

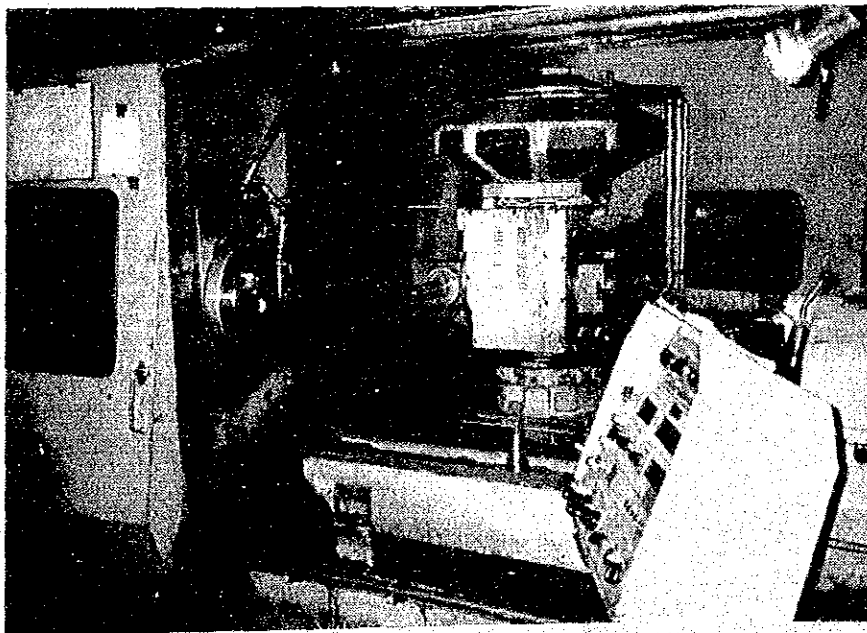
木材切断工程の効率化システム



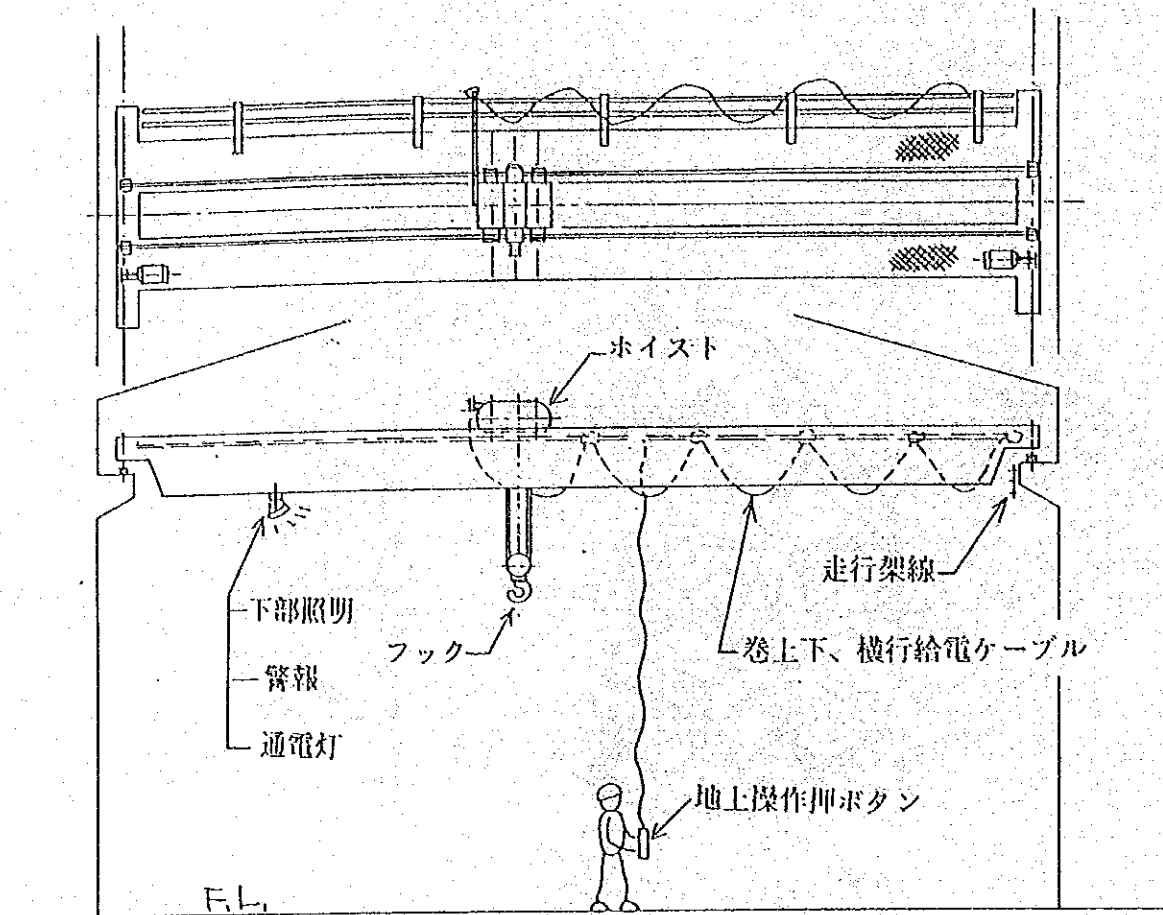
図V-2-15 K社における材料切断自動処理設備



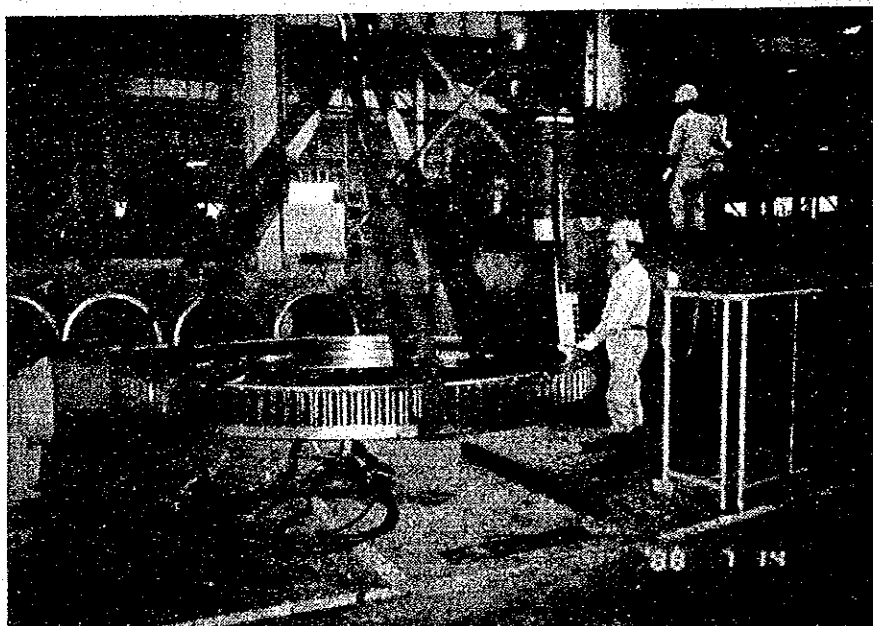
図V-2-16 歯車箱用カバー



図V-2-17 ターニングセンター



図V-2-18 地上操作方式クレーン改造要領図



図V-2-19 K社の改造クレーン稼動状況

2-1-2 G, T手法の活用及びレイアウトの変更

1) 概要

多種少量生産の場合注目され、また採用効果があるのは類似部品を集めて群として加工することにより量産効果をねらう方法である。すなわち、段取り工数の低減と習熟性の向上をねらうものである。

韶関ショベル工場の場合、1990年における機種数はコンクリートミキサー5機種、トラックミキサー車1機種、その他2機種の計8機種が計画されている。将来、新機種、新事業の展開が図られても、それ程多くの機種、台数は考えられない。

しかし加工部品点数は一機種約90点を数え、小はボルト、ニップルに至るまで内作しているため、かなりの種類の部品が加工されている。すなわち多品種、中量生産と考えるが、生産性の向上をはかるには、G, T手法を活用してできる限り、小品種多量生産へと近づける必要がある。

一方一つの部品が素材から工程順に各工作機械、設備を渡り歩いて行って最後に必要な機能をもった部品となるのには、この間に付加価値をつける人の働きが介在するものであるから、この付加価値をつける人達の作業がスムーズに効率よく行えるように適正な工作機械、設備を適切に配置することが好ましいことである。

2) 韶関ショベル工場の加工方法及びレイアウト

韶関ショベル工場の加工方法はロット生産（ロットサイズは100台がベース）方式で生産課からの指示にしたがい納期を守って生産している。工程を細かく区分して、各工程ごとに作業者を配置し、工程順を正しく守って生産していく。非常に工程が長い部品（ピニオンシャフト、歯車など）、も混在していること及び、ロットサイズが大きすぎることにより、部品が錯綜すると同時に運搬回数、距離も長くなって非常に工数が掛っている。ロットサイズの決定については、G, T化した時の種類、設備能力、標準加工工数、工程数、レイアウト等を含めて総合的に検討する必要があるが、調査団の経験よりすると、20~30台位が妥当と考える。

なおG, Tの導入に際しては最初から高度なことを望んでも成功しない。階段を踏んで確実にこなしていくことが大切である。すなわち

第一段階………部品の分類を形状、大きさ、材質、工程順、加工方法等を中心に類似性を引き出しパターン化する。

第二段階………設備配置をG, Tレイアウトにする。

第三段階………生産管理、設計へ適用する。

なお、G、T手法については附表一（1）に日刊工業新聞社発行・「工場管理」第25巻第8号より抜萃した“多種少量生産のG Tシステム”人見勝人著、を紹介する。

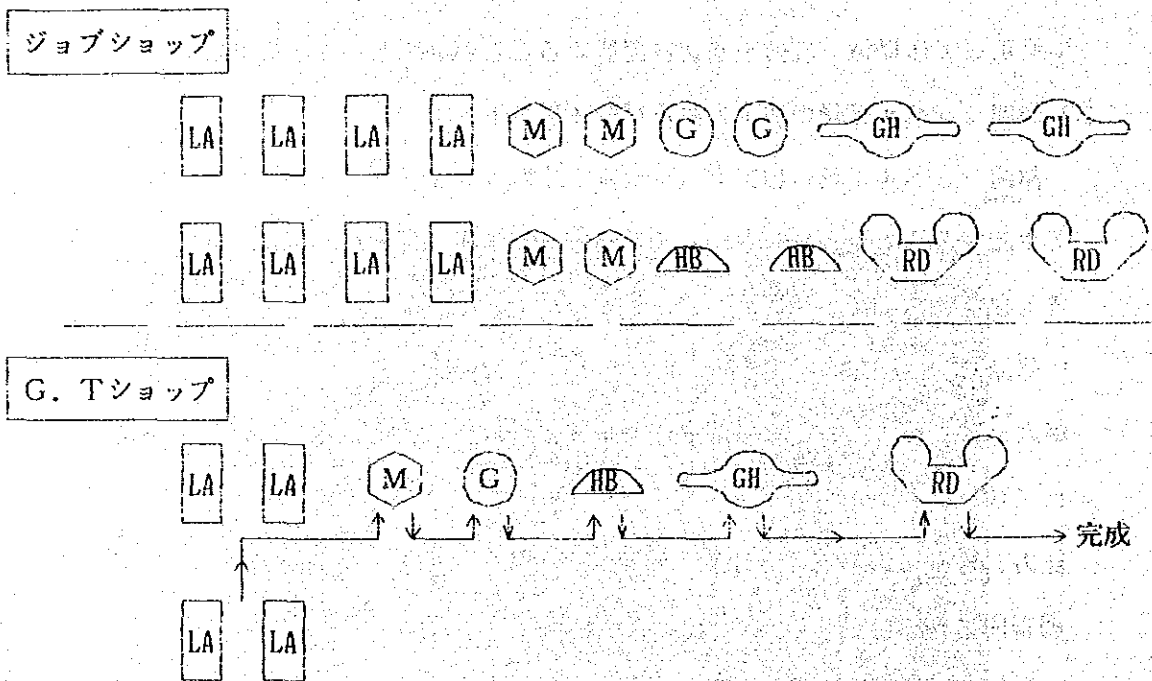
一方レイアウトは、韶関ジョベル工場がミキサー工場になる以前の旧式の機械を大部分使用しており（約15～20年経過している）あまり変更していない。

すなわち、多品種、少量生産によく採用されるジョブショップと言われる機能の同じ機械をまとめて配置している機能別配置で、仕事の流れが不規則な上に、運搬距離が長くなり、工程管理も難しくなっている。

生産形態の変更に伴いそれに見合ったレイアウトにしていくことが生産効率をあげる上で大切なことである。

韶関ジョベル工場の場合はグループの生産が繰返し行われ、仕事量もある程度まとまっていることを考え合わせると、仕事の流れに合わせた設備配置すなわち、G、Tショップとすることを推奨する。

図V-2-20にジョブショップとG、Tショップの例を示す。



図V-2-20 ジョブショップとG、Tショップの例

また、参考までにレイアウト計画のポイントを次に示す。

設備投資とレイアウトは共通的な要素をもっており、その検討すべき事項に六つの

原則がある。

- ① 総合の原則：生産合理化の基本要素（品質管理、工程管理、設備保全、安全、公害など）を十分検討すること。
- ② 最短移動の原則：運搬という要素を最短距離にするよう検討すること。
- ③ 流れの原則：加工順序に従って交錯することなく移動するよう検討すること。
- ④ 空間利用の原則：床面のみでなく空間、地下の利用も検討すること。
- ⑤ 満足と安全の原則：環境衛生、安全を考慮し、モラル向上につなげること。
- ⑥ 融通性の原則：生産構造の変革に容易であるようメンテナンス面から検討すること。

この原則を守ることによりレイアウト計画は良好なものとなり、つぎのような種々の利点がある。

- ① 作業の進行順序が確定する。
- ② 進行順路を最短距離にすることができる。
- ③ 取扱い原材料の量と費用を低下せしめる。
- ④ 作業工程量を減少できる。
- ⑤ 作業工程の全体の時間が短縮する。
- ⑥ 在庫量ならびに設備の利用を効果的に運用できる。
- ⑦ 労働力の減少をうる。
- ⑧ 床面積の節約をうる。
- ⑨ 大量生産の効率を増大せしめる。
- ⑩ 作業工程を単純化できる。
- ⑪ 生産管理の労力と費用を減少せしめる。
- ⑫ メンテナンス費用を減少せしめる。
- ⑬ 安全性が高められる。
- ⑭ 現業作業員の信頼が得られる。
- ⑮ 現有設備の最大利用が可能となる。

3) 改善案

韶関ショベル工場の場合、G. Tショップとして次の7グループが考えられる。

表V-2-3 G. Tショップ編成例

番号	グループ名	工 程	凡 例
(1)	単純軸物	CE-LA	CE: センターもみ LA: 旋盤
(2)	複雑軸物 (歯車, 溝, 研磨等有)	CE-LA-GH-MM-HT-GR	GH: 歯切 MM: フライス
(3)	歯車グループ	LA-GH-HT-SL-GR	HT: 熱処理 GR: 研磨
(4)	丸物グループ (シーブ, 車輪等)	LA-SL-GR	SL: スロッター RD: ボール盤
(5)	型物グループ (ブラケット類)	MM-RD	PL: プレーナー HB: 横中ぐり
(6)	箱物グループ (減速機箱等)	PL-MA-HB-RD	MA: マーキング
(7)	その他グループ	このグループは機能別配置とする	

G. T手法にのっとり更に十分検討してグループ分けをすることを希望する。

またレイアウトについてはG. T化した工程順の配置とすることであるが熱処理工程あるいはショット工程を中途に含むものについては、グループを分割する方法も検討すべきである。

いずれにしても将来は、総合的に生産効率の最も高い1個流しのU字ラインによる複数台持ちを目指すよう進言する。

参考までにU字ラインによる1個流し実現のポイントを図V-2-21に示す。

また、代表機種JZ350で最も複雑と考えられる、ピニオン付シャフトについての改善例を図V-2-22、V-2-23、表V-2-4に示す。図V-2-22は現行のフローを示し、図V-2-23は改善後のフローを示すが、改善前は機械配置が機能別

になっているため、工場の広範囲にわたって部品が移動し、錯綜も甚だしい、改善後のレイアウトでみると一つのG、Tショップ内のみでの部品移動となっており移動距離も約40%減少している。同群の種類数に匹敵する移動距離の減少も当然考えられる。他群の部品についても同様の現象が発生するはずであるから工場全体で考えると部品の衝突現象は少なくなり、運搬費も大幅に下ることになる。

したがって改善案としては第一段階では熱処理を工程内に含む群の機械配置場所をできるだけ熱処理工場側に設けること、そして将来的には熱処理工場を粗材倉庫付近に移設することを検討すべきと考える。また、表V-2-4の工程を検討してみると改善前の16工程に対し改善後は10工程で可能と考えられる。

端面削り、マーキング、センター孔をはぶいて粗削りをチャック加工で行うこととし、仕上げ加工の旋盤作業で端面削り、センターのもみつけを行い、特別に工程は設けないことにする。

また、歯面取り、スケール取りも歯切作業、熱処理作業が複数作業をすることになれば工程数の削減と合わせて、工数も約20%の低減が考えられる。

以上のごとくG、T化を実施し、レイアウトを良く検討してG、Tレイアウトを実施していけばコストの低減、日程管理の正確さなどが得られ、相当の合理化が達成できる。

2-1-3 工具の集中管理、集中研磨、集配制の導入

1) 概要

韶関ショベル工場の工具類は工具課が管理し、全工場へ供給している。各工場は各々器具室を保有しその工場に必要な器工具の保管、貸出し業務を行っている。

補助工場には工具工場があり、プレスの型、治具の製作のほかボーリングバー、バイト（150種類、8,000本/年）の製作及び歯切カッター、フライスカッターの研磨作業を行っている。

それ以外のドリル、リーマー、カッター類は工具課にて市場より購入される。工具の借用は作業者が各工場にある器具室に向いて借用し、バイト、ドリルについては摩耗した場合は各作業者が自ら研磨を行っている。

2) 工具の集中管理、集中研磨方式の導入

各工場が器具室を保有して貸出し業務を実施することは作業者にとって距離的にも近く便利がられる反面、どうしても余剰在庫を持つというデメリットが発生する。ま

た工具課が工具工場と分離して、別系統で工具管理を行うのも組織を複雑にし管理を難しくすると同時に手配遅れなどの悪影響も発生させる。

一方、バイト、ドリル等の研磨を作業者に行わせるのは作業者がその間機械を停止して研磨作業に従事するため、生産性を低下させると同時に個人差による刃物精度差が発生し、品質にばらつきを発生させると同時にバイト、ドリルの寿命を短くする。

もっともバイト、ドリルに対しては習慣的個人差もあり、一時的抵抗は発生すると思うが、上記の面より考え、また将来、機械の自動化を進めることを考慮して工具の集中管理、集中研磨方式の導入を推奨する。担当は工具工場とする。

3) スローアウェイチップ方式の導入

現地調査時、約一年半前に導入を試みて失敗に終わったと聞いたが、前述のとおりバイトの研磨には作業者個人の癖があり、これを切り替えるには作業者の抵抗が大きいことと思う。しかしながら品質を向上し、安定化させるためには避けて通れない関門である。工作機械の自動化にともない、ぜひとも実施すべき近代化であり、その正否は指導層の決断にかかっているといっても過言でない。

なお、スローアウェイ・バイトの経済性についての資料を参考までに附表一(4)に示す。

4) 集配制の採用

集中管理方式を採用すると、作業者が工具交換のため、長距離を歩くことが必要になり、作業効率を著しく低下させる。この対応策としてツールボーイ (Tool boy) による、集配制の導入を推奨する。

これはツールボーイが作業者から要求されたツールを定間隔に集配する方式で韶関ショベル工場の場合専用員一人による2時間ピッチくらいが適当と考える。(ただしこれは作業者の保有する予備工具と関係するのでよく調査検討してピッチをきめることを進言する)。方法は工具台の上に交換を必要とする工具とチッキを添えて置いておき、これをツールボーイが集配する。

集配サイクルは前項で述べたスローアウェー化が工場内に浸透すれば極端に長くなって来る。

またスローアウェー化につれて、研磨作業の比率はドリルに片寄ってくるのでドリル研磨の効率アップが必要になってくる。

手軽で熟練を要せず、研磨能率のよい、低価格なドリル研削機を参考までに附表一(2)に示す。

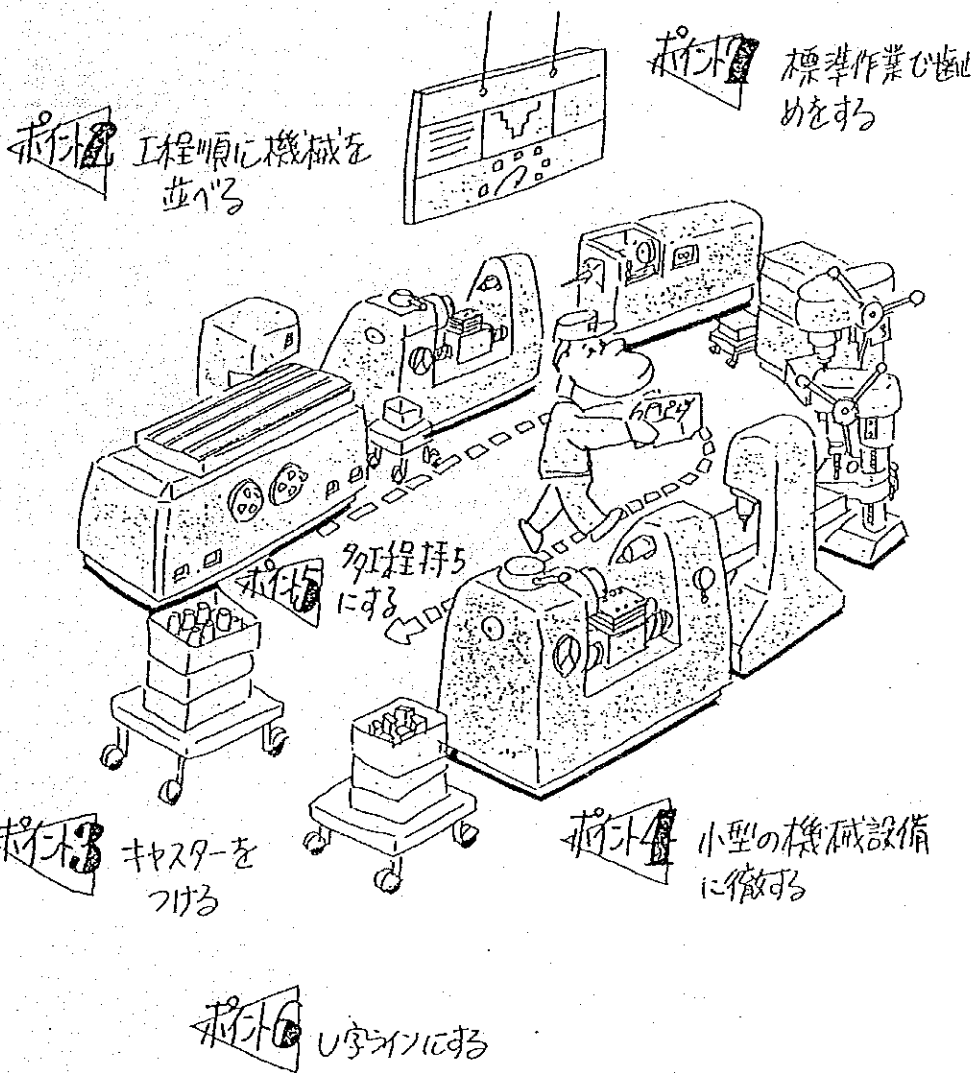
2-1-4 その他の技術の改善

加工効率を向上するには機械を自動化して複数台持ちを進めることと適性機械と適性工具を使って機械を休みなく動かすことである。かかる観点から韶関ショベル工場を調査した結果、下記のごとく改善を提案する。

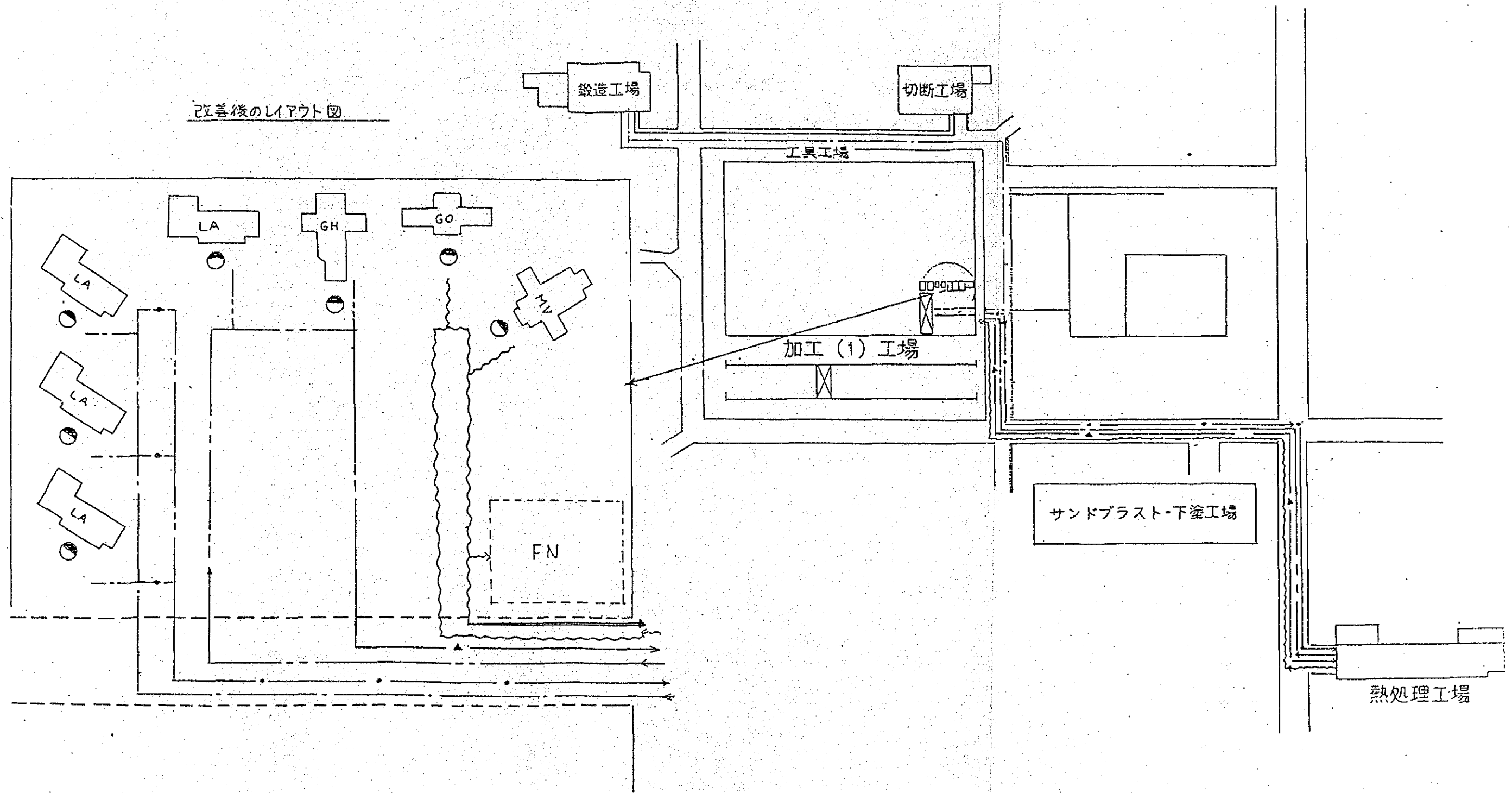
- 1) 製品別機械配置をした場合、次工程への部品移動にはできる限り腰の高さにしたコンベアを使用する。
- 2) ヨーク、ブラケット等の平面加工にシェーパーを多用しているが、バイトによる切削は能率が悪い。フライスカッター加工に切替える方がよい。フライス盤の能力が不足するならば2交替制を敷くこと。
- 3) 減速機箱の基準面、入出力軸端面、覗き窓取付面の加工をプレーナーで実施しているが一度に相当数の段取りをしている。段取り治具を製作して二重段取りとすると機械の停止はほとんどなくなる。
- 4) 減速機箱のプレーナー加工は能率が悪い、ミーリングヘッドに付け換えてフライスカッター加工にする方が能率的である。
- 5) 角スプライン加工をフライス盤で実施しているが、ホブ盤加工に切替えると約2倍の加工ができる。更に簡単な専用機への切替えを検討するとよい。
- 6) ラジアル・ボール盤は旋回できることを頭において、できるだけ広範囲に活用する。定盤を追加設置し最低でも180°の範囲は使用するようにする。
- 7) スロッター加工はVブロック等をセットしてワークセンターを容易にきめるようにする。次の段階では前にも述べたごとくキーシーターの導入をするとよい。
- 8) シャフトの端面切削は省略して旋盤加工時に実施すること。センターのヘソが残るが、ハンドグラインダーによる手作業に切替える方が能率的である。
- 9) 歯切り盤など自動運転中は仕上げ加工、二重段取り等複数作業をするように作業者の訓練をする。
- 10) ギヤ付シャフトの鍛造は一回鍛造とする。更に丸棒材の材質をよく検討して削り出し加工に切り替える。

- 11) ボール盤作業には多軸アタッチメントを導入する。また、旋削関係には多刃バイトを検討する。
- 12) 部品ごとに加工する機械を決め、または職場を定め、部品の置場も決めて、専門化をはかる。
- 13) 機械加工部品の吊り具としてワイヤーではなく、滑りにくく、疵のつきにくい化学繊維製の吊り具を導入する。
- 14) 新しい工具、測定具をできるだけ試験して導入する。参考までに
附表一（3）に高硬度材切削用バイト
附表一（4）にスローアウェイバイトの経済性
附表一（5）にドリルタッパー
附表一（6）にホールテスト
を紹介する。
- 15) ボール盤におけるマーキング作業がかなり多い。孔あけ用治具を考案すること。比較的精度のゆるいものはテンプレート (Template) で代用できる。
- 16) シャフト用センター磨きが1工程としてあるが熱処理後のスケール落としと考える。これはセンター孔に銅プラグをつめて熱処理を行うと、その後のスケール落としが省略できる。
熱処理後にセンターもみを行うように工程の変更を考える。

ポイント1 1個流しをやる



図V-2-21 U字ラインによる1個流し実現の七つのポイント



改善後のレイアウト図

図V-2-23 G. Tショップ改善提案例

表V-2-4 ピニオン付きシャフト加工手順の改善例

部品番号 JZ 350 7-7

現 行

ピニオン付きシャフト

単位 (時間) (m)

順番	設備番号	工 程	加工時間	運搬距離
1	1	材料切断	0.1	
2	2	鍛造	0.75	138
3	11	両端切削	0.3	187.2
4	14	けがき	0.05	15.6
5	12	センターもみつけ	0.1	56.4
6	4	粗旋削	0.5	99.6
7	16	調質	0.8	364.8
8	3	センター磨き	0.06	386.4
9	4	仕上旋削	0.8	33.6
10	7	歯切り	1.6	3.6
11	8	歯面仕上げ	0.15	30
12	16	歯面焼入れ	0.8	363.6
13	15	スケール落し	0.1	174
14	5	外周研磨	0.35	206.4
15	6	フライス溝加工	0.2	60
16	8	仕上げ	0.1	18
17				
合 計			6.76	2,137.2

改善後

単位 (時間) (m)

順番	設備番号	工 程	加工時間	K社見積	運搬距離
1	1	材料切断	0.1	0.1	
2	2	鍛 造	0.75	0.75	138
3		注(1) 旋盤 (粗削)	0.6	1.00	228
4	16	調質	0.8	0.8	321.6
5	4	注(2) 旋盤 (仕)	0.9	0.30	321.6
6	7	歯切 注(3)	1.6	0.65	3
7	16	注(4) 歯焼き	0.8	0.8	315.6
8	5	研磨	0.35	0.25	315.6
9	6	ミーリング	0.2	0.50	3
10	8	仕上げ	0.1	0.10	16.8
合 計			6.20	5.25	1,297.2

注(1)旋盤チャッキング後
※1. 端面切削全長決め
2. マーキング削除
3. センター穴削除
4. 粗削
(仕上げ寸法径で5m/m
端面で4m/m 残し加工)

注(2)研磨部分 0.3mm残し加工、
その他仕上げセンター穴
加工

注(3)歯切加工者が切り終えた
物を歯面取をする

注(4)歯面焼入れ後のスケール
取りは熱処理で考える。

※韶関とK社とは、機械設備・
作業条件等が違うので単純に比
較できないが、工程の統一、加
工時間等参考になる。

$$2,137.2 - 1,297.2 = 840m$$

附表一（1）

多種少量生産のGTシステム

人見勝人

生産の効率は1品種を大量につくる時にもっとも高いことはいうまでもない。したがって、生産性向上のために大量生産が指向され、生産設備も汎用機から専用機へと移行し、さらにオートメーション化が促進されるに至った。しかし経済が成長し、世の中が豊かになるにつれて、他人が所持しているものとは異なる種類の物を持ちたいという欲望が高まってきた。これは必然的に製品の多様化をうながし、各品種についての生産数量は限定化されることになる。それに加えて特別注文品が増し、新しい製品がつぎつぎと出現するにつれて製品のライフ・サイクルが短くなってきた。かくして現代社会では、多種少量生産は必然的な成行きといえよう。しかも企業競争に勝ち抜くためには、工期や納期の短縮をはからねばならないのである。

このように、ある生産期間において生産の対象となる品物の種類（仕様、形状、寸法、生産工程、色彩など）が多様化していて、それぞれの生産数量が少ない「多種少量生産」は多くは注文生産形態であり、少種大量生産が連続生産形態であるのに対して、個別生産ないしは間欠（ロット、バッチ）生産形態をとる。しかも生産工程（物の流れ）が個々の品物で異なり、錯綜していて、日程計画や工程計画がたてにくく、したがって、生産管理も経験や勘に頼ることが多い。

しかし、このようなやっかいな多種少量生産に対して、近年柔軟な生産システム（フレキシブル・マニュファクチャリング・システム）をもって対処しようとする積極的な努力が傾けられるようになってきた。そのハードウェアの側面として代表的なものに、数値制御（NC）工作機械、とくにマシニング・センタを数台～数10台、自動マテリアル・ハンドリング・システム（コンベヤ・システム）で連結しそれらをコンピュータにより制御し、パレットに取付けられた加工品がコンベヤ上を移動し、ランダムに必要な工作機械の所で識別されて段取りされ、プログラムに従った所定の加工がなされたのち、取はずされて出口へ搬送されるようになった製造システムがある。場合によっては、仕掛品の自動貯蔵、治工具の自動交換なども自動的に行うようになっており、“物の流れ”と“情報の流れ”の両方をオンライン・リアルタイム方式で総括制御しようとするもので、いわばフレキシブル・ジョブ・ショップである。

他方、フレキシブル・マニュファクチャリング・システムのソフトウェアの側面として

は、グループ・テクノロジー・システム、部品中心生産システム、オンライン生産管理システムなどがあり、また最近注目を浴びているMRP（マテリアル・リクワイヤメント・プランニング）生産システムや実践的な成果をあげているといわれるトヨタ方式“かんばん方式”生産システムなどがある。

この小稿では、このうちのグループ・テクノロジー・システムに焦点をあてて論じることにしてしよう。これは元来生産技術の分野で着目され、進展してきたのであるが近年はこれが生産管理に応用されて、多種少量生産に対する新しい生産管理システムが生まれようとしている。またコンピュータによる設計・製造、いわゆるCAD/CAM（Computer-Aided Design/Manufacturing）と結びつこうとしている現状にある。

日本国にはこれは10数年前に紹介され、とくに工作機械メーカーなど一部の業種で用いられたままに終わった感があるが、最近の多種少量生産化の働きに呼応して、再び注目を集めようとしている。

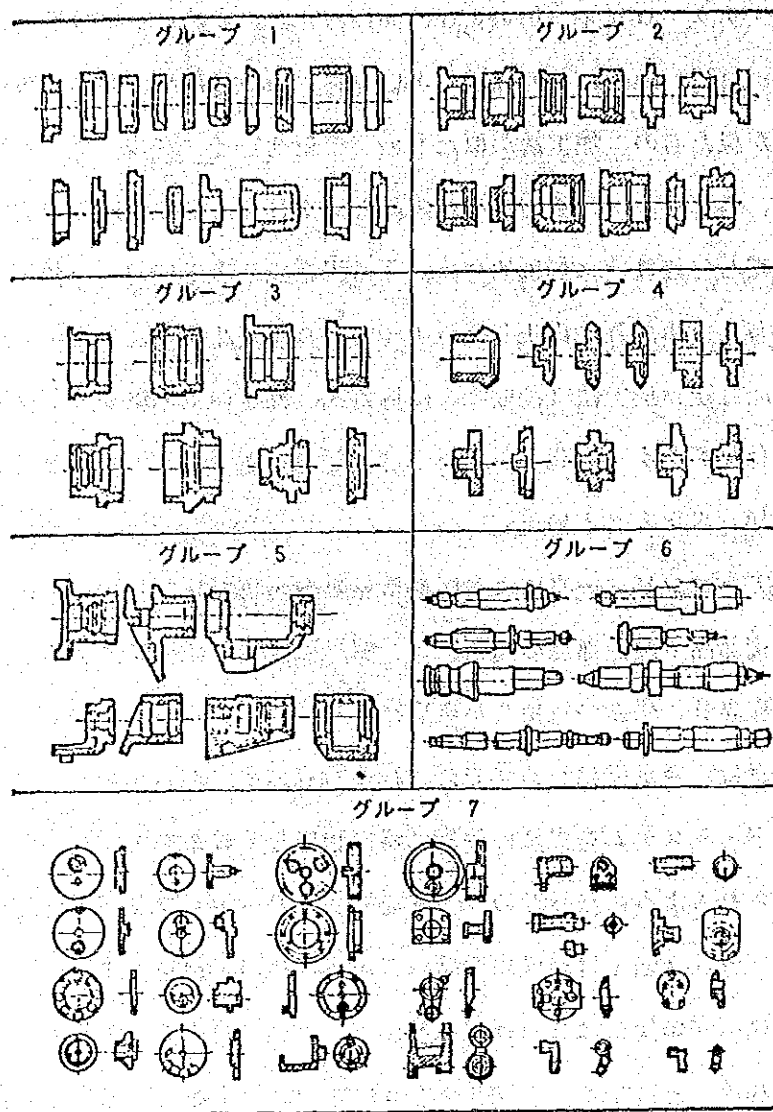
グループ・テクノロジーの概念と発展

「グループ・テクノロジー (Group technology)」、いわゆる“GT”は、別名「部品群加工 (Part-family manufacturing)」といわれ、多様な部品・製品の類似品 (形状が似たもの、寸法が似たもの、加工法が似たもの) を集約して“グループ”とし、設計を標準化・合理化し、各グループに適切な生産設備と治工具をあてて段取り時間、工程間運搬、加工待ちを減縮し、無秩序に個別的に生産する場合より大きいロット数で、大量生産方式に近い効果を与え、生産性を向上しようとする多種少量生産技法である。そのためには、工作物の形状、寸法、加工法 (段取り・保持方式、機械加工・組立・工程順序、測定方法) に基づいて、部品をパターン化し、コードづけ (コーディング) を行うことが大切で、これを「部品分類システム」という。

これによって、コンピュータによる図面情報処理が可能になり、以前に設計し、生産の対象とした反復部品や類似部品の場合には、部品生産情報の検索による認知に基づいて、部品設計、工程設計、生産の見積りが容易になる。

このGT概念は、今世紀はじめすでに、科学的管理法で有名なF. W. テイラーが自ら開発したコード・システムを実際の製造工場に利用して成果を上げたといわれる。GTが本格的に利用されるようになったのは、ソ連でS. P. ミトロファエーフが部品の類似性に基づくグループ分け (図1は旋盤加工品のグループ化の一部を示す) を行ったことに始まる。1950年代~60年代にはヨーロッパ各地で、ついで日本で、そしてアメリカで組織的な活動が行われることになる。アメリカでは現在75%以上を占めている大量生産が今後10年の間に25%に落ち込み、多種少量、小ロケット生産が大勢を占めるだろうと予想されているし、いまでも機械加工工業における平均ロット量は50以下であるといわれており、この生産性向上のためのGTが果たす役割は大きいといえよう。他方、マシニング・センターや巨大な設備投資を必要とするコンピュータ支援用生産システムの経済性を高めるには、効率的な機械負荷 (マシン・ローディング) と工程計画 (プロセス・プランニング)、ならびに日程計画 (スケジューリング) がなされねばならない。GTに基づく類似部品群による生産の計画は、それを裏づけるものであり、いまやGTはそのソフトウェアな側面が要望されているのである。

以下では、まず多様化部品のグループ化にあたって不可欠な役割を演ずる部品分類システムを取上げ、ついでGTレイアウトを中心とする工程設計、さらに機械負荷を主体とする生産計画と日程計画へのGTの応用について述べることにしよう。



グループ 1 : 加工内外面が簡単な形状の円筒部品

グループ 2 : 内外面の加工の大部分を第一工程でし、第二工程で端面と肩部の加工をする部品

グループ 3 : 内外面加工に 2 回の段取を要する多段の円筒部品

グループ 4 : 歯車ブランク類部品

グループ 5 : 1 回の段取で円筒部分を切削する非対称部品

グループ 6 : 両センター仕事の部品

グループ 7 : 平行穴加工の部品

図 1 旋盤加工部品の類似性によるグループ化 (ミトロファーノフ)

部品分類システム

GTでは部品を数値で表現し、これが同じものを同一グループとする。それはちょうど同一地区へ配布される郵便物が“郵便番号”の同一性に従って集約されるのと似ている。部品の分類基準としては、(i)製品の構成部品として部品を記述する部品展開方式による分類、(ii)部品の機能性による分類、(iii)部品の幾何学的形状に基づく分類、(iv)生産準備(段取り、取付け)、生産工程、機械加工、組立など、加工技術に関連する分類がある。通常は(iii)と(iv)を組合せた部品分類システムが多い。代表的な部品分類システムを表1にあげる。この中で、もっとも典型的なものとしてよく引合いに出されるのがアーヘン方式であり、その構成を図2に示す。これは部品全体形状(第1桁)、各部分形状と加工順序との関係(第2～5桁)を表わす5桁の形状コード、ならびに寸法(第6桁)、材質(第7桁)、素材形状(第8桁)、精度(第9桁)を表わす4桁の補足コードによって記述される。第1桁が0と1をとる場合の第2～5桁のコード体系は図3のとおりである。同図に部品のコーディングの例が付記してある。かくして、各部品に番号づけが行われるのである。このように生産の対象となる多種多様な部品のコーディングを行い、同じコードの部品を集めてグループとする。これによって個別生産がロット生産となり、場合によっては大量生産効果を発揮できることになる。

加工品のコード番号づけは、コンピュータによる処理によって情報検索が容易になる。とくに設計部門で新部品を設計することによる設計・生産総費用はアメリカでは1,300～2,000ドルといわれており、これを大幅に低減することができる。

表1 部品分類システム

国	方 式
ソ 連	MITROFANOV, NITMASH, VPTI, GUREVICH, LITMO
チ ェ コ	VUOSO, VUSTE, MALEK
ユーゴスラヴィア	IAMA
スウェーデン	PGM
ノルウェー	TEKLA
東 ド イ ツ	WALTER, AUERSWALD, DDR
西 ド イ ツ	AACHEN, STUTTGART, PITTLER, GILDENEISTER, ZAFO, SPIES, PUSCHMAN
オ ラ ン ダ	MICLASS
イ ギ リ ス	PERA, SALFORD, BRISCH
ア メ リ カ	CODE, PARTS, ANALOG, ALLIS CHALMERS, SAGT, BUCCS, ASSEMBLY PART CODE, HOLE CODE, DTH, CINCLASS
日 本	KC-1・2, KK-1・2・3, TOSHIBA, TOYODA

補足コード

形状コード

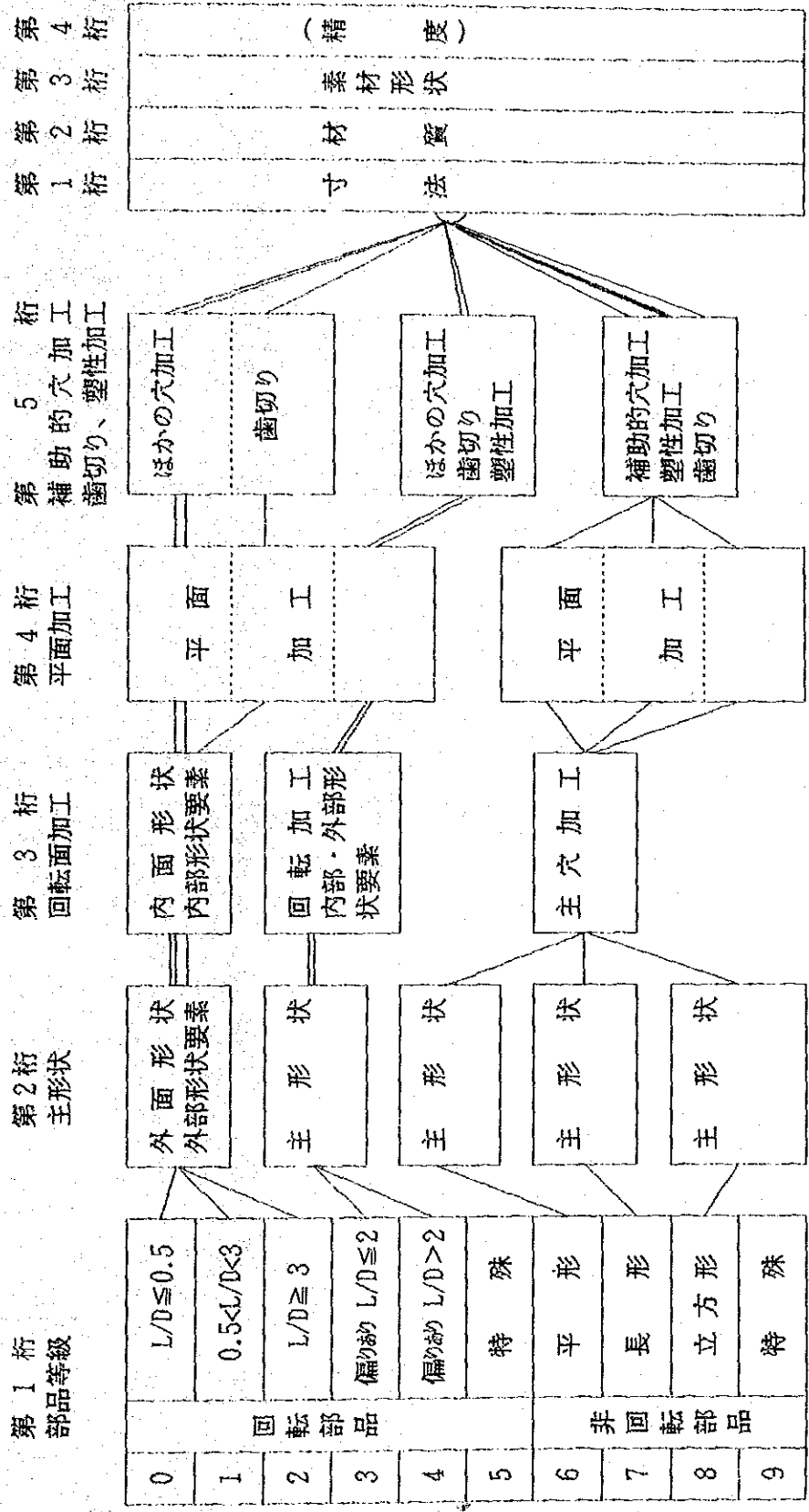
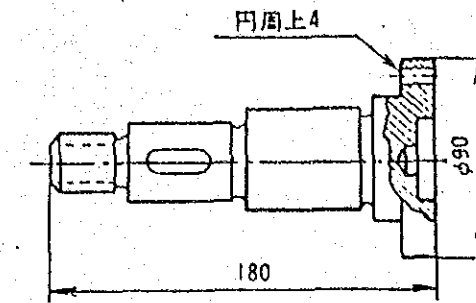


図2 部品分類システム (アールヘン方式)

第 1 桁		第 2 桁		第 3 桁		第 4 桁		第 5 桁	
部品等級		外面形状 外部形状要素		内面形状 内部形状要素		平面加工		ほかの穴加工と歯切り	
0	L/D ≤ 0.5	0 加工しない		0 加工なし 貫通穴なし		0 平面加工なし		0 ほかの穴加工なし	
		1 平滑 形状要素なし		1 加工しない 貫通穴あり		1 平坦なおよび/または 一方向に曲がった外面		1 軸方向 割出しなし	
		2 形状要素なし		2 一方 方向に 径増大		2 あるピッチで並ぶ外面		2 軸方向 割出しあり	
		3 ねじ または 平滑		3 ねじ 機能をも有する突切り部 および/またはテーパ (およびねじ)		3 外側のみぞおよび/ま たは切欠き		3 軸方向および/または径 方向および/またはその 他の方向	
		4 機能をも有する突切り部 および/またはテーパ (およびねじ)		4 機能をも有するテーパ (径方向突切り部) (および ねじ)		4 スプライン (多角形) 外面		4 軸方向および/または径 方向割出しありおよび/ またはその他の方向	
		5 形状要素なし		5 形状要素なし		5 外側スプラインみぞお よび/または切欠き		5 平歯車加工 ほかの穴加工なし	
		6 ねじ		6 多様 に径 変化		6 平坦な内面および/ま たは内側のみぞ		6 歯 切り あり 平歯車加工 ほかの穴加工あり	
		7 機能をも有する突切り部 および/またはテーパ (およびねじ)		7 機能をも有するテーパ (径方向突切り部) (および ねじ)		7 スプライン (多角形) 内面		7 かさ歯車加工	
		8 運動ねじ		8 運動ねじ		8 スプライン内面、外側 のみぞおよび/または 切欠き		8 ほかの歯切り	
9 その他		9 その他		9 その他		9 その他		9 その他	



形状コード 加工工程

1 回転部品:
0.5 < L/D < 3

13 外面形状: 一方向 長手方向旋削
径方向切込み、径増大、ねじ付き、
角落し、ねじ切り

132 内面形状: 一方向 旋盤による穴
あけ、径増大、形状要素のない平
坦な穴

1323 平面加工: 外側みぞ フライスに
よるみぞ切り

13232 ほかの穴加工と歯切り: 穴あけ
割出しの軸方向穴
歯切りはなし

図3 部品等級0および1の形状コードと例 (アーヘン方式)

GT 工程設計

GTによる効果的なグループ加工にさいしては、そのための生産設備の配置、つまりレイアウトがGTに沿ったものでなければならない。一般に設備レイアウトの様式は、生産の対象とする製品の種類Pと数量Qとの関係によって図4に示すP-Q図のように、 Q/P が大なる時には大量連続生産形態がとれるので、いわゆる流れ作業方式にして、素材から製品への生産のプロセスにして生産設備を配置する「機能的レイアウト」をとり、逆に Q/P が極度に小さい時には、個別生産形態をとらざるを得ず、生産設備はその機種ごとにまとめて配置する「機種別レイアウト」にする。しかし Q/P がその中間で、しかも多様な部品をグループ化できる場合には、グループ化した工作物をロット生産形態でつくるように、上の二つの中間様式の設備配置、いわゆる「GTレイアウト」ないし「グループ・レイアウト」にする。その一例を図5に示す。この図の下方に示す4種類の部品を大量生産できる場合は(a)、一品的な個別生産をせざるをえない時には(b)のごとき設備配置となるが、GT加工が可能な場合には、(c)のごとき設備配置をとれる。これは(a)ほど“物の流れ”が円滑ではないが、(b)に比べればはるかに良好で加工品の運搬が容易になる。この図では、“物の流れ”は上下二つの部門に分けられるが、このおのおのは機械グループ・セルといわれる。GTレイアウトではこのセルをうまく組合せて、効果的な設備配置をつくるのである。またグループ生産のための治工用具を用いて段取時間を節約し、マテリアル・ハンドリングの円滑化がはかられ、かつ設備稼働率が向上してGTシステムの効果が発揮される。

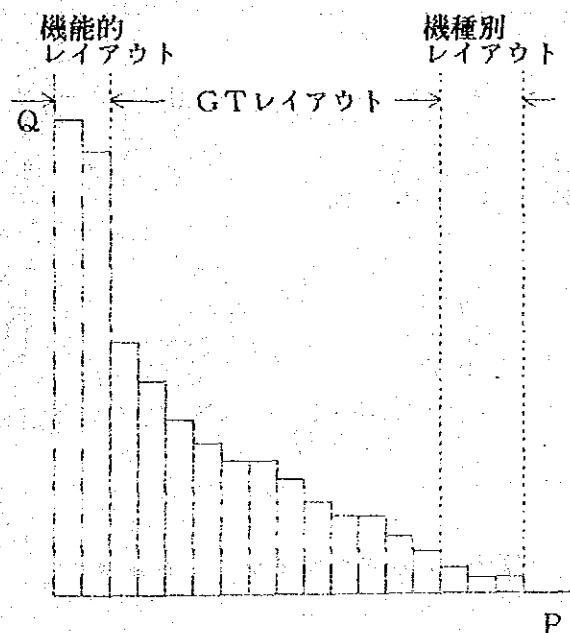
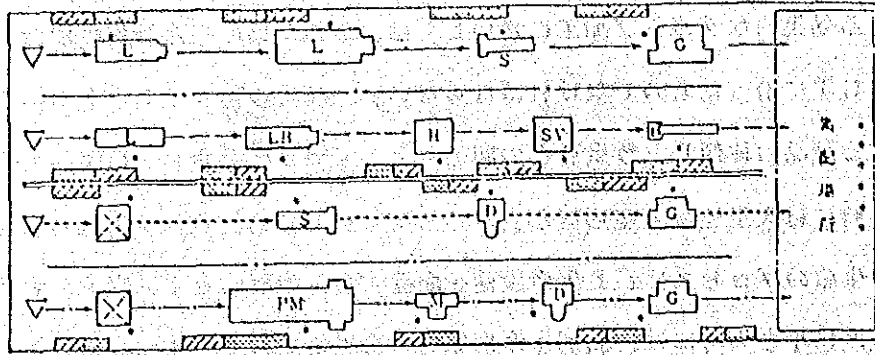
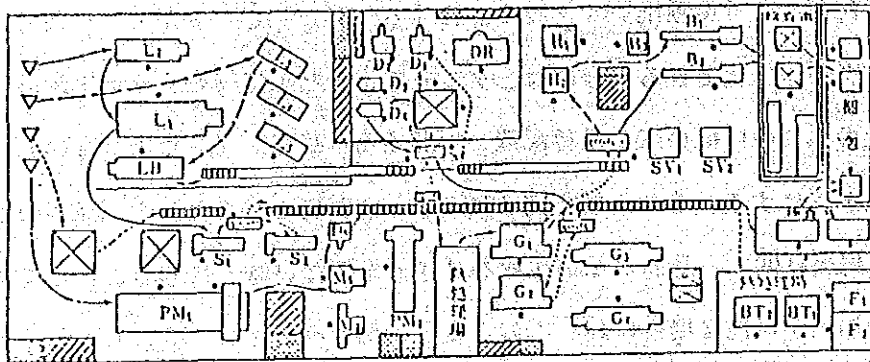


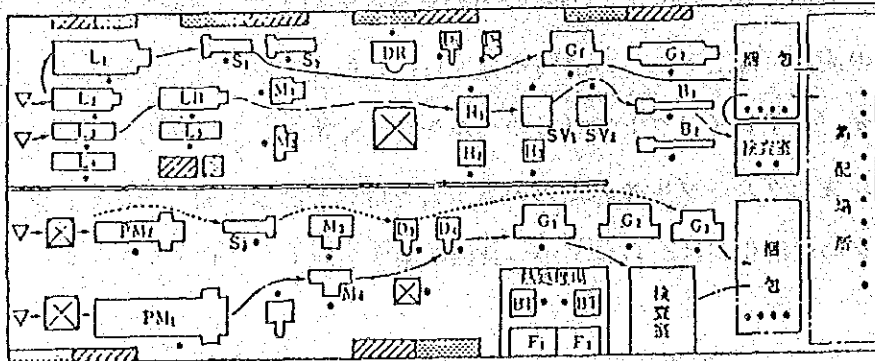
図4 P-Q図のレイアウトの様式



(a) 概略的レイアウト



(b) 機種別レイアウト



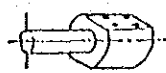
(c) GT的レイアウト

〈記号説明〉

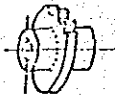
- | | | | | |
|-----------|--------------|----------|------------|------|
| L 旋盤 | D ボール盤 | SV 歯車シェー | ⊗ 定盤 | ▽ 素材 |
| LB 中ぐり盤 | DR ラジアル・ボール盤 | リング | ⊠ ベルトコンベヤ | |
| S 形削盤 | G 研削盤 | F 加熱炉 | ▨ 治具棚 | |
| PM プラノミラー | H ホブ盤 | BT 油(水)浴 | ⊞ 工具棚 | |
| M フライス盤 | B プローチ盤 | | TABLE テーブル | |
| | | | ● 作業員 | |

〈物の流れ〉

- 実線 - - - 破線 点線 - · - · 点鎖線



長軸物



短軸物 (歯切りやキーみぞあり)



箱物



箱物 (大形)

図 5.3 形式のプラント・レイアウト

G T生産計画

これまでG Tは大部分、多様化部品の分類や設備配置に重点がおかれてきた。これらは素材を製品へ変換する、いわば“物の流れ”に関するものである。しかしながら生産を効率化（経済的・高能率）するためには、その変換プロセスをいかに計画し、管理するかという、いわば“情報の流れ”を適切に結びつけることが大切である。この“情報の流れ”は基本的には図6に示すように、(i) 全般的生産計画（規定の期間において、生産すべき財の種類と数量を決定する、生産に関する総合的でマクロな意思決定機能）、(ii) 生産プロセス計画ないし工程計画（生産投入物（生産要素）を生産産出物（生産財）に変換する手順—物の流れと形態的变化に関する意思決定機能）、(iii) 生産スケジューリングないし日程計画（生産を構成する要素作業実施のための実行計画、すなわち、いつ、どの生産設備で、だれが、何を行うかという、時間的側面（日程）に関する具体的でミクロな意思決定機能）、(iv) 生産実施（実際に生産加工を行なう機能）、および(v) 生産統制（生産の進捗状況の監視機能と、計画段階からの指示標準より乖（かい）離した場合の修正機能）の5段階からなる。このうちG T見地から(ii)を前節で論じたので、本節では(i)について、また次節で(iii)について考察することにしよう。

G Tを生産計画へ応用する最大利点は、グループ化することによって段取り時間が大幅に短縮できることである。いまM個の多様化部品をGグループに分類できて、グループ*i* (G_i) ($i=1, 2, \dots, G$) に M_i 個の類似部品が所属しているものとしよう。当然 $\sum_{i=1}^G M_i = M$ 。 G_i に属する部品 j (J_{ij}) ($j=1, 2, \dots, M_i$) について、加工のために工作機械に取付けたり、取はずしたりする、いわば段取り時間を s_{ij} とし、実際に加工に要する時間—実加工時間を t_{ij} とすれば、この部品の処理に要する、いわば単位生産時間は、 $s_{ij} + t_{ij}$ であり、生産ロット量が l_{ij} であれば、部品処理時間は全部で $l_{ij} (s_{ij} + t_{ij})$ 必要である。段取り時間 s_{ij} の中、グループ全体について共通な部分を s_{ij}^0 、この部品に固有の部分を p_{ij} とすれば、 G_i 全体としては、段取り時間のうち共通部分をグループ段取り時間 $s_i (= s_{ij}^0)$ としてまとめることができ、総生産時間 t_i はこれと、(部品準備時間+部品加工時間) × (ロット量) の和となる。すなわち、

$$t_i = s_i + \sum_{j=1}^{M_i} l_{ij} (p_{ij} + t_{ij})$$

もし個々の部品をランダムに処理した場合には、全体の加工時間は $\sum_{j=1}^{M_i} l_{ij} t_{ij}$ と変わらな
が、段取り時間は $\sum_{j=1}^{M_i} (s_{ij}^0 + l_{ij} p_{ij})$ となり、グループ生産の場合の方が

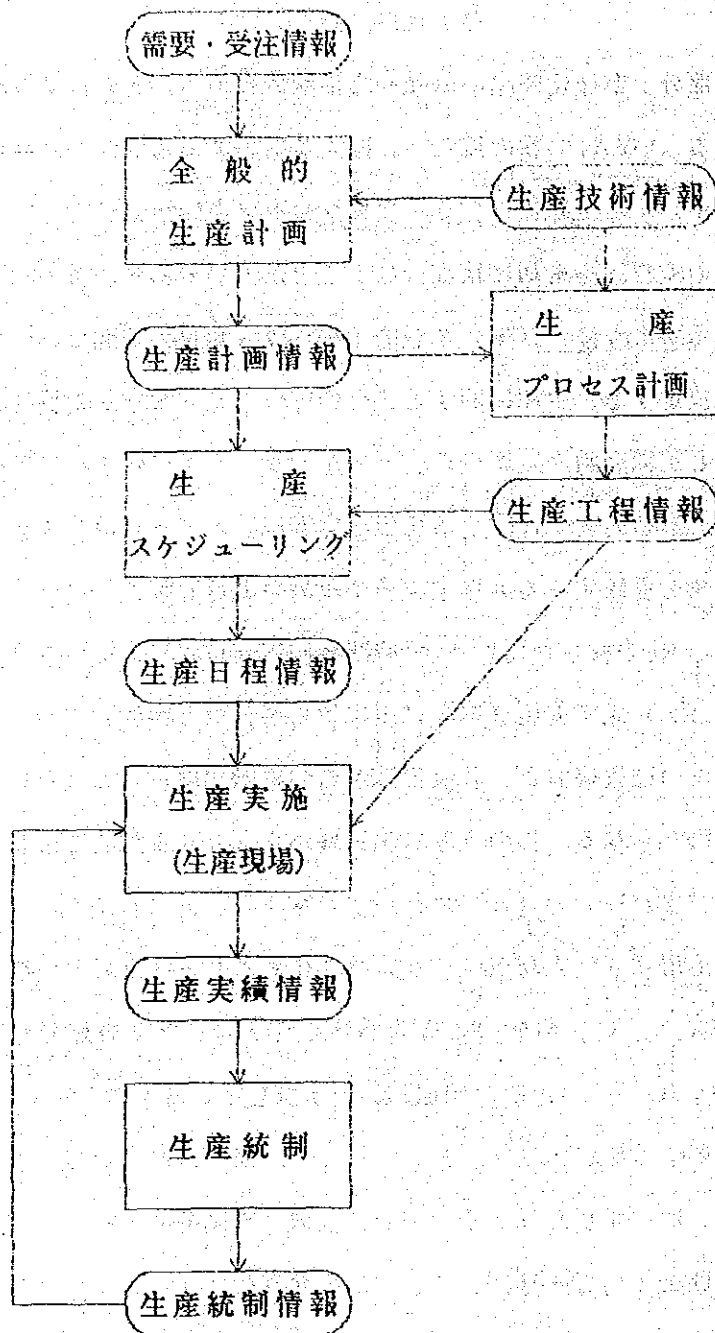


図6 生産における“情報の流れ”

$\sum_{j=1}^{M_i} (s_{ij}^0 - s_i) = (M_i - 1) s_i$ だけ減少し、総体としては $\sum_{j=1}^{M_i} (M_i - 1) s_i$ だけ段取り時間が減少することになる (図7参照)。

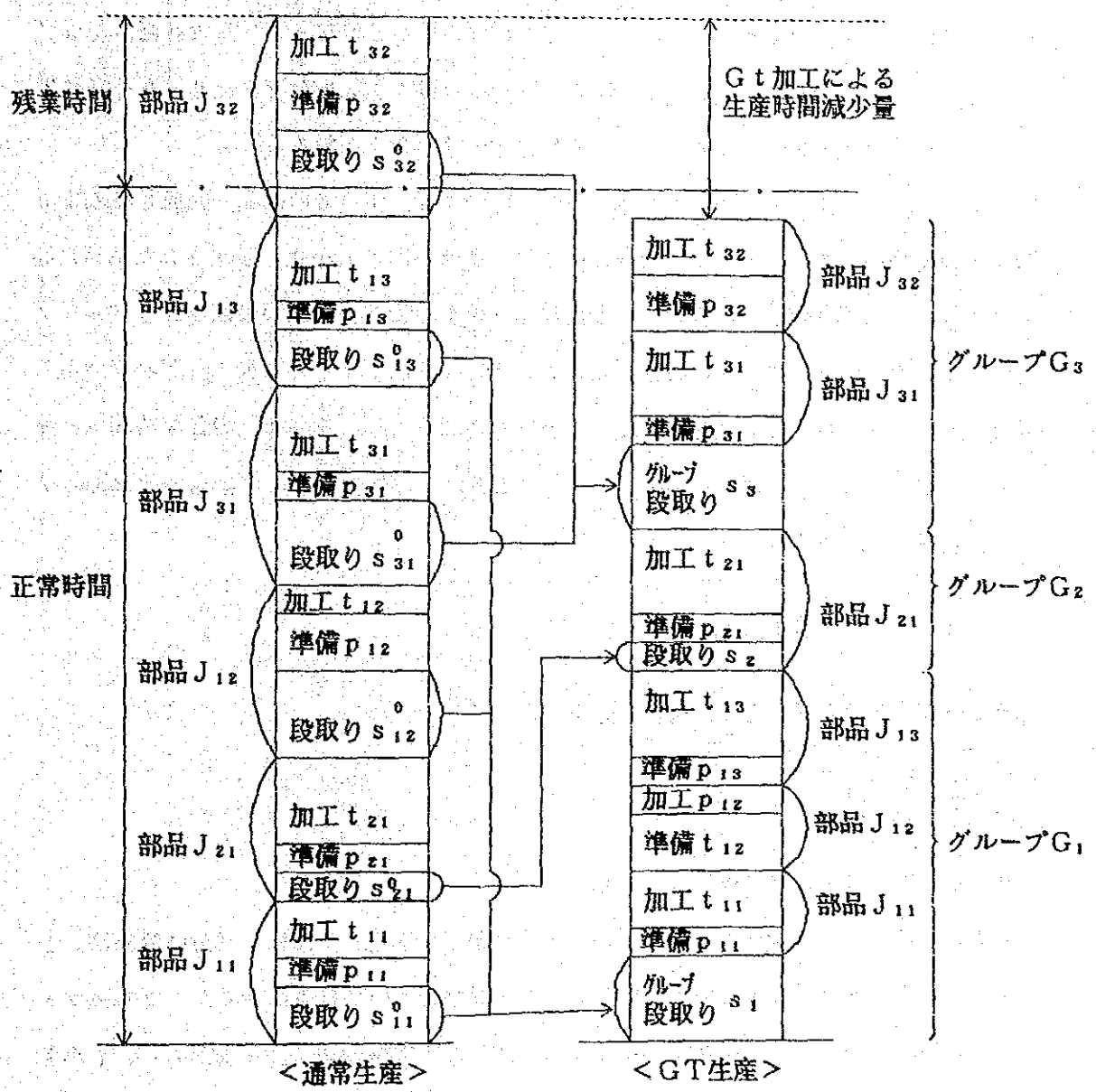


図7 GT生産による生産時間の短縮

したがって、同一の数の部品をグループ生産することにより、総生産時間をこれだけ短縮できて、コスト低減にもつながるし、逆に同一時間内ではより多くの部品を加工することが可能になるわけである。

GTスケジューリング

前節で述べたとおり、グループ生産によって段取り時間が削減されると同時に、GTレイアウトによって“物の流れ”（生産工程）が流れ作業化されるので、スケジューリングでは、フロー・ショップ・タイプのを考えればよいことになって、日程計画がジョブ・ショップ・タイプの場合よりはるかに楽になる。このようなスケジューリングを「GTスケジューリング」ないし「グループ・スケジューリング」と称する。

GTスケジューリングでは、ある評価基準—たとえば、すべての部品を完成し終るまでの総所要時間の最小化、部品が工場内にある平均所要時間の最小化、設定された納期に間に合わなかった場合の納期おくれの最小化など—の下で、グループの最適順序とグループ内の部品の最適順序を決めなければならない。今部品を加工するのにN工程が必要である場合、第k工程（ M_k ）に必要なグループ段取り時間を s_{ik} 、部品 j_{ij} の作業時間〔=(部品準備時間) + (実加工時間)〕を t_{ijk} とすると、この工程グループにおいてグループ G_i を処理する総所要時間は

$$q_{ik} = s_{ik} + \sum_{j=1}^{M_i} l_{ij} t_{ijk}$$

総所要時間を評価基準にとった場合を考えると、

$$F = \sum_{i=1}^G (d_{iN} + q_{iNk})$$

で与えられる。 d_{iN} は機械遊休時間の総和。

上式Fを最小にする最適のグループ順序と部品順序を決定するには、「分岐限界法」というシステム最適化手法を用いるのがよい。その詳細については省略するが、グループ・ノードを創成しつつ、各部品ノードにおける上式Fの下限を計算し、それがもっとも小さいノードに着目してそこから新しいノードを、分岐してゆくことを続けて、最適スケジュールを得る方法である。これを例によって示してみよう。

いま5工程生産システムで加工されるべき14個の部品があって、これが4個のグループに分類されるものとし、この場合の生産情報として、グループ段取り時間と部品作業時間が表2のように与えられたとしよう。この時14個の部品すべて加工し終えるに必要な総所要時間を最小にする最適スケジュールは、分岐限界法によって表3のようになる。これをガント・チャートに表したのが図8である。このように、日程計画の分野でもGTが生かされ、段取り時間を大幅に短縮できるスケジュールを作成することができるのである。

表2 14ジョブ(4グループ) - 5工程グループ・スケジューリングの
総処理時間最小化問題

グループ	ジョブ	グループ 段取時間 ジョブ 作業時間	第k工程における所要時間 (h)				
			第1工程	第2工程	第3工程	第4工程	第5工程
G ₁	—	S _{1k}	30	15	25	30	10
	J ₁₁	t _{11k}	41	65	39	79	52
	J ₁₂	t _{12k}	75	75	68	71	61
	J ₁₃	t _{13k}	32	25	62	73	54
G ₂	—	S _{2k}	10	20	15	30	25
	J ₂₁	t _{21k}	50	41	22	41	55
	J ₂₂	t _{22k}	30	28	41	48	64
	J ₂₃	t _{23k}	70	20	56	54	62
	J ₂₄	t _{24k}	48	34	48	29	52
G ₃	—	S _{3k}	15	25	30	20	10
	J ₃₁	t _{31k}	29	55	46	37	31
	J ₃₂	t _{32k}	26	20	37	51	28
	J ₃₃	t _{33k}	72	66	40	47	62
G ₄	—	S _{4k}	25	30	10	25	35
	J ₄₁	t _{41k}	47	71	29	38	24
	J ₄₂	t _{42k}	27	69	42	75	57
	J ₄₃	t _{43k}	78	45	73	74	29
	J ₄₄	t _{44k}	22	42	35	68	17

表3 14ジョブ(4グループ) - 5工程グループ・スケジューリング問題
(総処理時間最小化) (表2) に対する最適解

最適グループ順序	G ₄	G ₂	G ₁	G ₃
最適ジョブ順序	J ₄₄ -J ₄₂ -J ₄₃ -J ₄₁	J ₂₁ -J ₂₂ -J ₂₃ -J ₂₄	J ₁₃ -J ₁₂ -J ₁₁	J ₃₃ -J ₃₁ -J ₃₂
				J ₃₃ -J ₃₂ -J ₃₁