

2. 生産性向上（増産）のための近代化計画

2-1 生産性を妨げる諸要因

Ⅲ-1章およびⅢ-2章において当工場の現状と問題点について考察し、さらにⅢ-3章において問題点を分析した結果、当工場に存在する問題点の多くは今回工場側から提言された近代化課題である“生産性向上”および“製品品質向上”に影響することが検証された。また、これらの問題を引き起こしている原因のほとんどは、同様に近代化計画の課題である技術・技能や工場管理のまずさに起因するものがほとんどであることが判明した。換言すれば、これらの問題の原因が近代化を妨げている要因と見てよい。

この近代化を妨げている要因を、さらに具体化するために、「生産性を阻害する要因」と「製品品質を阻害する要因」とに分けて、団員全員による検討を行った。その結果、「生産性を阻害する要因」および「製品品質を阻害する要因」ともに、“管理機能的要因”、“技術・技能的要因”、“施設・設備機械上の要因”、さらに“外的要因”に大別ができることが分った。それらの各々について、もう一段下の水準で考察した結果、当然ながら、影響の大きい要因とそうでない要因があることも分かった。

表Ⅳ-2-1-01は上記の「生産性を阻害する要因」についての検討結果をまとめたものである。影響の欄の◎、○、△印は、それぞれ“影響の非常に大きいもの”、“影響するもの”、“影響はするがそれほど強くないもの”であることを示す。また、これは一般的なものではなく、当工場の現状から判断した評価であることは言うまでもない。

(1) 外的要因

当工場の生産性向上（増産）を達成するうえで、ボトルネックとなると予想される外的要因の中では、調達品の問題が最も緊急の課題であると思われる。とくに、油圧部品は供給量と品質の両面から解決する必要がある。同様に、完成購入部品ほどシリアスではないものの、原材料、外注加工部品、補助材料などの購入品についても、市場が限られ売り手市場となっているために、納期や品質に多少の問題があっても、そのメーカーや外注工場に頼らざるを得ないのが現状である。

ユーチリティーについては、現在当工場が直面している問題は電力不足である。これも将来の増産を進めるうえで今から対策を立てておかなければならない問題である。

これら外的な要因は、当工場の努力だけでは解決できないものが多く、中国の工業発展を待たなければならないものや、優良な中小企業の発展を期待しなければならないものがほとんどである。

(2) 管理機能的要因

当工場の管理機能の中で、生産性向上を進めていくうえで改善し、強化しなければならないのは、調達管理、工程・日程管理およびこれと緊密に関連する工数管理が挙げられる。調達管理については上述の外部要因の調達品の問題に関連するものであり、当工場だけでは解決できないとはいえ、調達部門の努力によって少しでも改善していく必要がある。工程管理、日程管理、工数管理については言うまでもなく、増産計画を達成するための最も基本的な管理項目である。

現在、当工場では技術改造計画を急速に進めており、生産ラインの変更、新車間の建設など生産現場の移動には激しいものがある。これに伴って組織の変更や人員の移動、業務所掌の変更など現在は過渡期にあり、できるだけ早い時点で見直しを行い、技術改造の実態に則した機動的な組織を構築する必要がある。設備管理や在庫管理も間接的ではあるが生産性向上にとっては検討を加えなければならないファクターである。

上記の諸改革の成否は、それぞれの持ち場の人員の能力と改革意識に左右されることは当然であり、そのための人材の雇用や育成（教育・訓練）は重要である。また、現場作業員だけでなく、全従業員が働きやすい環境を整えることも生産性を上げるための条件となるであろう。

(3) 技術的要因

当工場が今後の増産に向けて、技術・技能の改善がとくに必要と思われる生産工程は、工場側も指摘しているように、総組立・サブ組立工程、材料準備、仮組・溶接工程、塗装工程である。将来、約3倍の生産量を達成するためには、総組立工程のライ

ン化は絶対に必要となり、そのためユニット・サブ組立工程もラインバランスの観点から十分な準備を必要とする。

鋼材の切断・曲げなどの材料準備から仮組み、溶接に至るまでのいわゆる鉄構物加工工程も生産性を上げるためにはもっとも改善の効果が期待される工程である。また、溶接工程は他の工程と比較して、作業者の技能差が最も端的に現れる工程でもあるので、作業員の技能向上は必須の課題である。

機械加工工程については、現状では明確な増産上の問題は発生していないが、将来3倍増になると、現状のままでは当然能力が足りなくなることはすでに述べたとおりであり、作業員の多能工化、定額工数の削減、セッティング治具の工夫など、設備および作業員の両面から解決すべき課題は多い。

また、工程間の運搬はややもすると軽視されがちであるが、待ち時間や部品の放置時間をいれると全工程のなかでかなり大きなウェイトを占める。さらに、設計技術は生産性とは無関係と考えられがちであるが、設計、とくに生産設計は生産時間を大きく左右することを設計者は十分認識する必要がある。

(4) 施設・設備上の要因

生産性向上の基本的考えは、既存の基本設備と人員を用いていかに効率を上げ、製造コストを下げ、増産に対応するかということであり、“増産＝設備投資”という図式ではない。今回の近代化計画も基本的には既存設備による生産性向上を目標とするが、わずかな設備導入、設備レイアウト改善、治工具や道具の工夫改善によって大きく生産性が上がる人が多いので、まったく設備や治工具・道具などハードウェアを無視することは現実的でない。とくに、今回の場合増産計画は現在の3倍というものであり、設備投資と改善は避けられない。設備投資については、工場側がすでに作成済みの計画を基本とし、それに僅かの修正を加える程度にとどめる。

表IV-2-1-01 生産性を阻害する要因

外的要因		生産性を阻害する要因		技術的要因		施設・設備上の要因	
要因	評価	管理機能的要因	評価	要 因	要 因	要 因	要 因
原材料	○	工場全般の管理機能	○	総 組 立		車間レイアウト	○
外注品	○	調達管理	◎	サブ組立		設備レイアウト	◎
購入品	◎	在庫管理	○	完成試験		建 屋	○
補助材料	○	工程・日程管理	◎	材料準備		生産設備	◎
運輸環境	△	工数管理	◎	仮組・溶接		ジグ、工具、道具	◎
客 先	△	設備管理	○	塗 装		検査設備	○
ユーザリテイー	○	作業環境・安全衛生管理	○	機械加工		保管設備	○
-	-	人材管理（教育訓練）	○	熱 処 理		運搬設備	○
-	-	販売・アフターサービス	△	運 搬		ユーザリテイー	○
-	-	-	-	製品開発・設計		-	-

備考：評価の欄の◎、○および△印は、生産性向上にとって及ぼす影響の度合いを示している。

◎……非常に影響が大きいもの

○……影響するもの

△……影響がそれほど大きくないもの

2-2 必要な技術水準とその向上策

2-2-1 総組立工程

当工場の現在の最大生産量は、最終工程である総組立工程の能力によって決まっているといってもよい。今後、約3倍の生産量を確保するためには、この総組立工程を現在の定置式組立方式から、流れ組立生産方式（ライン化）に切り替えることが必要である。

また、生産方式の基本も、総組立工程を主体としたものに変えていくこと、つまり組立の必要時期に合わせた社内加工部品の日程管理、調達品や外注部品の納入管理を行う必要がある。

以下は、生産性向上を目的とした組立工程の近代化計画のうち、主にライン化について述べる。

(1) 組立主体の生産工場の構築

上記のように、組立工程主体の生産工場とは、総組立工程、製品完成検査工程、仕上塗装工程をライン化するとともに、ユニットのサブ組立工程、その前工程である部品の加工、調達品や外注部品の納入、原材料の搬入日程など、日程管理、工程の流れ、原価管理など生産活動がすべて最終組立工程を基点として、順次さかのぼって行われることである。このようにすることによって、リードタイムの短縮、工数の削減、在庫量の削減による原価低減だけでなく、生産性の向上や品質の向上に結びつくものである。

ただし、組立工程主体の生産体制を整えるためには、IV-2-3-4で詳述するように、各工程の日程的なバランスを保持することが必要なことはいうまでもない。特にユニットのサブ組立ラインと完成品組立ラインとのラインバランスが重要となる。

(2) 総組立工程のライン化

組立工程のライン化を考える場合の基本データは生産量と、組立工数である。当工場の本工場における増産計画については、すでにII-7章で述べたとおりであるが、再度繰り返し、次の表に示す。

98年に現在の生産量の約3倍に相当する1,500台を達成することになっている。

表：本工場の生産計画（1994～2000）

機種	重量ト	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
WY12.5 C	12.5		10	20	50	70	100	150
WY60 C	17.5	45	50	40	30	—	—	—
WY80 C	18.5	400	270	150	100	80	80	80
WYL20 W	18.5	40	100	150	200	300	350	350
WY100 C	23.0	100	300	500	750	960	860	790
A 922 W	19.8		15	20	30	40	50	60
R 922 C	20.9		25	30	40	50	60	70
新機種	—	15	30	90	—	—	—	—
計		600	800	1,000	1,200	1,500	1,500	1,500

注：Cはクローラ式、Wはホイール式を示す。

次に工数についていえば、現在当工場が行っている定置式組立方式の工数のデータはあるものの、ライン化した場合の各ステージの工数についてのデータは無い。やむを得ないのでここでは日本におけるK社の製品の中から、重量的に比較的近い機種を選びそれとの比較で検討する。

① 当工場の代表機種の選択

上記の表から、98年の生産量 1,500台のうち、WY100型が 960台と64%を占めるのでライン化検討の代表機種としてこれを取り上げる。WY100 型の定置式組立工数は173時間である。K社のこの機種に近い重量の製品はIS085 型であり、このライン方式による組立工数は36時間であり、当工場はK社の約 4.8倍の時間が掛かっている。ここでいう組立工数とは、サブ組立、総組立および製品検査を加えたもので準備時間は含まれていない。

② 目標工数の決定

当工場の完成試験を除いたライン化組立工数を現在の約半分の85時間と設定する。

この数値はK社の約2.5 倍に相当する。他の機種については重量的に、WY100 型より

も小さいので、組立工数も少なくなると考えてよい。また、ホイールタイプのWYL20型やA922型については別途考慮が必要である。

③ 工数編成および流し方

生産量年間1,500台は1日当りに換算すると5台となる。

K社の場合、上部機械部（U/Mと略す）の組立工程数は5工程、下部機械（L/Mと略す）は2工程であるから、当工場の工程は、それぞれ次のようになる。

$$U/M \text{ 工程数} = 5 \text{ 工程 (K社工程数)} \times 2.5 \text{ 倍} = 13 \text{ 工程}$$

$$L/M \text{ 工程数} = 2 \text{ 工程 (K社工程数)} \times 2.5 \text{ 倍} = 5 \text{ 工程}$$

④ ライン長さの決定

1工程の長さを5mとし、1mの余裕を加え、 $(5+1) \text{ m} \times 13 \text{ 工程} = 78 \text{ m}$ とする。クローラー式とホイール式の混合ラインとするには、U/MとL/Mの結合は最後の工程に置くのがよい。図IV-2-2-1-01に組立ラインの案を示す。

⑤ タクトタイムとサブ組立ラインのバランス

1日5台生産として、タクトタイム、またはサイクルタイム（1工程の時間：CTと略す）は90分 $(8 \div 5 = 1.5 \text{ 時間})$ となる。作業内容を検討し、各工程とも90分となるようにしなければならない。

CT以内に収まらない作業は、前後の工程に作業を入れ替えるとか、サブ組立工程に移すとかの工夫が必要である。ラインバランスについては、IV-2-3-4「工程・日程管理」で詳説する。

ライン化された後は、実際の作業が、各工程間でバランスがとれているかどうかを、ストップウォッチなどを用いてタイムスタディーを行い、計画時間の修正を行う。

U/Mラインの初工程で、アッパーフレーム（U/F）をレール上の台車に乗せて、チェーンコンベヤーによって牽引する。台車の数は工程数分準備し、ラインアウトした台車は初工程に回送する。

また、U/MとL/Mの結合については、U/M完成品を天井クレーンで吊り、L/Mの上に乗せ、旋回ベアリングのボルトを組み付けする。その後、台車でシュー巻工程に移動させシューを組立て、給油したあと自走し、ブーム、アーム、バケットなどのアタッチメント装着作業（ATT工程）に入る。

図IV-2-2-1-02～07にK社における組立ラインを示す。

(3) 必要設備と治工具

上記の組立ライン化に伴い、次のような設備が必要である。

U/Mライン

- ① レール 約80m
- ② 台車 15台(13工程分+予備2台)
- ③ チェーンコンベヤー 約80m
- ④ 台車回送レール 約80m
- ⑤ 台車回送バッテリーカー 1台
- ⑥ 手動式クレーン 1トン ライン長約10mに1台
- ⑦ 天井クレーン 15~20トン、2~3台

上下結合からATT装置

- ① L/M用レール：上下結合からシュー巻前までローラー幅、片側数本
- ② 上下結合機の牽引装置：滑車を利用して天井クレーンで引っ張る。
- ③ シュー巻き用油圧リフター：20トン程度
- ④ 天井クレーン： 2~3台
- ⑤ 作動油、軽油の屋外貯蔵タンクからラインまでの配管
- ⑥ 作動油、軽油の給油装置

工具と治具

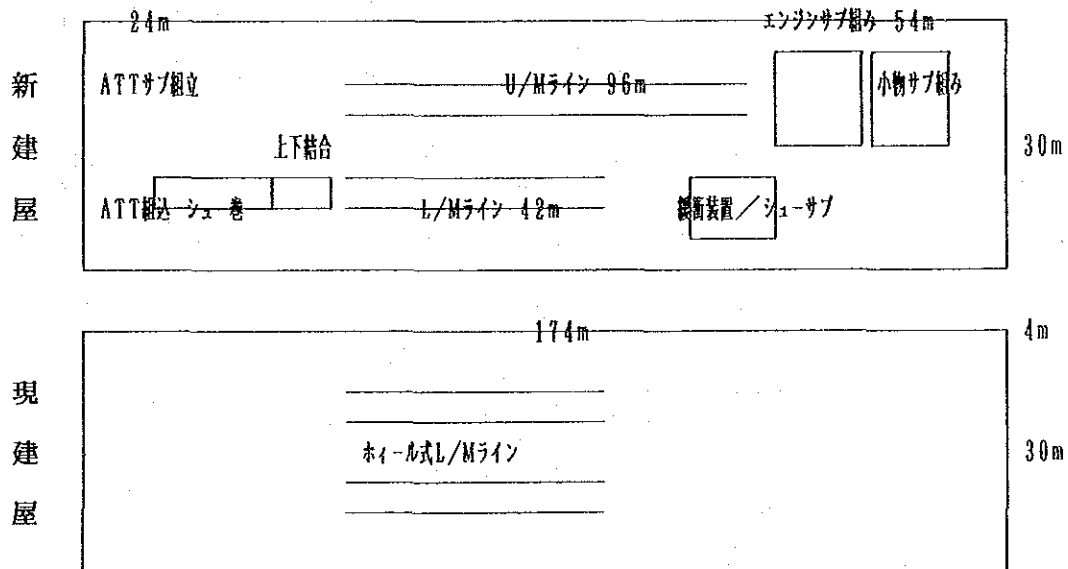
組立工程の生産性を上げ、組立品質を確保するために、次のような治工具類を準備するよう提言する。

- ① インパクトレンチおよび交換コマ(ソケット)
- ② トルクレンチ：重要個所の締付けに使用し、サイズ、締付けトルクは図面から決める。
- ③ 特殊レンチ：締付け困難な場所用に作成する。
- ④ その他工具類：工程ごとに専用化する。
- ⑤ 通い箱：とくに分工場との間に準備すると便利である。
- ⑥ ATT用メクラネジ栓(プラグ)

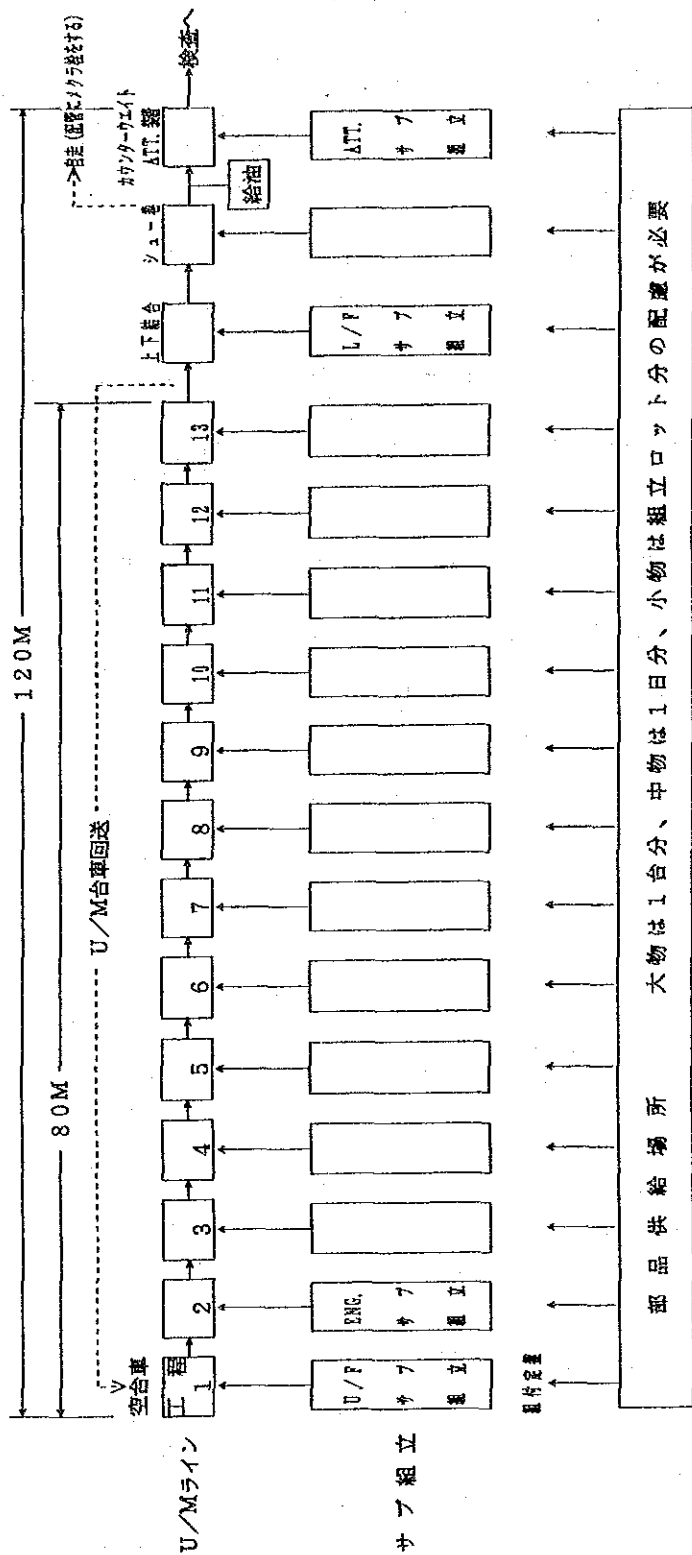
(4) 当工場の計画に対するコメント

当工場では、96年完成を目標に総組立車間を新設する予定であり、すでに計画図ができています。詳細なことは不明であるが、計画図から読み取れる範囲でのコメントを行い、今後の詳細計画の参考としたい。下に概略図を示す。

- ① U/Mラインについては特に問題はないが、牽引方式が不明である。上記のようなチェーンコンベヤーによる牽引方式を薦めたい。
- ② エンジンや小物部品サブ組立場所はU/Mラインの横に設置し、ローラーコンベヤーで送ることを薦めたい。
- ③ シューサブ組立は、分工場で完成させ、シュー巻工程に直接投入した方がよい。
- ④ L/M組立工程は長過ぎるので、半分の20m程度とし、ローローラー組付けのために反転装置があったほうがよい。
- ⑤ 上下結合、シュー巻き、ATT組付け、カウンターウェイト取付けは、1カ所ではラインバランスが取れない。3工程は必要であろう。
- ⑥ ホールタイプのL/Mは別棟で組立てるような計画になっているが、U/Mがほぼ共通であるなら新建屋の同じL/Mラインで組立てる方がよい。
- ⑦ 新規に設ける天井クレーンは運転席付きのものでなく、地上からのペンダント操作方式がよい。作業効率もよく、安全性の面でも優れている。



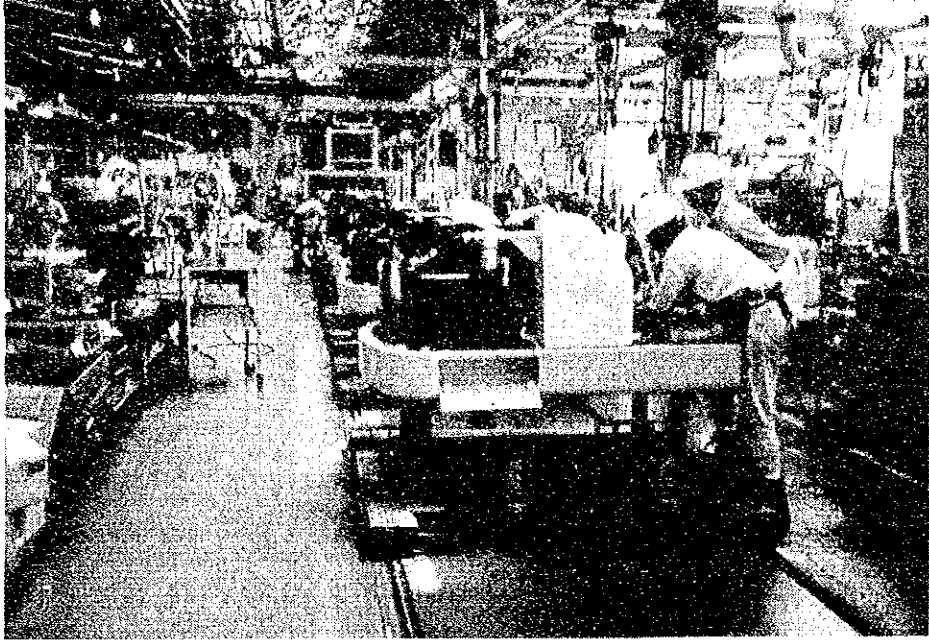
図：新設の総組立ライン計画（工場側案）



加工品は1台分加工したら組立へ
外部調達品は1日又はロット分を自動倉庫より搬出

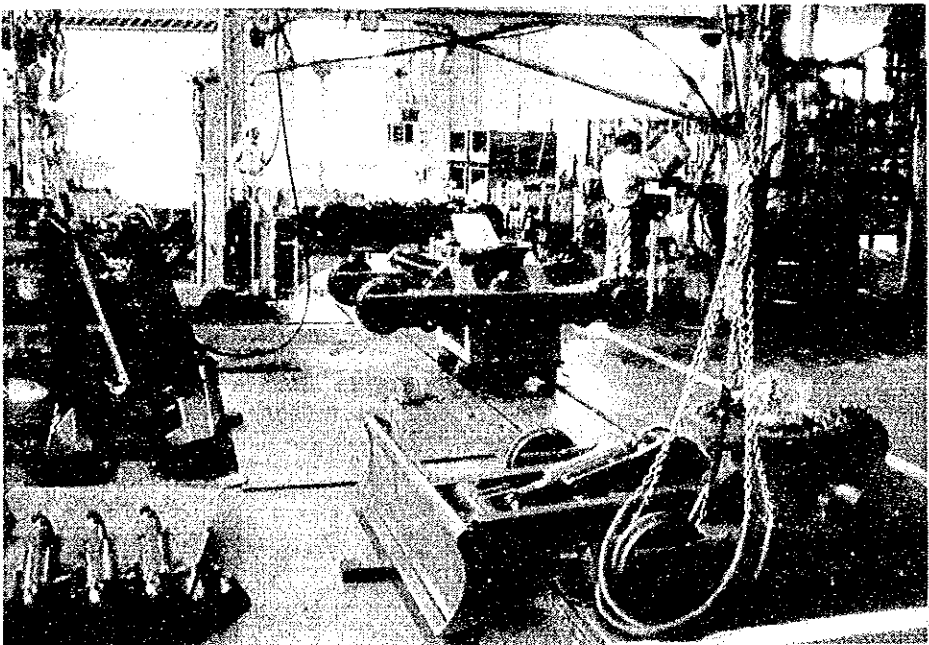
- 注意事項：1) タクトタイムは90分(1.5H)とする。
 2) U/M工程、サブ工程には小型の自動式クレーンを設置する。
 3) U/Mラインはチェーンコンベアを設置、電気モーターで牽引する。
 4) U/Mラインの台車はステーション数に予備として2台を準備する。(合計15台)
 5) サブ組立は手押しローラーコンベアを設置する。
 6) ボルト、ナット、ワッシャー類はライン及びサブ組立サイドで棚を配置し、自由に使用する。(預託方式)
 7) 各ステーションごとに特殊治具を準備のこと。
 8) サブ組立品の配置はU/M主ラインの近くが良い。
 9) サブ組立はローラーコンベア上で行なうのが良い。

図IV-2-2-1-01 総組立ライン (案)



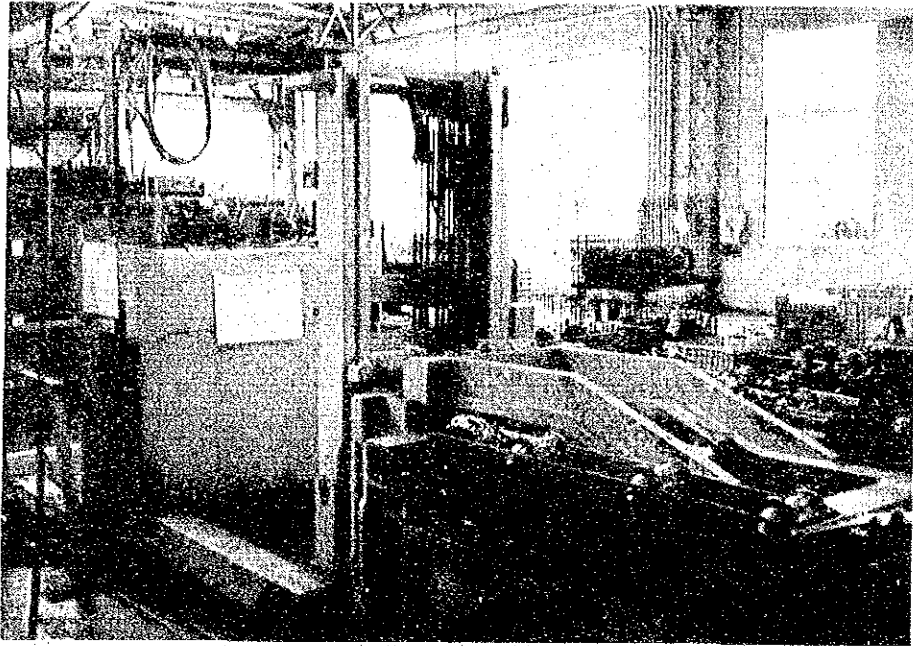
図IV-2-2-1-02 K社のU/Mライン

台車の中心がチェーンコンベア牽引となっている。

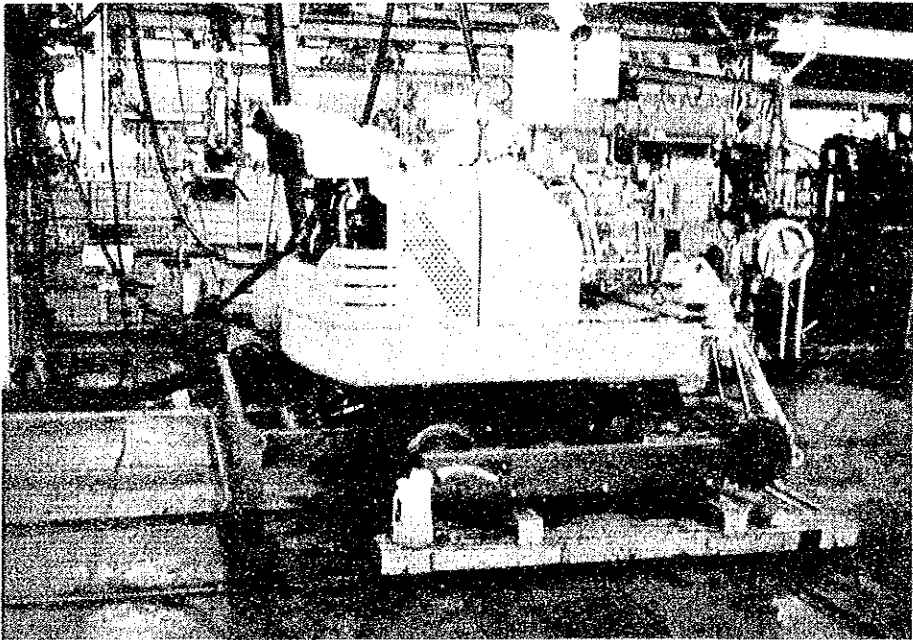


図IV-2-2-1-03 K社のL/Mライン

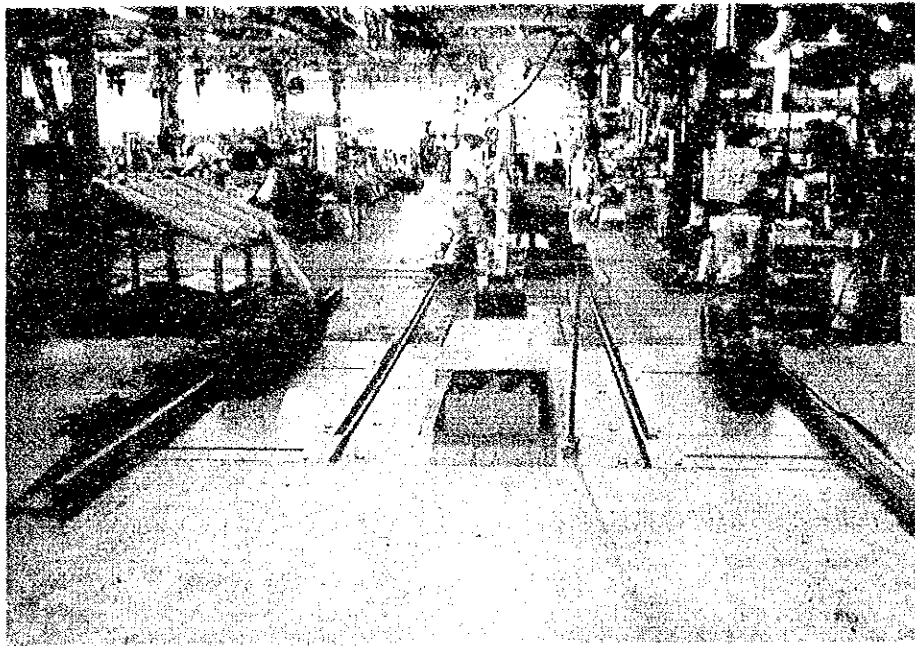
台車上で組立て、ライン化を図っている。



図IV-2-2-1-04 K社のL/Mライン：L/F反転装置
ワンタッチでロワーフレーム（L/F）をつかみ、油圧装置で反転し
下側ローラーを組込む。そのあともう一度反転し台車にのせる。

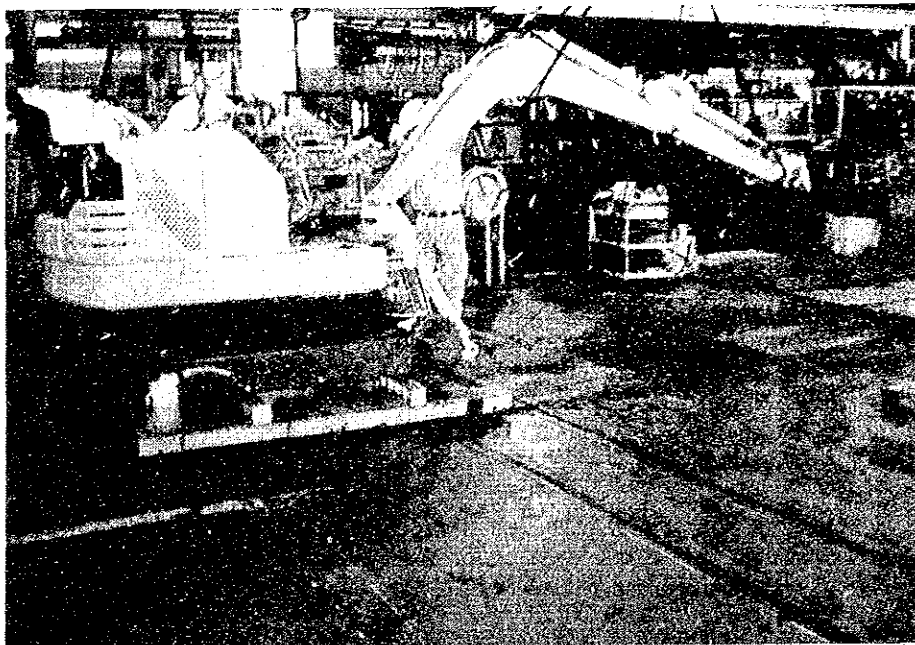


図IV-2-2-1-05 K社U/MとL/Mとの組立完了
組立後作動油、燃料油、水を自動給油へ給水する。屋外の貯蔵タンク
から配管される。



図IV-2-2-1-06 K社アタッチメント装着ライン(1/2)

手前の油圧シリンダーにのせ、持上げておいてシューを組付け、ラインアウトしはじめて自走が可能となる。



図IV-2-2-1-07 K社アタッチメント装着ライン(2/2)

上の図を横からみたものである。

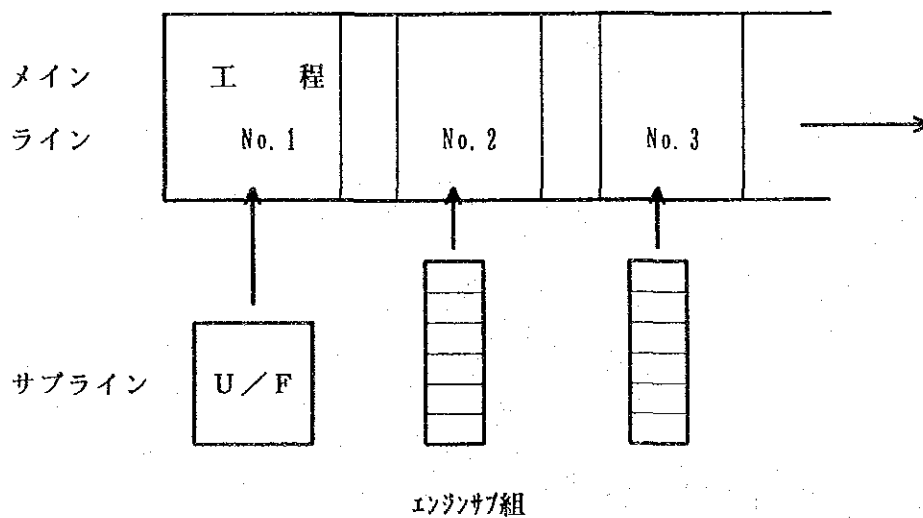
2-2-2 サブ組立工程

ライン化された総組立工程を効率よく稼働させるためには、ユニット単位のサブ組立工程は、バランスを図る意味でも必要である。また、ユニット化することによって、作業しやすい姿勢がとれるので、生産性の向上や品質の安定化につながることも見逃せない。

(1) サブ組立ラインの設置

サブ組立ラインの配置は供給するメイン工程のすぐ近くに作り、物品の供給（マテハン）はローラーコンベヤーなどを使用する。ユニットは1台ずつ組立て、1台ずつメインラインに供給する。

サブ組立ラインへの部品供給は中形のものは1日の組立台数分、小さな物は1ロット一括にするとといった考慮をしなければならない。



(2) サブ組立ユニットの設定

何をサブ組立ユニットとするかは、総組立の順序、タクトタイム（サイクルタイム）などから決めていくが、図面を詳細に検討してユニット化しやすいものにしなければならない。総組立工程に溶接、曲げ、機械加工などの作業が入ることは絶対に避けなければならない。当工場の部品図を検討していないが、油圧ショベル生産においては通常次のような部品がユニットとしてサブ組立が行われている。

- エンジンサブ組立…ポンプなどの組付け

- コントロールバルブサブ組立…ホースの取付け
- 作動油タンク
- 燃料タンク
- 操作レバー
- 後部カバー
- 運転室
- フロントアイドル、グリースシリンダー
- ロータリージョイント
- A T T (ブーム、アームの組付け、シリンダーチューブ) の組付けなど。

(3) サブラインに必要な設備および治工具

上記のようなものをサブラインでユニット化するのに必要な設備には次のようなものが考えられる。

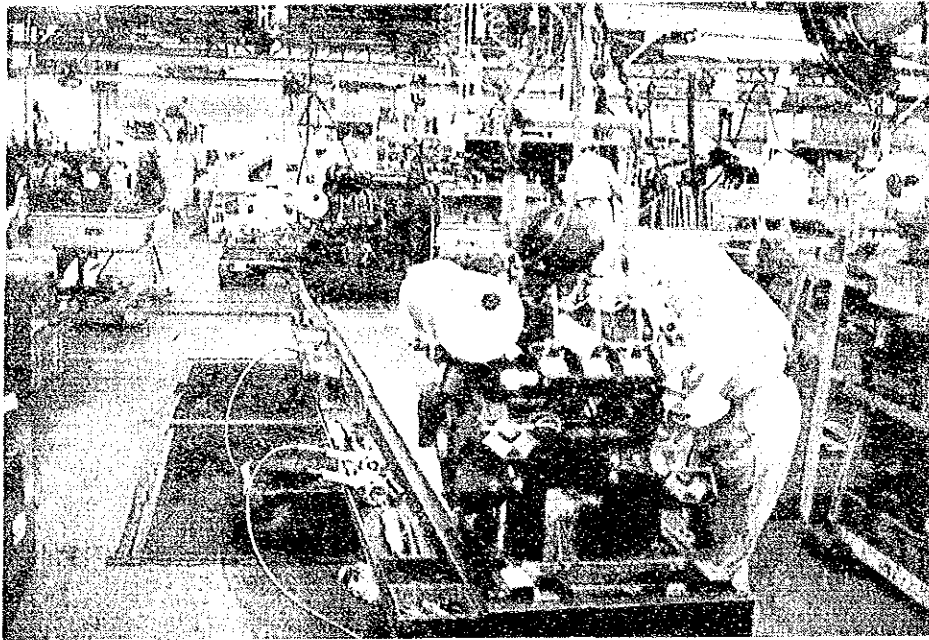
設備

- エンジンサブ組立用ローラーコンベヤー
- コントロールバルブサブ組立用ホイールコンベヤー
- 手動式クレーン
- その他のサブ組立用コンベヤー

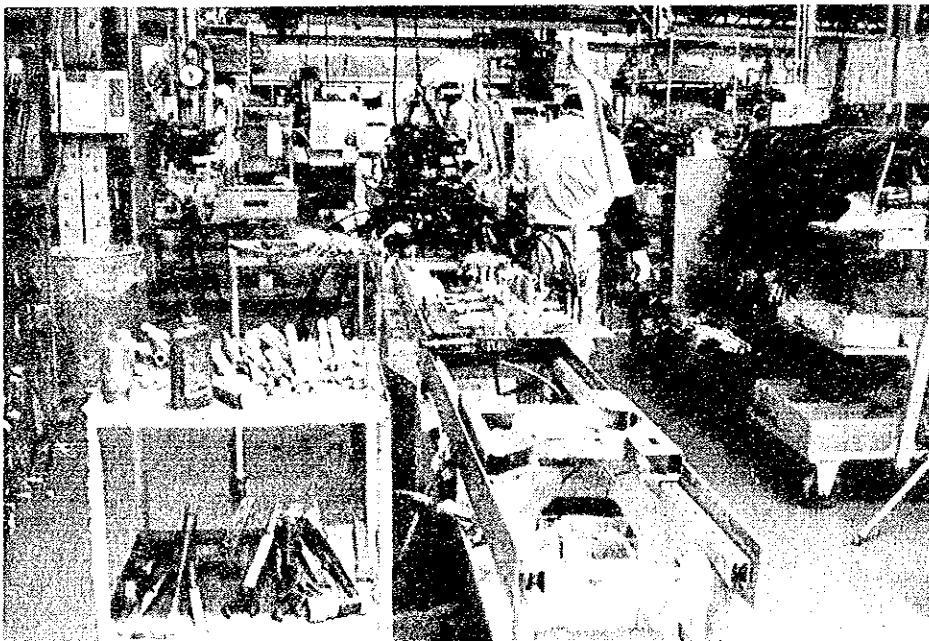
治工具

- 各サブ組立コンベヤーにのせる治具類
- ロータリージョイント組立用回転治具
- エンジンカバーなど、各種吊上用治具
- 通い箱

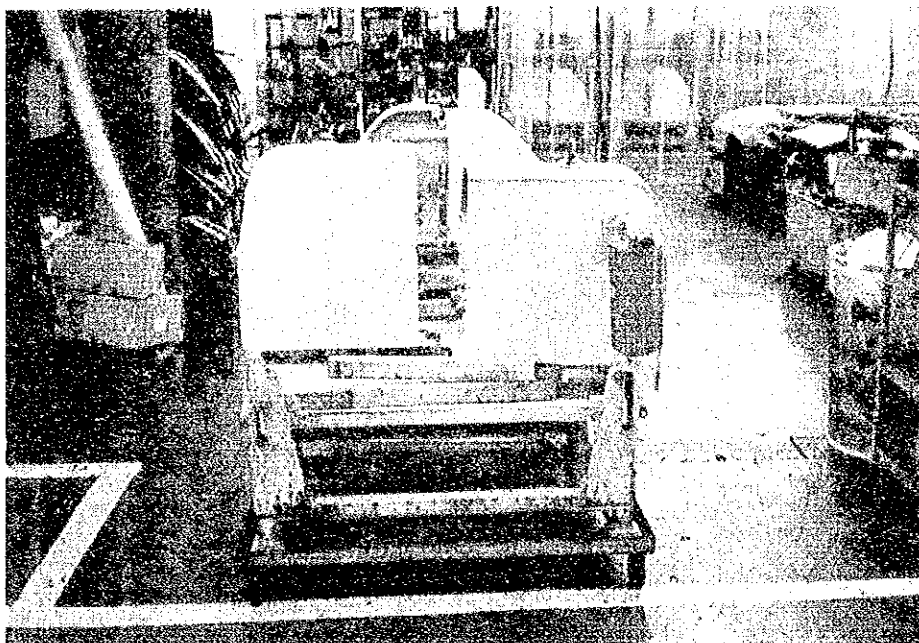
図IV-2-2-2-01~06にK社におけるサブ組立てラインを示した。



図IV-2-2-2-01 K社エンジンサブ組立ライン
ローラーコンベア上でインパクトレンチを用いて組立てられる。

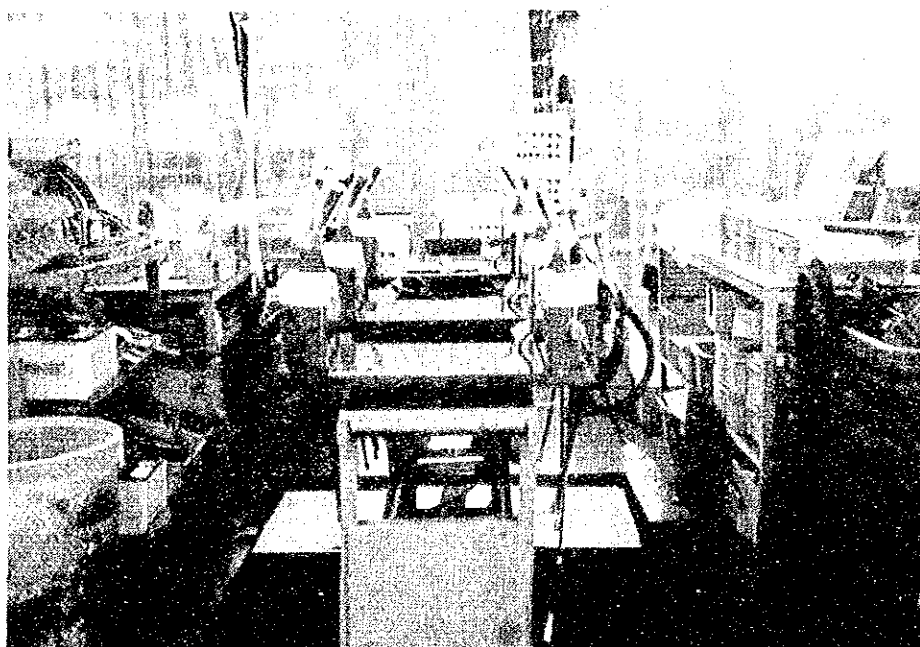


図IV-2-2-2-02 K社のコントロールバルブサブ組立ライン
ホイールコンベア上で組立られる。

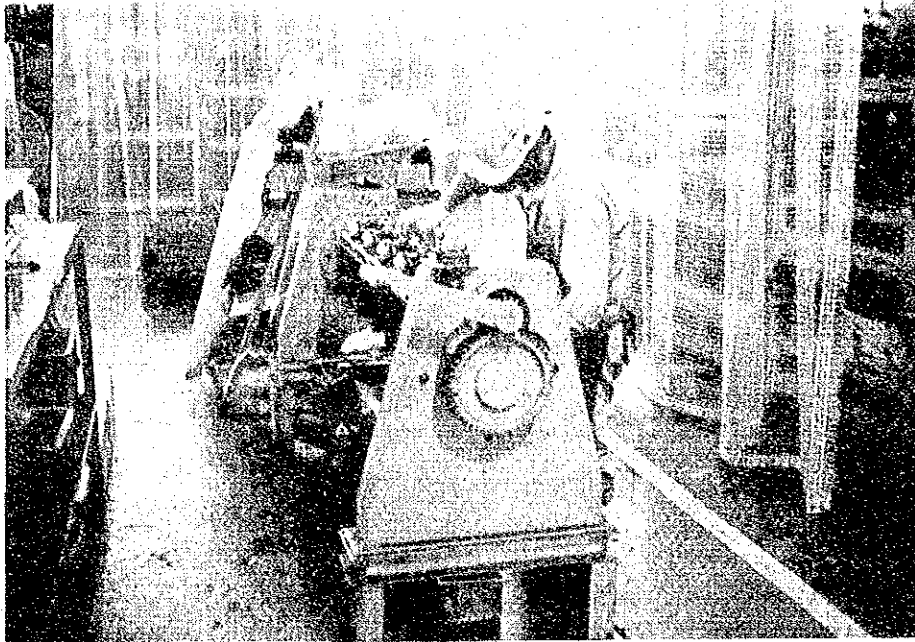


図IV-2-2-2-03 K社の作動油タンクサブ組立

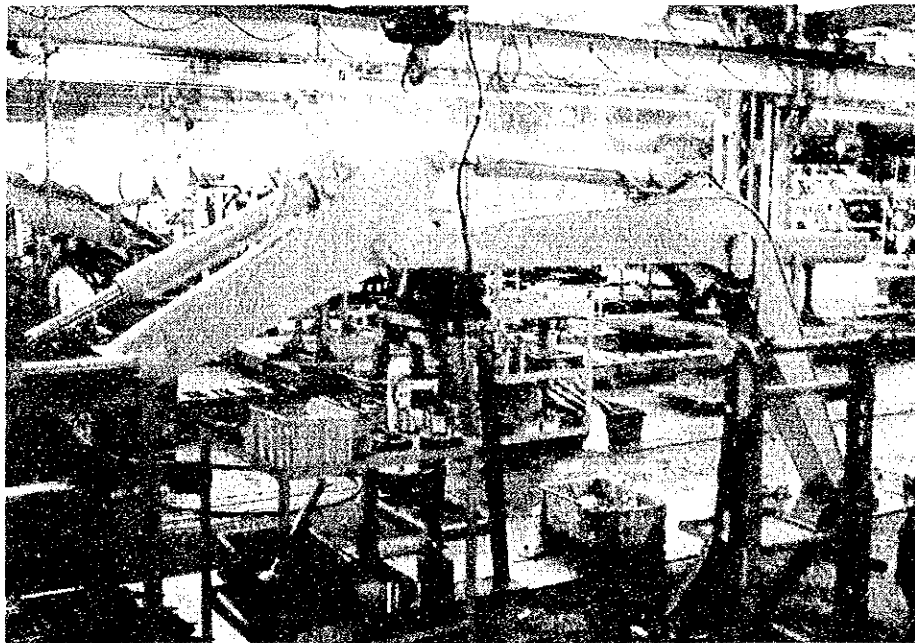
2個積みの通い箱を手押台車で運搬する。



図IV-2-2-2-04 K社の操作レバーサブ組立



図IV-2-2-2-05 K社のロータリジョイントサブ組立
回転用組立治具を使用している。



図IV-2-2-2-06 K社アタッチメント（ATT）サブ組立

2-2-3 完成性能検査

総組立完了（ラインアウト）後、製品は完成検査工程に移される。当工場の現状では、屋外での実掘削テストを4時間ぐらい掛けて行っている。この方法では次のような欠点があり、生産性向上にとっては大きな阻害要因となる。

- ・ 工数が多く掛かる。
- ・ 雨天時にはほとんど実施できない。
- ・ 製品が汚れたり傷ついたりする。
- ・ 塗装前に清掃し手入れをする必要があり、工数が掛かるなどの欠点がある。

開発試作品などの耐久テストの場合は、応力テストや性能テストに実掘削は必要であるが量産時の性能テストには代替案を用いる必要がある。

(1) 完成検査の工程

油圧ショベルの完成検査は通常次のように行っている。

① フラッシング工程

本機の作動油タンクにフラッシング装置を接続し、作動油タンク内の作動油を循環させて洗浄する。時々フィルターをチェックし完全に異物が無くなるまで繰り返す。

② 加圧テスト工程

加圧テストの場合には、各操作ごとにリリース状態にして、最大圧力をかけ、機器類の不具合や組立不良による油漏れの有無を確認する。油漏れ、その他の不具合があれば徹底的に原因を調べ処置をとる。

③ 性能テスト工程

設計値を満足するかを確認する。満足すれば合格の認証を受けるが、もし満足しない性能があれば原因を調査したうえで処置をとる。

主なテスト項目としては、走行速度、蛇行・旋回速度、A T T類のスピード、旋回の流れ、傾斜地でのずり落ち、温度上昇・異音の確認、同時操作の確認などである。

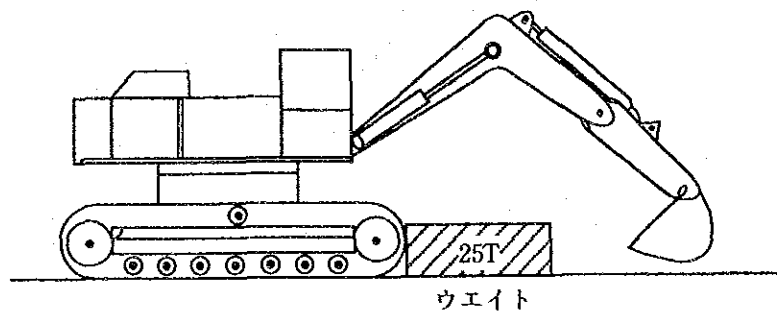
(2) 実掘削テストの代替案

とくに顧客との契約事項に実掘削の実施が謳われていなければ、室内でもできる方法で完成性能テストを実施することを薦めたい。例として、走行加圧テストと、旋回の流れや傾斜地のずり落ち性能テストについて案を示す。

1) 走行加圧テストおよびA T T性能確認

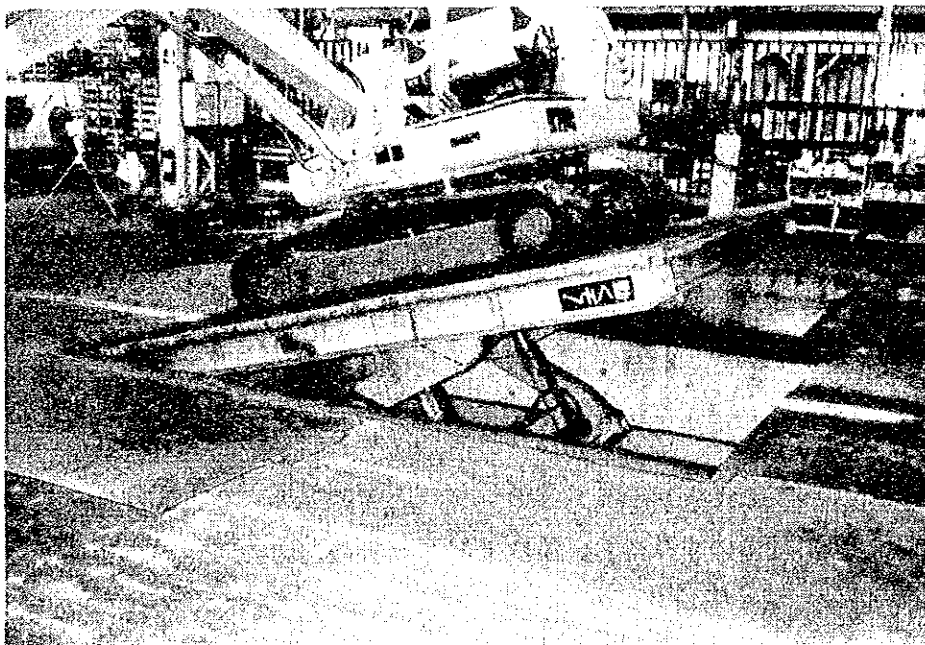
下図のように25トンぐらいのウェイトを床面に固定し、本機を前進させ押しつけて最大油圧をかけリリースさせる。

また、アームなどのA T Tのテストの場合にはバケットをウェイトに押し当ててリリースさせればよい。



2) 旋回の流れや傾斜地でのずり落ちテスト

図に示すように、床下に油圧シリンダーを組み込み傾斜装置を作るか、油圧装置ができなければ固定式の傾斜台を作ってもよい。



図：k社 傾斜装置

油圧装置で15度傾斜させ旋回流れ、傾斜面でのずり落ちを確認している。

(3) 完成性能検査に必要な設備および治工具類

組立完了後、完成性能検査に必要な設備には下記のようなものがある。

- ① フラッシング装置：将来の増産を考えると本機が2～3台同時に行えることが望ましい。
- ② 走行加圧テスト用ウェイト：本機を押しつけても動かない程度の重量が必要。
25トン程度であろう。
- ③ 性能確認用台
- ④ 各種計測機器類
- ⑤ 治工具類：組立工程で使用するような工具類はテスト場にも必要である。

2-2-4 材料準備

材料準備工程には切板図（カッティングプラン）作成から始まって、原材料の歪矯正・罫書き・切断（ガス切断・プラズマ切断・剪断・鋸切断）、プレスによる折曲げ・ロール曲げ・穿孔の各工程がある。

また、塗装工程で詳述する原板での表面処理を行うショットブラスティング工程も材料準備の工程に含まれる。

材料準備の工程の中で、それぞれ生産性を向上させることは必要であるが、基本的な生産性向上の指標としては、後工程、すなわち、小組立・中組立時の部材取り付け仮溶接と本溶接、機械加工、総組立、塗装の各工程で生産性が向上できる部材・部品を準備供給して、総合的な生産性が向上することを目的とするものであって、例えば後工程で50%の生産性向上が達成できるのであれば、材料準備工程では10%のマイナスの生産性低下があってもよいと、総合的に判断することが必要である。

以下に各工程別に必要な技術水準とその向上策について述べるが、生産性向上のための向上策であると同時に、IV 3-2-1 に述べる品質を高めるための向上策でもある。

(1) 切板図（カッティングプラン、以下 C/P と略す）

工程科で作成する切板図の発生スクラップ率は次の数値を目標とする。

板 材：5～25% 直線で四辺を構成、曲線で四周を構成

型 材：3～5% 直角切断～斜角切断

また、余剰材（リメインダー材）の発生は0（零）を目標とする。

これらの数値は運搬機・製造業での平均的なものである。

上記の基準値、あるいは目標値を達成するには、発注鋼材の寸法は C/P を作成して有効利用できる寸法の鋼材の発注を行うこと、それでも余剰材が発生する場合は C/P の中に後日使用する部材・部品を同時に作成するよう組み入れるか、関連会社に直ちに譲渡するなどして運搬費用の節減、保管場所の削減、および在庫管理費用の減少に注力することが必要である。

(2) 原材料の歪矯正

入荷時に、すでに変形・彎曲しているもの、および倉庫保管中の積み置き状態が不良のために彎曲したものは板・型材とも原材料時点で矯正しておく必要がある。

矯正後の許容寸法基準は国家基準に示された種類別変形許容寸法によることとする。

(3) 罫書き (マーキング)

原材料から部材・部品の切り出し、あるいは曲げ加工・穴芯 (穴の中心) 位置の表示のための罫書き方法については、車間の工段に手法・作業基準などを任せているがマニュアルの制定が必要と考える。また技能の習得も怠ってはいけない。

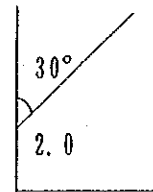
詳細については次節IV-3-2-1「品質を高めるための技術水準とその向上策」のところで述べることとする。

1) 穴 芯

罫書きは罫書き針で行い、中心位置の刻印 (ポンチング) 深さおよび表面の直径寸法を規定する。

2) 溶接開先

開先角度およびルートフェス寸法を罫書く。 例



(4) 切 断

1) ガス切断 (プラズマ切断)

① 送気圧調整方法

酸素、アセチレンガスの送気圧力安定化のために集合装置を使用する方法の他に、気蓄容量をある程度確保できる70~100mmφのパイプによる送気を行う方法がある。これにより、送気圧力・容量の変動あるいは不足による切断面のドラッグ (Drag) の発生およびスラッグ (Slag) 付着が防止できる。

② 定規 (ガイド) 使用による能率向上と寸法精度の向上

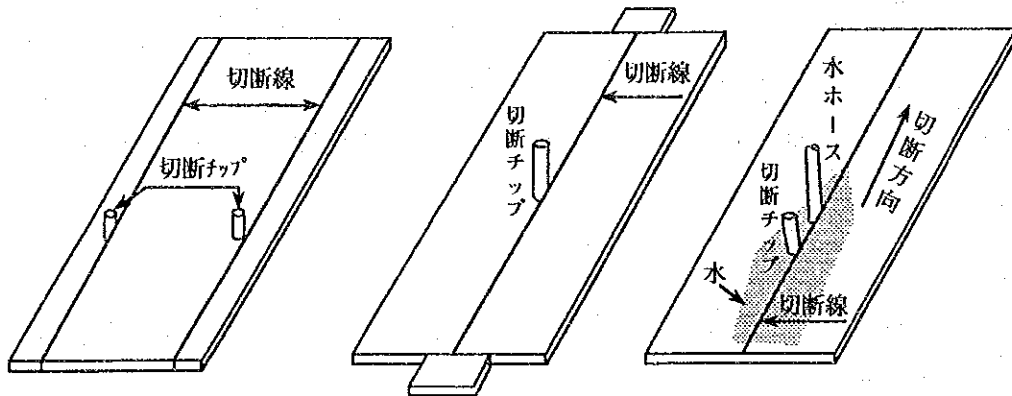
直線、円、円弧などの手動または半自動切断には直線定規・R型定規・コンパスなどを使用してノッチ (切り欠き)、ドラッグ (切断面の遅れ波形) の発生や寸法精度の不揃いを防止すると同時に能率を倍加させることができる。

③ 歪防止寸法

歪防止方法として次の3つの方法がある。

(a) および (b) は、すでに当工場で適用している方法であるが適用範囲の拡大を推進するとともに、(c) の方法については給・排水の具体的方法を早期に検討し、流水量と切断速度および残存歪量の関係値を試験して実施に移すことを推奨する。

(a) 平行同時切断 (b) 両端固定切断 (c) 急速水冷切断



④ 作業姿勢の改善

切断作業のうち、特に手動および半自動切断は切断定盤を使用し、できればスラットコンベヤー上に被切断材を並べて作業者は移動せずに罫書き、切断作業を連続して行うことが望ましい。

⑤ NC型切り自動ガス切断機の多用

中・厚板のガス切断部材は曲線切断部材が多い。現在使用中の多吹管型切り切断装置の稼働率を高めることと、できるならばもう1台追加購入してガス切断能力の増大を図りたい。

2) 剪 断 (シェアリング)

① 剪断からガス切断の切り替え

中厚板の小物部材の切断は剪断を多用しているが、部材端部のカエリおよび一部の歪除去作業の工数を考えると、ガス切断に切り替えた方が工数削減に寄与すると考えるので検討されたい。

② ガス切断から剪断への切り替え

シュール素材切断は罫書き、手動ガス切断、グラインダー仕上げの工程を踏んでいるが、プレスによる剪断、打抜き作業に切り替えた方が能率、品質精度ともに向上すると考えるので検討されたい。

③ 剪断機への被加工材の供給装置、位置決め装置（治具）の改善

剪断作業前後の準備作業、加工品およびスクラップの整理作業に時間が多く消費されているので供給はローラー治具で、位置決めは油圧ジャッキで、製品・部材はパレットに収納するなどの改善が必要である。

(5) プレスによる折り曲げ

① 中・厚板材の折り曲げ

曲げ位置（ナックルライン）の割出し作業に時間が多くかかる状況、あるいは折り曲げ位置が不正確な部材が見受けられる。プレス雌型（凹型）の形状とストッパー取付けなどの工夫が望ましい。

② 薄板材の折り曲げ

前項の剪断作業と同様に、準備作業、整理作業の消費時間が多いうちに見受けられる。エプロンへの被加工材の送給装置、位置決め装置（治具・ジャッキなど）の改善が必要である。

(6) ロールベンダーによる円筒曲げ

① 3本ローラーによる端曲げ作業技術の確立

端曲げ作業が正確でないと腹板、あるいは肘板と溶接不良や機械加工時の胴板の肉厚不足となる可能性がある。

正確な端曲げ半径の確保ができるよう、現有3本ロールベンダーのローラー間隔調整機能の改善、ならびに端曲げ技術の定着が必要である。

(7) 穿孔（ドリリング）

① 集中研磨方式の採用

穿孔作業者が使用するドリル、リーマー、皿取りバイトの研磨をそれぞれ自分で行っているが、研磨時間の損失および研磨精度の均一化のために集中研磨方式の採用と給配制度の実施を推奨する。

2-2-5 仮付組立・溶接工程

(1) 仮付組立（小組立・中組立）工程

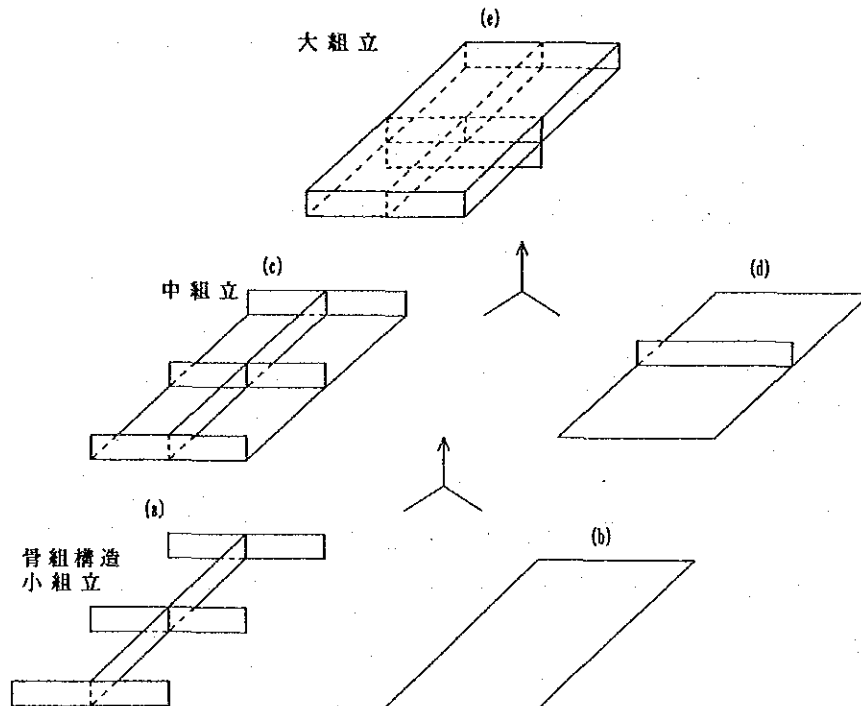
仮付組立の精度の良否によって、構造物の発生歪量の大小、溶接作業の難易度、溶着金属量の大小が決まり、従って溶接の生産性や外観を含めた溶接品質に影響を与えることになる。

また、仮付組立工程を小組立と中組立に分離することによって、作業場所を広げて多人数が同時に分散作業できるとともに、後工程の溶接作業も分散作業が可能となり、ブロック組立範囲の再検討をすることで、仮付組立の能率向上、溶接作業のスピードアップも可能になる。

1) 仮付組立工程の小組立と中組立の2分化

例えば、下図の (e) のような構造物を組立溶接する場合、(c) と (d) の小ブロックを組立てた後 (c) と (d) を合体して (e) のように構成する方が、最初から (e) を全体組立して溶接するより、位置決め治具も使用し易いし、溶接も下向き姿勢がとり易い。また、たとえ歪が発生しても除去し易いなどの利点があるうえ、作業員も2つのステージに分離して配置ができる。

(c) を構成するにも骨組構造である (a) を組立溶接して (b) と取付溶接するなど、小組立作業を分離することを検討し、実施することを提言する。



図：仮付組立工程の分離

2) 溶接部の肌合せ、開先寸法精度の確保

仮付組立作業ステージだけの視点では、肌合せ、開先寸法の精度の確保は生産性向上にもならないし、逆に消費工数は増加するかも知れない。

全生産工程、特に溶接工程での生産性の向上は仮付組立作業ステージでの精度の確保がなくては達成し得ない。

材料準備工程での部材寸法精度や切断面粗度が悪いから組立精度が出ないというのではなく、部材精度の修正あるいは取替をして仮付組立を行う必要がある。

部材精度を修正して仮付組立する工数損失よりも、溶着量の増加、溶接作業の困難さ、発生歪量の増加に伴う矯正作業などの工数の方が大きく上まわることを認識すべきである。

肌合せ間隙の許容誤差寸法、開先寸法精度の許容誤差寸法の一例を示すと次の通りである。

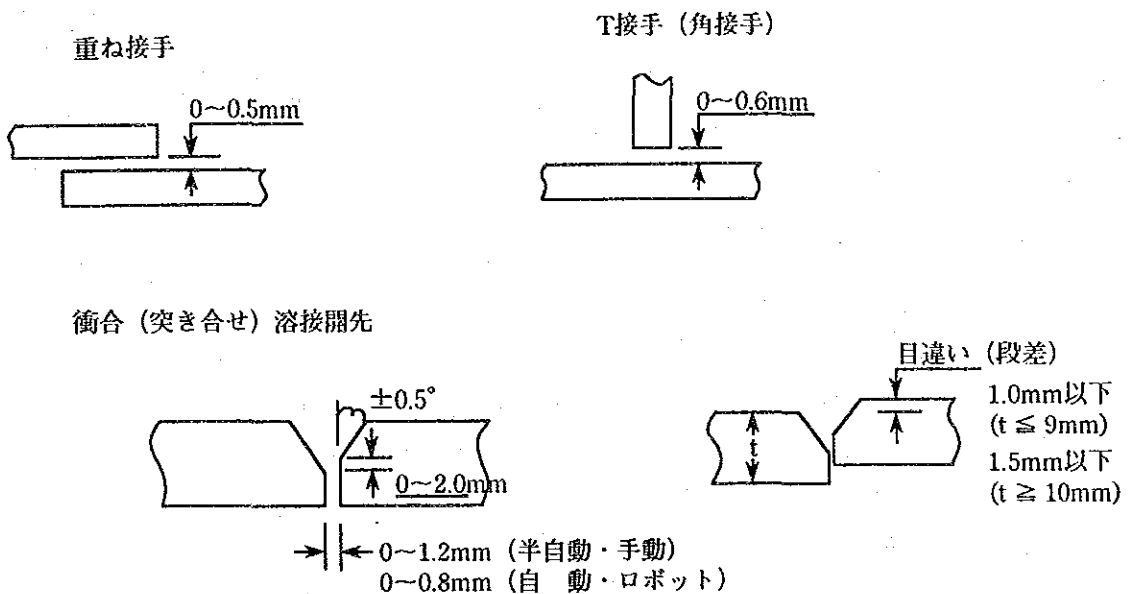


図 : 肌合せ間隙の許容誤差の例

3) 部材位置決め用治具の使用 (組立治具)

ブームやアームの仮付組立用部材位置決め大型治具は現在も保有し使用しているが、その活用頻度を高めるとともに、アップフレーム、ロワーフレーム、旋回テーブルの仮付組立にも利用を広げ、正確に早く構造物の組立ができるよう整備するのがよい。

また、小組立および中組立用の位置決め治具も整備・充足が必要と考える。

4) 仮付肌合せ治工具の整備・充足

仮付肌合せ作業に必要な手工具が作業員の手元にないと、“この程度でよいだろう”と、あと一步の詰めの作業を手抜きすることがある。

小型油圧ジャッキ、チェンブロック、万力、金矢、ストロングバック、金馬などを充足、整備して作業員一人一人が気軽に使用できるようにすることが必要である。

5) 不具合個所の修正用工器具の整備・充足

ガス切断、プラズマ切断時に付着したスラッグ、ガス切断面のノッチ、運搬途中で受けた傷、仮付時のアークストライクによる傷などの修正を仮付組立前後に行えるよう、エヤーグラインダー、チップングハンマー、ワイヤーブラシなどの整備、充足を行って、不具合あるいは修正個所の修正作業が支障なくできるようにすることも必要である。

6) 仮付溶接要領

- ① 仮付溶接のビードの長さおよび肉盛り量はできるだけ小さく、またピッチは大きくする。

極端にビードを小さくするとクラックが発生して、肌合せや位置決めができなくなったり、ピッチを大きくすると仮止めビードの間で歪が発生することがある。また、本溶接を進行中に仮付けビードが割れて、大きな歪が発生することもあるので注意が必要である。

したがって、次の基準で仮止め溶接を行うことを推奨する。もちろん板厚および構造部の形状から判断してその寸法を規定する必要がある。

仮付溶接のビード長さ 20～75mm

仮付溶接ビードのピッチ 150～500mm

- ② 仮付溶接にクラックが発生した場合は削除して再溶接する。

溶接の品質にもかかわることではあるが、本溶接後溶接部にクラックが発生する場合に手直し作業時間の損失は大きい。

仮付溶接部のクラックをそのまま放置すると本溶接部に亀裂欠陥を発生させたり、本溶接途中で大きな歪を発生させることがある。クラックが発生している場合は必ず削除して再び仮付溶接をしておくこと。

(2) 溶接工程

溶接工程における生産性の向上には

第一に溶着量を最小にすること。

第二に時間当り溶着量を最大にすることである。

また、半自動・自動CO₂溶接および溶接ロボットの使用範囲の拡大と使用台数の増加も生産性向上、増産への道を推進する大きな力となるだろう。

以上の他に歪抑制・防止、溶接姿勢の改善、無駄な作業の排除などの対策や、補足的対策としてCO₂ガスの供給方式や工器具の充足などについても述べることにする。

1) 溶着量を最小にする方策

① 開先型状を狭く、小さくする。

設計部門で決定する項目であるが、接手効率の問題、溶接作業性の問題、完全溶込みが得られるかの問題などをすべて解決したうえで、実物大試験も実施した後に最狭・最小寸法の接手開先形状を設定することを推奨する。

② 余盛量を過大にしない。

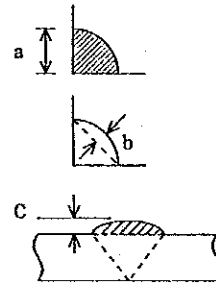
隅肉あるいは角接手の溶接脚長、のど厚および突合せ溶接の余盛量を過大にしないことが望まれる。

寸法許容誤差基準は板厚によりまた脚長によって異なるがその範囲はおよそ次のとおりである。

a. 脚長：0～1.0mm

b. のど厚：0～2.0mm

c. 余盛：0～2.0mm



③ 連続隅肉溶接を断続隅肉溶接に変更する。

錆発生の問題があり、すべてに適用できないが、接手効率を落さないことを条件に検討する。

④ 溶接部開先精度を向上させ、肌合せ・開先間隙（ルートオープニング）を(1)-2)に示した基準値内におさめる。

肌合せが悪ったり、開先間隙が大きいと溶着量が増えるとともに溶接作業性も悪くなる。

2) 時間当り溶着量を最大にする方策

① 溶接姿勢を下向きで溶接する。

横向き、立向、上向き溶接と比べて溶着率が最大であり、溶接電流も横向き、立向きに比べて高電流で溶接ができ、さらに下向き溶接ビードの表面は平滑で美しい。

② 手動溶接を自動・ロボット・半自動溶接に切り替える。

手動溶接に比べ自動・半自動溶接の電流密度は高く、従って時間当り溶着量は増大する。

③ 太径溶接棒あるいはワイヤーを使用する。

電流密度は同じでも芯線、あるいはワイヤーの径が太ければ単位時間当りの溶着量は径の2乗に比例して増大する。

④ 手溶接棒は溶着金属の強度が適合する場合はフラックスの鉄粉系を使用する。

鉄粉系フラックスはアークの安定性も他の種類のフラックスの棒よりも良好で、かつ、フラックスの鉄分が溶着金属に移行する。

⑤ バケットの硬化肉盛溶接に帯状電極を使用する。

一般の肉盛硬化溶接棒に比べて3～6倍の能率向上が見込まれる。例として、溶接方法、ビード形状、使用帯状電極と硬度を図IV-2-2-5-01に示すので参考にされたい。

3) 無駄な作業をやめる方策

① 歪取り作業をなくす。

ガス切断、プラズマ切断、および溶接は高熱を部分的に加えるため、いくらかの歪が発生し、歪取り作業を行うことになるのは止むを得ないが、発生量を最小に抑える努力は必要である。

a) (1)-2)と(2)-1)に述べたように、肌合せ、開先寸法精度の確保や溶着量を最小にする方策を実行して溶着量の減少を図り、構造物に与える総熱量を小さくし、また収縮量および収縮応力の減少を試みることである。

b) 小組立ブロック溶接が可能なブロック分割を行って小組立→中組立→大組立ブロック構成を行う。

小組立ブロックの状態では歪防止対策の実施が容易で、発生しても矯正は簡単である。

c) 部材および小組立ブロックの仮付組立および溶接治具の開発・整備を推進する。

② 溶接ビード表面仕上げ作業をなくす。

溶接ビードが平滑に仕上がっていれば、グラインダーなどによる研磨仕上げ作業は不要である。そのために、次の事項を実施することを奨める。

- a) ビード始点とクレーター処理の技能の習熟
- b) 溶接姿勢、溶接条件（電流・電弧電圧・溶接速度・運棒方法）の見直しと技能訓練
- c) 溶接作業が困難な個所の設計変更
- d) 作業性のよい溶接棒、フラックス、シールドガスの選定

③ スパッターの除去作業をなくす。

スパッターの発生および金属表面への付着機構から推測して、完全にスパッター付着をなくすことができないにしても、ほとんど付着しない対策として、

- a) スパッター発生量を少なくするために溶接電流が過大にならないようにし、電弧長を短くして電弧電圧を低くして溶接する。
- b) スパッター付着防止剤を塗布して付着しないようにするなどが考えられる。

4) 歪発生の抑制および防止

溶接による歪の発生抑制・防止の方法として図IV-2-2-5-02 に示す。

これらの方法を実用化するためには、実物大の実験体で歪発生量を計測し予歪量、スプリングバックの量を推定し試行錯誤を繰り返しながら標準値や標準作業基準を定めることが必要である。

5) 溶接姿勢を下向きで行うための方策

① 部材・小組立ブロック・中組立ブロックに分割した溶接

仮付組立工程を小組立・中組立と分化しようとする(1)-1)に記述した考え方に従って、溶接工程を分化することにより下向姿勢の溶接が容易に行えるようになる。

② 回転治具の利用

- a) 円周方向の溶接を回転治具で回転させながら常に下向きで溶接する。
- b) 構造物本体を0°～270°まで90°ごとに回転定置して、軸方向の溶接を下向き姿勢で溶接する。

③ ポジショナーの利用

構造物をポジショナーのテーブルに固定し、左右 270° 前後 180° 位置を変化し、下向き姿勢で溶接する。

溶接ロボットの使用に当たっても、常に下向き溶接姿勢がとれるようポジショナーとの連動を可能にさせ作業能率と溶接品質の向上を期したい。

6) その他の方策

① CO₂ ガスの供給方式

現在ポンベからゴムホースでレギュレーターを通してCO₂ 溶接トーチに各作業員が個所に供給している。

集合装置からの配管供給に切り替えることにより、CO₂ ガス流量の確保、送気圧力変動防止、作業員各人のポンベ取替え時間損失の解消などが実施できる。

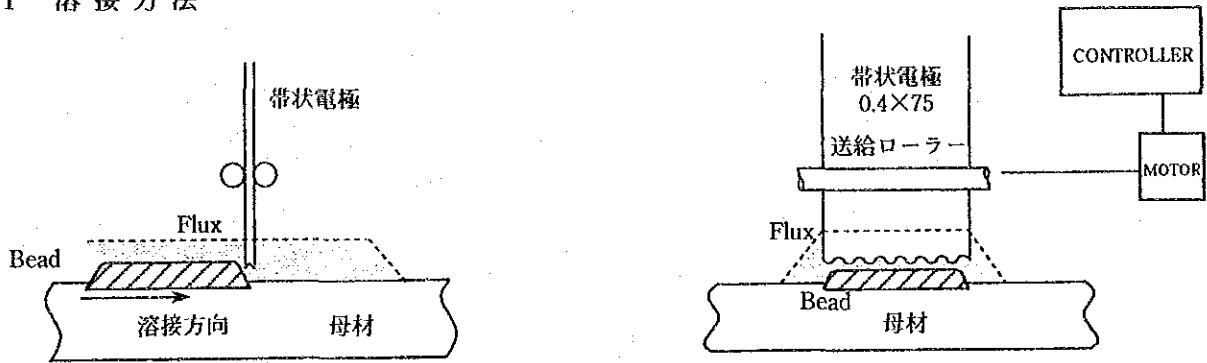
② 溶接作業および付随作業用手工具の整備充足

開先の清掃、スラッグやスパッターの除去に使用するチップングハンマー、ワイヤーブラシ、ワイヤー切断用プライヤーなどの手工具を手軽に使用できるセットとして作業員個人に持たせるよう充足することが望ましい。

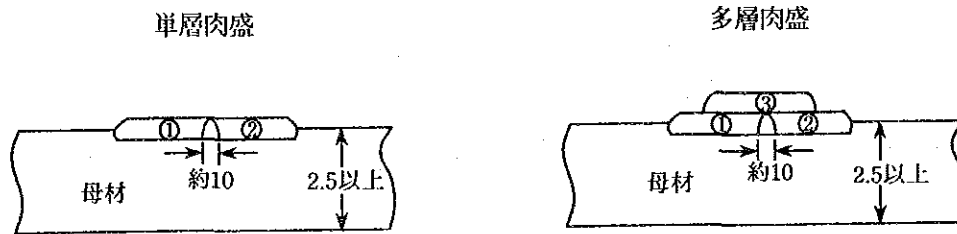
带状電極肉盛溶接

(Overlay Welding or Band Arc Welding)

I 溶接方法



II ビードの型状



III 帯の寸法と許容差

区分	寸法mm	許容差mm
厚さ	0.4	±0.04
幅	25、37.5、50、75	±0.5

IV 硬化目標値

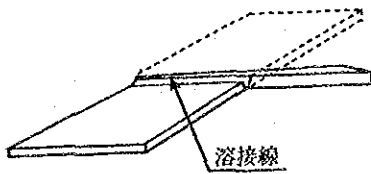
母材の種類	硬度Hv	母材の種類	硬度Hv
タングステン酸化物系	1,800	パーライト系鋼	300
マルテンサイト系鉄	800	セミアーステナイト系鋼	350
鋼	600	オーステナイト系鋼	200

図IV-2-2-5-01 带状電極肉盛溶接

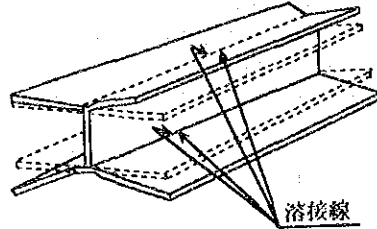
歪発生の抑制・防止

① 逆歪付与

- a) 逆折れ
- b) 逆反り

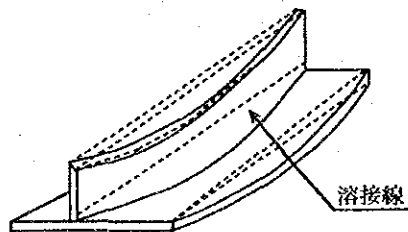


逆折れの例



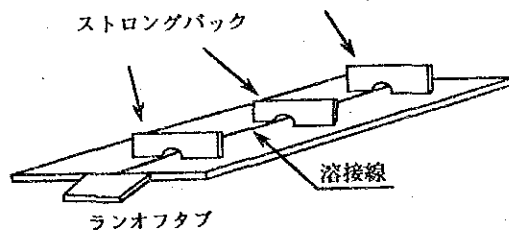
逆反りの例

破線：
溶接完了
冷却後の状況

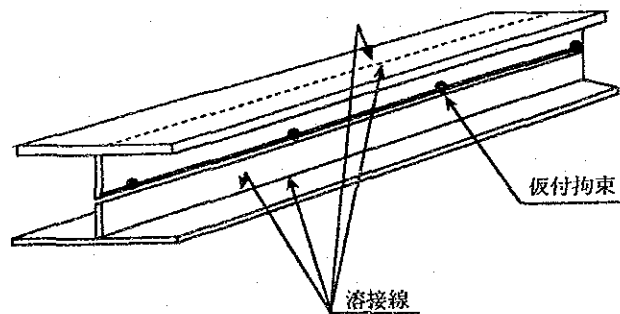


② 拘束による方法

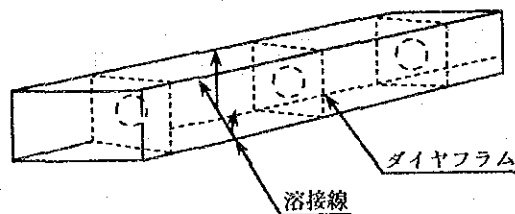
- a) ストロングバック



- b) 抱き合せ



- c) ダイヤフラム仮設置
(捩れ防止)



- d) 作業定盤または組立・溶接治具に固着拘束する。

図IV-2-2-5-02 歪発生の抑制・防止(1/2)

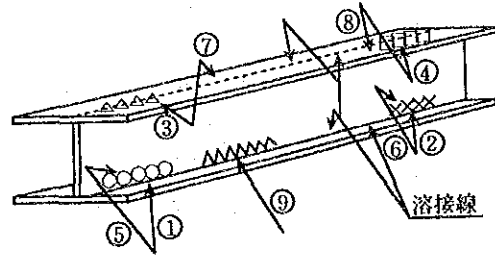
③ 対称溶接法

溶接作業者の人数を2・4・8名など偶数名を配置して、対称位置の溶接部を同一量（長さ）ずつ溶接する。

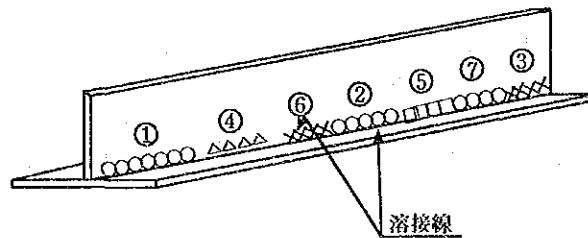
④ 溶接順序による方法

1人作業の場合でも熱応力の集中を避けるためと溶接による拘束力を利用するために溶接順序を変化する。

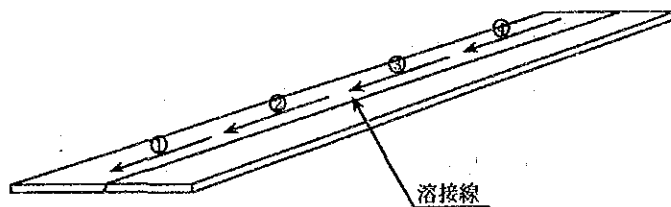
a) 対称法



b) 飛石法



c) ステップバック法



①②③……：溶接順序

2-2-6 塗装工程

塗装工程の生産性向上に必要な技術水準と向上策を述べる前に、下地処理・塗装作業と塗料の概要について述べ、当工場で適用可能な全体生産工程中の下地処理・塗装工程の流れ図を示すことにする。

(1) 概要

1) 塗装の目的

素地調整（下地処理）と樹脂・添加剤・顔料から成る塗膜を金属表面に塗装することによって金属面を均一化して部分的電位差をなくし、局部電池のうちどちらかの反応を抑制し、金属表面を電気抵抗の高い被膜で被覆して、防錆および防食を行うことが塗装の第一目的であり、第二の目的として製品の美観を色彩によって表し、また付属品の位置や危険表示などにも使われる。

2) 下地処理

① 下地処理の必要性

素地調整は塗膜性能を支配する最も重要な因子で、その寄与率は50%を越えるといわれている。

塗装が終った時点では下地処理がどのくらい行われていたかわからないので、塗装設計時に素地調整のグレードを決め、それらのグレードが維持されるよう充分管理しながら施行し、最終的には塗装開始直前に、その状態を検査することが塗装前管理の最大のポイントである。

② 下地処理方法

a) 物理的処理方法

- ・ 人力によるさび落とし — きわめて簡単な工具、すなわち金属ヘラ、ワイヤーブラシ、チップングハンマー、たがね、などを用いて浮いたミルスケールや赤さびを落とす。
- ・ 動力工具によるさび落とし — 電動あるいは圧縮空気動力を用いて、打撃、研削、研磨、研掃する方法で、さびの程度によって使い分ける。パワーブラシ、ディスクサンダー、ジェットタガネなどがある。
- ・ ショットブラスト — 研掃材であるカットワイヤー、グリッドをインペラーで投射し、ミルスケール、赤さび、スラッグ、スパッター、などを除去す

る。

- サンドブラスト — 圧縮空気で砂の噴射を行って、ミルスケール、赤さび、スラッグ、スパッターなどを除去する。砂の粉塵発生量が多く、処理に問題が残る。
- バキュームブラスト — 研掃材を圧縮空気で噴射させ、鋼面に当ってはね返った研掃材（グリッド、カットワイヤー、ウェットサンド）と粉塵をいっしょにバキュームポンプで吸い込んで循環させる除錆装置である。

作業効率は悪いが、研掃材の回収および粉塵の処理には便利である。

b) 化学的処理方法

- 脱脂作業 — 油脂を溶解させる溶剤を使用して清浄する。
- 酸洗い防錆作業 — ミルスケールの除去を目的とするものでピッキングと呼ばれる。用いられる酸は通常硫酸・塩酸・リン酸で、その濃度は

硫酸・塩酸：5～15%

リン酸：10～20%

脱スケール速度は塩酸＞硫酸＞リン酸の順である。

- 防錆被膜処理作業 — 化学薬品の水溶液で金属表面を処理して、不活性化化合物の被膜を生成させる作業で、方法としてはリン酸塩被覆化成法、酸化物被覆化成法、クロム酸被覆化成、しゅう（蓚）酸被覆化成法がある。

3) 塗装方法

① はけ塗り

刷毛を使って手塗りする。広い平面、狭い角部、隅部、板の端面など塗る場所や塗料の粘性の大小などによって、刷毛の種類や大小などの形を選定して、塗りむら、膜厚などに注意して塗装するなど優れた技能が要求される。

② ローラー塗り

ローラーを使って手作業で塗る、広い平面を塗るのに適している。塗装作業スピードが早く、塗りむらも少なく、塗料の無駄も最少ですむ。

③ エアースプレー

圧縮空気によって塗料を噴霧化し、微粒化して吹き付ける方法で、美粧仕上げに多く用いられる。塗膜厚が薄くなりがちである。

④ エアーレススプレー

エアーレススプレー機で塗料を直接ノズルチップから霧状で塗料を吹き付ける方法で施行能率が高く、均一な厚さに塗布し易い。

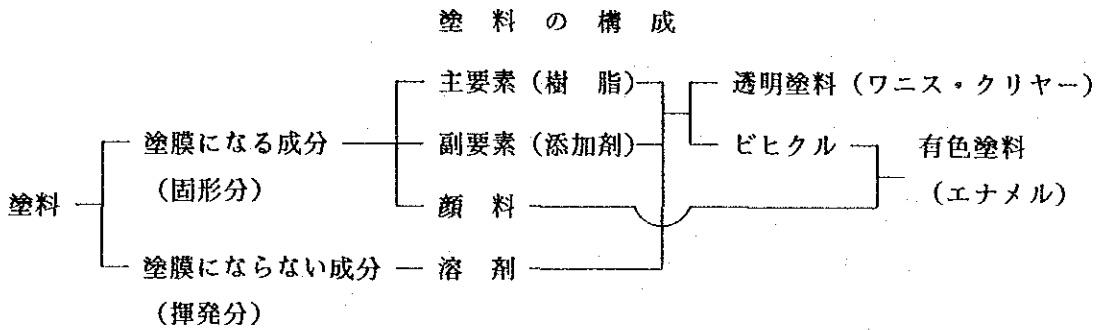
4) 塗 料

① 塗料の成分

乾燥して塗膜になる固形分と、塗料に流動性を与えて塗り易くするための揮発分（溶剤）に大別される。

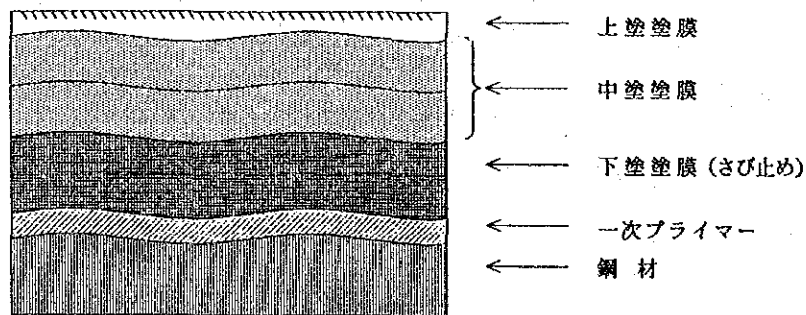
固形分は塗膜を形成する主要素となる樹脂・油脂類と、正常な塗料塗膜にするよう働く副要素の添加剤と、塗膜の着色・肉付け、特殊な機能を与える顔料から成っている。

樹脂・添加剤・溶剤を混合したものがワニス、クリヤーと呼ばれる透明塗料であり、これをビヒクル（展色剤）として顔料を分散してできたものがエナメルといわれる有色塗料である。



② 塗膜の構成

塗膜の構成の状況を図示すると次のようになる。



③ 塗膜の役割

a) 一次プライマー

鋼材表面の長期（3～6ヶ月）暴露に対し、耐水性を持ち、腐食性イオン、腐食性ガスに対し被膜効果を持つ。

下地処理施行直後に塗布することが大切である。

b) 下塗り塗料（さび止め塗料）

水分・腐食性イオン・腐食性ガスの透過性が小さい。

鋼材に対する付着性がよく、また、中塗り塗膜（上塗り塗膜）に対しても付着性がよい。

化学的に防錆効果をもっているものもある。

c) 中塗り塗料

上塗り塗料に比べて顔料濃度が高く、また厚塗りが可能である。下塗り、上塗り塗膜の両方に付着性が良い。

d) 上塗り塗料

塗膜に光沢があり、いろいろな色相を与えることができる。また、耐候性がよい、すなわち、長期間つやがあり色が変わらず、われなどの塗膜欠陥を生じない。耐水性があり、雨や水滴に耐えることができる。日光（紫外線）で劣化し難い。

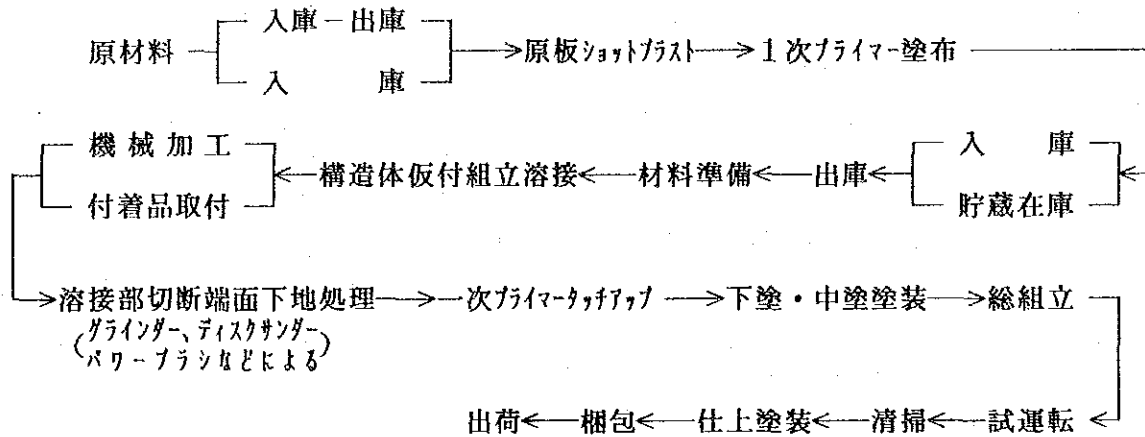
以上のように塗膜にはそれぞれの役割があり、下塗りから上塗りまで塗り重ねて総合塗膜としてはじめて完全な防錆効果を発揮するようになる。

5) 下地処理および塗装工程の流れの詳細

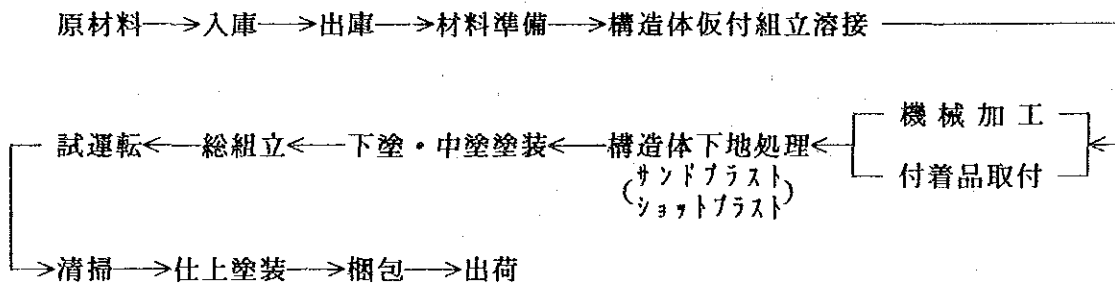
鋼材が工場に到着入庫して倉庫保管を行って後、出庫・材料準備（材料加工）・仮付組立・溶接・機械加工・総組立・試運転・出荷を行う各工程と、下地処理および塗装工程との関連には大別して2つの工程の流れがある。これら2つの工程の流れと、利害得失について詳述する。

① 工程流れ図

方法A：原材料で下地処理を行い、一次プライマーを塗布してから材料準備に入る工程流れ図



方法B 材料準備・仮付組立・溶接を行ってから下地処理および塗装を行う工程流れ図



② 利害得失

流れ図による方法A、すなわち原材料のときにショットブラストと一次プライマーを塗布する方法と、方法B、すなわち仮付組立・溶接後の構造体となった後にショットブラスト（サンドブラスト）を施し塗装を行う方法について、それぞれの利点と欠点を列記すると次のようになる。

方法Aの場合

利 点

- 6ヶ月以内は原材料のままでも、材料加工を行っても、溶接しても発錆しない。
中国では鋼材の入手が四半期・半年ごとの場合もあるので入庫後使用までの期間が長いのでその間の発錆も防止できる。
- 一次防錆処理能力は大きい。
- 使用するショットブラスターは小型でよい。インペラー数6台で可能。
- 設備費用およびランニングコストとも少なくすむ。
- 仮付組立作業途中で塗装が必要な個所（インサートプレートや型材の背合わせなど）の塗装も表面処理済みのため簡単にできる。
- 一次プライマーが塗布してあるので溶接スパッターが付着し難い。

欠 点

- × 一次プライマーの塗布が必要である。
- × 溶接部および切断端面の人手による下地処理作業が必要となる。
- × 溶接部および切断端面の下地処理作業は動力工具による研掃作業となるため、不十分となることがある。
- × 溶接部および切断端面の下地処理個所には一次プライマーのタッチアップが必要となる。
- × 溶接ビード不良が発見しにくい。

方法Bの場合

利 点

- 下地処理が一度で完全にできる。
- 一次プライマーを塗布しなくてよい。
- 補修用下地処理作業および塗装作業の作業面積が小さくてすむ。

欠 点

- × ショットブラスターが大型となる。インペラー台数8台以上が必要。
- × ショットブラスターの周辺装置が必要となる。台車・ターンテーブルまたは吊下げ装置など。
- × 設備費用が大となる。またランニングコストも大きい。

× 原材料保管中に錆が進行する。

以上、方法AとBの長短所について比較したが、このうちどちらが良いかは、被塗装構造物の大きさ、形状ばかりでなく、材料市場環境なども考慮して決めるものである。当工場の場合はどちらが良いと断定することは難しいが、コンサルタントの判断として現有設備を有効に利用するという観点から、当分の間は方法Aを採用し、2000年以降の設備投資計画時点で上記A、B案を再度比較検討し、決めるよう提案したい。

(2) 下地処理および塗装作業における生産性向上のための具体策

1) 塗装作業環境の整備

① 粉塵、ごみ、汚れ対策

下地処理を完全に行っていても、塗装前、あるいは塗装中に粉塵、ごみ、土砂や油脂の付着があると塗装効果はなくなるので、塗り替えや補修塗り作業が発生する。屋内・屋外を問わず粉塵・ごみ・汚れを発生させない、土足で成品の上を歩いたり油脂をこぼさないことが肝心である。もし付着していたら完全に清掃することを心掛けたい。

塗装作業関係者のみならず従業員全員の塗装に対する関心を高める必要がある。

② 整理・整頓・清掃・清潔・躰の5Sの徹底実施

塗装工程では特に清掃・清潔・しつけの三つの要素を徹底して実行し、あともどり作業の絶無を期したい。

③ 気温・湿度対策

気温15～30℃、湿度40～75%の範囲が推奨する作業条件である。室内塗装の場合はこの条件が満足できるような設備が好ましく、屋外塗装場でも5～38℃範囲の気温、80%以下の湿度を限度として作業するよう努力する必要がある。

相対湿度が85%以上のときは被塗面の水分付着によって塗膜の付着性が悪化するおそれがある。

2) 作業工程と作業内容の明確化

下地処理と塗装作業の担当部署と実施時期および実施場所が決っていないと中途半端な作業結果となるおそれがあるので、生産工程全体の中で下地処理と塗装作業はいつ、どこで、どの部署の人が実施するかを決める必要がある。

工場側の事情を考慮して最終的には決めることではあるが、下に項目ごとに提案をしておくので参考にされたい。

① 下地処理は原材料ショットブラストか、成品（アーム・ブーム・ロウフレーム・アッパーフレーム・旋回フレームなど）ショットブラストか、
前項 (1)-5)-②に示したように、それぞれ利点欠点はあるが、原材料ショットブラスト装置も据付稼動直前であることも考えて、原材料ショットブラスト、一次プライマー塗布を提案する。

② 切断面の加工傷、溶接ビードの不良部などの補修作業の担当
仮付組立・溶接工程で補修する。

③ ガス切断・プラズマ切断で付着した溶滓の除去
切断作業者が切断直後に除去する。

④ スパッターの除去
溶接作業者が除去する。付着しないよう付着防止剤を塗布するのも溶接作業者とする。

3) 塗装作業場の整備

① 床面の舗装あるいは砂利敷設
作業場として使用している床のうち未舗装部はコンクリート床とするか、または砂利を敷設して防塵効果をあげる。

床面の散水などは行わないよう習慣づける。

② 作業場面積の拡大

a) 回転治具を備えた作業架台の設置のため、および増産のための塗装面積の増加に対処して塗装場面積の拡大が必要となる。約 1.5倍と予想する。

b) 塗装車間仕上げ塗装ブース1ライン増設する。

c) 面積拡大の計画立案に当っては作業場の廃止・統合を検討することを提言したい。

③ 運搬設備の充実

作業架台の設置利用、回転あるいは反転装置の利用などで揚重設備の需要が高くなる。アームホイスト、ウォールクレーンなどの充足を作業場所計画に合せて計画することを提言したい。

4) 下地処理および塗装設備の整備と増強

① 原材料用ショットブラスターの整備

現在設置未稼働の原材料（鋼板および型钢）の下地処理用のショットブラスターの整備を早急に行って稼働させること。

② 一次ショッププライマーの塗布機の購入と設置稼働

原材料のショットブラスト加工後、一次プライマーを直ぐに塗布しておかないと発錆して下地処理効果がなくなる。早急に購入設置、稼働させて下地処理作業の完璧を期してもらいたい。

参考としてレシプロ自動塗布機の仕様およびプライマーと塗料の組合せの例を添付しておく。参考資料：図IV-2-2-6-01 および-02

③ 磷酸塩酸洗い装置の増設

第一分工場に稼働中の酸洗い装置は増産計画に対しては能力が不足となるので1ラインの増設を要する。

その場合、排水処理施設（中和設備）の設置も望まれる。

④ 塗装設備の増強

a) 塗装車間の塗装ブース1ラインの増設

現有の塗装ブースラインの稼働状況を点検し、不具合点の改善点を解決するとともに、換気装置についても主として能力の過不足を判断しながら増産用の塗装ブース1ラインの増産を計画されたい。

b) エアレススプレーの使用頻度を高める。

塗装にスプレーの使用は制限されているとのことであるが、エアレススプレーは塗装施行能率が高く、均一な塗膜厚が得られるのでエアレススプレーの多用を提案する。

刷毛塗りをスプレー塗装に置き替えることで塗装品質が向上するとともに施行能率も3倍程度向上する。

5) 治工具の充実

① 治具の充実

a) 塗装作業架台の設置

高さ 600mm程度の架台上で楽な姿勢で作業し、清掃面・塗装面が正面はもちろんのこと裏面まで充分目視できる位置に被塗装物を置くことができるよう架

台を製作し利用する。

回転用治具を備えて、ホイスト・クレーン・フォークリフトを使用しないで180°位置を変化できるものが良い。

② 工具の充実

a) 手作業用工具

ワイヤーブラシ、金属ヘラ、チップングハンマー、やすり、サンドペーパーなどの手工具は作業員一人一人に貸与しておいて気軽に、いつでも、どこでも使えるように充足する。

b) 電動工具

可搬式のエヤーおよび電動工具、すなわちパワーブラシ、ディスクサンダー、ジェットタガネなどを備えて作業員が疲労を覚えずに使用できるよう整備充足する。

6) 塗装作業者の教育訓練

① 塗料および塗装の一般知識の普及講座の開催

塗料の性質、塗膜の役割、塗料と希釈剤などに関する一般知識を知ることによって、なぜ塗装するか、塗装および下地処理の重要性などを認識することになる。講座はテキストによって進行し、年2回、2時間/各回程度がよい。

② 塗装方法の実地説明講習会の開催

刷毛塗り、スプレー塗装は、誰でも塗装作業は簡単に見えるが、規定の膜厚を保つこと、塗りむらを出さないことなど難しい。

塗料の飛散や刷毛落ちなど塗布効率に関心を持ち、刷毛の種類と使用箇所やスプレーのチップの取替え時期の判定などの能力を身につけるための講習会の開催も計画してよい。年2回程度開催。

③ 塗装の技能訓練

専門知識も含め技能訓練を行うことで、早く、精密に、むら・むだなく作業する技能を身につけることができる。

塗料の調合・希釈・攪拌の技術や、ウェット膜厚計の使用などについても訓練しておくとうよい。

参考資料IV-2-2-6-0.1：自動プライマー塗装装置仕様書の例

装置の仕様

装置導入の目的：現状の手作業の塗装から、自動機によるエアレス塗装に改善し塗装品質向上を行う。（防錆性能の向上、塗装仕上げ性能の平均化、作業の効率向上）

被塗物品：加工前の素材 鋼板、アングル類の型鋼・パイプ

素材の仕上げ面：塗装前でショットブラストおよび昇温予熱処理

被塗物寸法：鋼板＝巾、2,000mm×厚、4.5～36mmt×長、1,200mm～

型鋼＝アングル類 Max 200mm×200mm

鋼管＝50mmφ～200mmφ×長、5,000mm～5,500mm

搬送速度：1.0～1.5 m/min

使用塗料：ウォッシュプライマー（防錆用下塗り塗料）

(1) 見積の範囲

- ① 横型レシプロ式自動塗装装置
- ② 自動塗装室
- ③ ミスト除去室
- ④ エアレス塗装機器、塗装ホース、スプレーガン
- ⑤ 被塗物搬入検出機構
- ⑥ 制御盤
- ⑦ 日本国内での仮組調整、テスト
- ⑧ 輸出梱包、国内運賃
- ⑨ 和文の取扱説明書作成

(2) 見積除外、別見積

- ① 輸出関係の船便等の運送費、中国での運送費。
- ② 据付、据付指導、操業指導等のスーパーバイズ。
- ③ 据付要領書、指導書。
- ④ 機械据付、機械据付雑材、電気工事、電気工事材料。
- ⑤ 中国における諸費用関係一切。

(3) 各装置、機器仕様

(3)-1 横型レシプロ式自動塗装装置

- ① 往復距離 = 2,200mm
- ② 往復速度 = 20~30m/min
- ③ SPRAY GUN = 1RECIPROで1GUN
- ④ 1通過後塗装膜厚 = 20~40 μ
- ⑤ 電動機仕様 = 200V 60HZ 1.5KW 耐圧防爆
インバーターによる可変速
- ⑥ 機械寸法 = 600W \times 600H \times 3,000L

(3)-2 自動塗装室

- ① 寸法 = 3,500W \times 2,000L \times 3,300H

(3)-3 ミスト除去室

- ① 寸法 = 1,680W \times 2,520L \times 2,180H、3,030H
- ② 型式 = NB-3SL相当品

(3)-4 エアレス塗装機器

- ① エアレスポンプ = NP2554 圧力比45:1 吐出量4 ℓ /min = 1台
- ② エアレス自動ガン = AG-5 = 4丁
- ③ 塗料タンク = 攪拌機付40 ℓ 容量 = 2台
- ④ 塗料ホース = NH-5 往復 5M物 = 8本

以上

1. 工事名
2. 被塗物 鋼材(クレーン)
3. 下地処理 プラスト
4. 塗装方法 ニアレス
5. 塗装仕様 フッ素樹脂塗料仕上げ

プライマーと塗料の組合せ例(1/5)

工程	塗料名	色相	塗回数	乾燥時間(時間)	塗布時間(時間)	希釈剤	希釈率%	膜厚μ	塗付量kg/m ² /回	備考
業地 鋼材 プラスト処理 (SIS Sa 2 1/2 以上)										
1	ガルヴァーニウム400	グレー	1	2	24H~	ガルヴァーニウム400シンナー	0~5	75	700(AL)	
2	ニッチェット5000プライマー	赤錆	1	16	24H~1W	ニッチェット5000プライマースカ	0~10	60	280(AL)	
3	ニッチェット5000中塗	銀指定色	1	6	24H~7D	ニッチェット5000中塗用シカ			136(AL)	
4	ニッチェット5000上塗	銀指定色	1	5	24H~	ニッチェット5000上塗用シカ			140(AL)	
備考: 上記の各数値は全て標準値である。施工時の条件(被塗物の形状、養生の状態、気象状況、塗装方法、塗料の色など)により差異を生じることがあります。										

1. 工事名
2. 被塗物 鋼材(クレーン)
3. 下地処理 プラスト
4. 塗装方法 ニアレス
5. 塗装仕様 塩化ゴム塗料仕上げ

プライマーと塗料の組合せ例(2/5)

工程	塗料名	色相	塗回数	乾燥時間(時間)	塗布時間(時間)	希釈剤	希釈率%	膜厚μ	塗付量kg/m ² /回	備考
業地 鋼材 プラスト処理 (SIS Sa 2 1/2 以上)										
1	ガルヴァーニウム300	グレー	1	1/6H	48H~6W	ガルヴァーニウム300シンナー	10~20	20	200(AL)	
2	タイトプライマー	赤錆	1	15	24H~1W	タイトプライマースンナー	0~5	60	230(AL)	
3	SRマリンA中塗	銀指定色	1	2	5H~	SRシンナー	5~15	35	190(AL)	
4	SRマリンA上塗	銀指定色	1	2	5H~	SRシンナー	5~15	30	180(AL)	
備考: 上記の各数値は全て標準値である。施工時の条件(被塗物の形状、養生の状態、気象状況、塗装方法、塗料の色など)により差異を生じることがあります。										

1. 工事名
2. 被塗物 鋼材(クレーン)
3. 下地処理 プラスト
4. 塗装方法 ニアレス
5. 塗装仕様 フタル酸樹脂エポキシ樹脂仕上げ

プライマーと塗料の組合せ例(3/5)

工程	塗料名	色相	塗回数	乾燥時間(時間)	塗布時間(時間)	希釈剤	希釈率%	膜厚μ	塗付量kg/m ² /回	備考
業地 鋼材 プラスト処理 (SIS Sa 2 1/2)										
1	エポキシ樹脂 二液型硬化剤	青緑	1	0.5	16H~2W	エポキシ樹脂硬化剤シンナー	20~40	15	150(AL)	
2	ジンカー =636	赤錆	1	5	3H~2W	エポキシ樹脂シンナー	0~10	30	170(AL)	
3	ネオグリプトン =100	銀指定色	2	5	15H~2W	エポキシ樹脂シンナー	5~25	25	140(AL)	
備考: 上記の各数値は全て標準値である。施工時の条件(被塗物の形状、養生の状態、気象状況、塗装方法、塗料の色など)により差異を生じることがあります。										

1. 工事名 鋼材(クレーン)
2. 被塗物 鋼材(クレーン)
3. 下地処理 プラスト
4. 塗装方法 エアレス
5. 塗装仕様 ポタウレタン樹脂塗料仕上げ

プライマーと塗料の組合せ例(4/5)

工程	塗料名	色相	塗回数	乾燥時間(時間)	塗膜厚(μm)	希釈剤	希釈率%	膜厚μ	塗付量kg/m ² /回	備考
素地	プラスト処理 (SIS Sa 2 1/2)									
1	ガルヴァーニウム400PB	グレー	1	2	24H~	ガルヴァーニウム400シンナー	0~5	75	700(GAL)	
2	ニピライトニウム1000プライマー	赤黒	1	16	24H~1M	エピライトニウム1000シンナー	0~10	60	280(GAL)	
3	ダルトニウム1000塗料	銀黒定色	1	6	24H~1M	ダルトニウム1000シンナー	5~20	35	190(GAL)	
4	ダルトニウム1000塗料	銀黒定色	1	6	24H~7D	ダルトニウム1000シンナー	5~20	30	180(GAL)	

備考: 上記の各数値は全て標準値である。施工時の条件(被塗物の形状、素地の状態、気象状況、塗装方法、塗料の色など)により差異を生じることがあります。

1. 工事名 鋼材(クレーン)
2. 被塗物 鋼材(クレーン)
3. 下地処理 プラスト
4. 塗装方法 エアレス
5. 塗装仕様 長油系フタル酸樹脂塗料仕上げ

プライマーと塗料の組合せ例(5/5)

工程	塗料名	色相	塗回数	乾燥時間(時間)	塗膜厚(μm)	希釈剤	希釈率%	膜厚μ	塗付量kg/m ² /回	備考
素地	プラスト処理 (SIS Sa 2 1/2)									
1	トアノアノアノニウム2重塗料	黒黒	1	0.5	16H~3M	トアノアノアノニウムシンナー	20~40	15	150(GAL)	
2	ニピライトニウム1000プライマー	赤黒	1	2	16H~6M	ニピライトニウムシンナー	0~5	30	170(GAL)	
3	シンニイマリン2重塗料	銀黒定色	1	14	24H~7D	シンニイマリンシンナー	5~10	30	130(GAL)	
4	シンニイマリン2重塗料	銀黒定色	1	10	24H~7D	シンニイマリンシンナー	5~10	25	120(GAL)	

備考: 上記の各数値は全て標準値である。施工時の条件(被塗物の形状、素地の状態、気象状況、塗装方法、塗料の色など)により差異を生じることがあります。

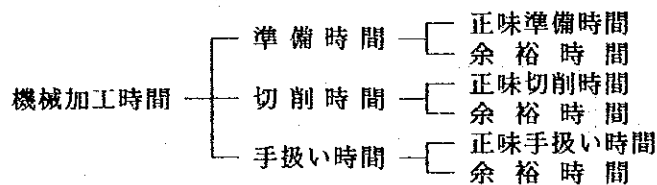
2-2-7 機械加工工程

最近の先進国における機械工場は、省人化、コストダウン、製品の信頼性を確保するための品質向上および品質の安定化と納期の確保などをめざし、自動機械、ロボットなどの活用による無人化工場へと進んでいる。

第三章「現状と問題点」において記述したように、当工場における機械加工工程は現時点においては顕著な大きな問題点はないが、Ⅲ-1-6で述べたように当工場の金属加工機械は平均稼働年数も約18年と旧式の汎用設備が多い。このため、製品の品質・生産量が、作業員個人の熟練度、勤勉度に大きく左右される。したがって、今後生産性を向上させ、増産体制を確立するためには、自動化の促進を図ると共に、作業員のレベルアップが必要であるが、手作業の改善、すなわち段取り時間の改善も大きな課題である。

(1) 合理化の進め方

合理化を進める、生産性を向上させるということは、機械加工時間を短縮させることと言っても過言ではない。そこで機械加工時間の内容と、その構成要素を分解してみると次のようになる。



正味機械加工時間 (Net Machining Times) とは、その名の示すとおり、機械加工を行うのに直接必要な、正味の時間 (Net Times) であって、工場管理の巧拙、加工者の生理的要求とはまったく無関係に、一定の加工条件における加工遂行に必要な時間を意味している。すなわち、工作機械および工具が安全な状態で保持され、材料待ち、クレーン待ちなどの待ち時間がなく、しかも加工者にもなんの故障も生じないで加工が行えると仮定した場合の加工に要する純粋な所要時間である。切削加工の場合正味時間はさらに動作の性質により、次の要素時間に分けられる。

- ① 正味準備時間……機械加工に必要な準備用具の整備および装備に要する正味時間であって、これは同一加工品の任意の製作個数に対しては、ただ1回のみ生じるものである。
- ② 正味切削時間……工作機械が与えられた加工品の形状、材質および仕上り精度

に対して最も能率的な加工条件のもとで運転され、切削を行った場合に必要な正味の時間である。

- ③ 正味手扱い時間…機械加工を行うには、工具および加工品の取付け、取外し、工作機械のハンドルやスイッチなどの操作、加工品の寸法計測など作業者が手作業で行わなければならない時間が付随するのが通常であるが、これらに要する正味の時間である。

この他に余裕時間 (Allowance Times) が加味される。この余裕時間とは、工場管理の巧拙、加工者の生理的要求などによって、機械加工に直接必要な正味時間以外に機械加工時間の中に見込まねばならない間接的に必要な時間である。

余裕時間には、避けられる余裕 (Avoidable delay) と避けられぬ余裕 (Unavoidable delay) の2種類がある。

避けられる余裕……クレーン待ち、材料待ち、指示待ち、図面待ち、治具待ち

避けられぬ余裕……加工中の給油、切屑処理、疲れのための休憩など

一般的に汎用機械の全機械加工時間に対する正味切削時間の比率は、20~30%と言われ70~80%が準備時間・手扱い時間および余裕時間と言われている。

したがって、機械の生産性を向上させ合理化を進めるためには、これらの人間が介在する部分の改善を実施する必要がある。人手の介在する部分を削減するためのもっとも短絡した方法は、高度のNC工作機械の導入およびロボットなどによるハンドリングの自動化である。しかし、これらの導入には大きな資金力と高度の技術力が必要であり、短期間の導入は非常に困難である。ここではもっと簡単にできる改善案を提言し、生産性の向上と技術力の向上の実現を期したい。

1) グループ・テクノロジー (G・T) 方式の採用

多品種少量生産の場合に注目され、しかも採用効果があるのは類似部品を集めて群 (グループ) として加工することにより、多量生産と同じような量産効果をねらう方法がグループテクノロジー (G・Tと略す) である。このねらいは段取時間の低減と習熟度の向上にある。

当工場の場合も主な生産機種は6機種、ロットサイズ10台~20台と少なく典型的な多品種少量生産と考えられるが、これら6機種の部品をみると同種類、同形状の部品が多い。これらを集めて群として管理するG・T手法を活用して、できる限り少品種多量生産へと近づける必要がある。G・Tの導入に際しては、最初から高度

なことを望んでも良い結果は得られないので、段階を踏んで確実に定着させてゆくことが大切である。

第一段階……部品の分類を形状・大きさ・材質・工程順・加工方法などをパラメーターとして類似性を引出し、パターン化する。

第二段階……設備配置をG・T手法を導入するのに適したレイアウトにする。
(G・Tレイアウトと呼ぶことにする)

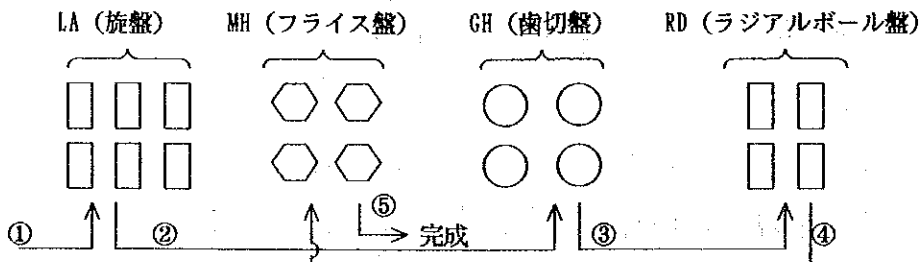
第三段階……生産管理・設計へ適用する。

当工場においては、部品の種類も少ないうえ、ある程度のグルーピングはすでに行われているので、第一段階は再確認する程度で良いと思われる。従って、第二段階のG・Tレイアウトの検討を実施するべきと考える。現在当工場の金属加工車間の設備配置は、通常多品種少量生産に採用されている機能別レイアウトになっているためである。機能別レイアウトとは、機能の同じ機械をまとめて配置するレイアウトのことで、仕事の流れが不規則なうえ、運搬距離が長く、工程管理も難しい。G・Tを適用するにふさわしいレイアウトとすることにより、生産効率を高めることが可能となる。

次に、機能別レイアウトとG・Tレイアウトの例を示し、下記のような加工工程の部品を想定してそれぞれのレイアウトにあてはめてみる。

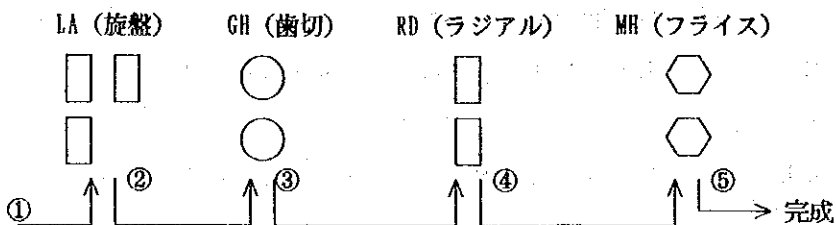
旋盤 → ホブ切り → 穴明け → フライス → 組立とする。
(LA) (GH) (RD) (MH)

〔機能別レイアウト〕



〔G・Tレイアウト〕

部品を基礎とするグループにまとめて、レイアウトをした場合



この図でも分るように機能別レイアウトでは、部品の流れが交錯したり逆流していることが分り運搬距離も長い。このため部品の管理も難しい。

次にレイアウト計画を実施するための6つのポイントを示す。

- ① 総合の原則……生産合理化の基本要素（品質、工程管理、設備、保全、安全、公害など）を十分に検討すること。
- ② 最短移動の原則……運搬という要素を最短距離にする。
- 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。
- ④ 空間利用の原則……床面のみでなく空間・地下の利用
- ⑤ 満足と安全の原則…環境衛生・安全を考慮しモラルの向上につながるようにする。
- ⑥ 融通性の原則……生産構造の変革に容易であるようにメンテナンス面から検討する。

以上のポイントを検討し守ることによって、レイアウト計画は良好なものとなり、作業進行順序が確定し、進行順路が最短となり、作業工程が減少され全体の時間も短縮すると共に、工程の単純化も図れる。同時に安全性が高められ、現有設備の最大利用が可能になるなど、多くの利点を生み出すことができる。

当工場で生産している油圧ショベル部品を次のようなグループ区分にして、G・T手法を用いたラインレイアウト改善を検討し、実施することを提言したい。

- ① 上部、下部フレーム関係を機械加工する職場
いわゆる大物鉄構物を機械加工する職場で横中ぐり盤が中心の職場
- ② 上部、下部ローラーを加工する職場
この職場は構成する部品によって、ローラー本体、軸受・シャフトなどを加工するグループに分け、さらにそれらのサブ組立まで実施できる一貫した職場にする。
- ③ スプロケット、アイドルなどを加工する職場
- ④ バケット、アームリンクなどの中・小物鉄構物を機械加工する職場
- ⑤ その他
シリンダーロットの機械加工は単独な職場とする。
シューの機械加工はシューの切断工程の中に含めた職場にする。

なお、熱処理工程については、それぞれの工程に含むレイアウトが理想的である

が、今の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とし、将来旋回ベアリングが分工場での内作が実現された時点でそれぞれの群に移設することを検討すべきと考える。

以上のようにG・T化を実施し、レイアウトを良く検討してG・Tレイアウトを採用することにより、現状よりもかなりの増産が可能となり、さらにコスト低減、日程管理の正確さなどが得られ、品質の向上にも寄与できるものと思われる。

(2) 設備の改善

当工場においては、NC工作機械を含めたNC付の高度な設備の導入は、現在実施中の第8次5ヶ年計画の中でも検討の対象となり、これに対する技術力もあると思われる。しかし、これにも限度があり、工作機械のほとんどをNC化、自動化することは資金力で難しいことと思われるので、代替案を提示する。

① L・C・Aの実施 (Low cost automation)

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作りあげること。幸い当工場には修理車間があり、機械のオーバーホール技術などもかなり高いので比較的取り組みやすいと考える。対象部品については、下部ローラーおよび同ローラー軸受などの孔明作業が適当であろう。図IV-2-2-7-01 は日本の建設機械メーカーの一つであるK社がL・C・Aを実施した孔明加工機の完成図である。

② レトロフィット化

L・C・Aと同じように既存の機械に市販のNC制御装置を購入し、機械の改造を行い取付けることにより、NC工作機械メーカーが製作したものと同等の機能をもつNC機械ができる。レトロフィット化により、段付きの多いシャフト、旋回ベアリングなどの軌道円弧溝（曲面加工）など複雑で精度の高い加工が能率良く加工することが可能となる。レトロフィット化を実施する場合は改造する既存機械の完全なオーバーホールを実施して機械的に追従できるように整備をしておく必要がある。

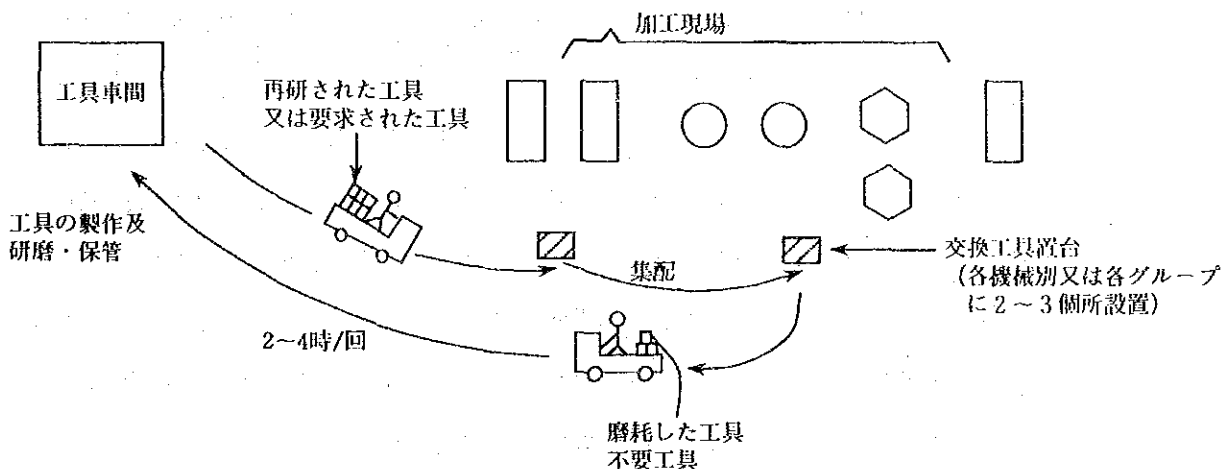
図IV-2-2-7-02 もK社が実施したNCレトロフィットの実例である。当工場のショベルの部品は機種により大小はあるものの、形状的にはほぼ同じと考えられる。また、中には下部ローラーのように1台当たり個数の多い部品もある。G・T

の項でも述べたように形状・工程など多方面からさらに検討を加えると共に、L・C・Aやレトロフィット化も組合せた改造計画の推進を期待したい。

(3) 工具の集中研磨、集配の導入およびスローアウェーチップの利用

当工場の工具類については、工具メーカーから購入するか、特殊な専用工具は工具車間で製作している。切削工具はすべて工具庫に保管され、作業者が必要に応じて直接工具庫から使用分を受け取り使用している。また、工具の再研削については、特殊工具は工具車間で再研削を行うが、汎用的な切削工具は作業者が自ら再研削を行っている。作業者が自ら研削を行うということは、その間機械を停止させて研削作業に従事するため生産性を低下させることはもちろん、作業者の技能差による切削工具の精度差が発生し、品質にばらつきが生じ、さらに切削工具の短寿命化をも誘発する。上記のような理由とさらに将来自動化を進めるうえでも工具の集中研削の導入を実施すべきである。

集中管理、集中研磨方式を採用することにより、作業者が工具交換のため工具室までの距離を往復する必要があり、作業能率を低下させることは否めないが、この対応策としてツールボーイ (Tool Boy) による集配の導入によって解決できる。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2~4時間ピッチ (間隔) で工場を巡回し集配する。ただし、このピッチについては作業者の保有する予備工具との関係があるため、実施に当っては、良く調査検討してピッチを決めることが必要である。集配の方法としては、各作業者または機械の付近に、交換のための専用工具台を設置し、その上に交換を必要とする工具または、決められた用紙に必要工具を記入して置きこれをツールボーイが集配する方法がとられる。



さらに、工具に関する合理化対策としては、スローアウェイチップの導入がある。集中研磨の項でも述べたとおり、工作機械のNC化およびマシニングセンターの導入、品質の向上・安定化を図るためには避けて通れない関門であり、近代化である。

ただスローアウェイバイトの導入を図るに際しては、経済性を検討することが必要である。

スローアウェイバイトを使用する場合の経済性およびチップホルダーの種類の一部を、参考資料として参考資料IV-2-2-7-01に示す。

(4) 段取時間の短縮

初めに述べたように、機械加工の主作業とは機械が被加工物を削っている時、つまり切くずが出ている時が主作業で、他はすべて付帯作業とみなされる。これまで述べた事はこの付帯作業をいかに削減して、主作業の比率を向上させるかである。重要な工作機械を止めること無しに被加工物を交換し、次から次へと連続的に加工することが理想であり、これに少しでも近づけるためにG・T方式の採用、集中研磨・集配形の導入などについて述べてきたが、さらに段取時間の削減も有効な手段である。

段取時間には、被加工物の変更による、工具・治具または工作機械の清掃などのいわゆる準備時間と、被加工物の機械や治具取付具への取付け、取外しなどが含まれる。とくに、大型機械の段取は作業員個人の習熟度にもよるが長時間を要するのが普通である。この間機械は止まったままで主作業は行われていないことになる。この段取時間を削減する対策について述べる。

① 専用または共用取付具による段取の実施

前述したとおり、大型の工作機械では被加工物の取付け、取外しなどの段取りに多くの時間がかかる。とくに、汎用の段取具を使用する場合は被加工物が変わるたびに作り直さなければならない。

幸いにして当工場のショベル部品は、寸法の大小はあるにしても形状やパターンは同じものが多い。したがって、各部品ごとに専用取付具を製作して段取時間の削減を図ることも可能であるが、専用治具・取付具の場合は、部品種類と同じ数量の取付具が必要となるため不経済である。図IV-2-2-7-03のようにこれをさらに工夫して、取付具の一部を交換することにより同じようなパターンの加工部品をすべて取付けられる共用型の取付具の開発が必要である。

② 内段取から外段取への移行

機械を止めて、その機械上で次の被加工物の取付けなどの準備を行う方法を内段取と言う。この方法では先に述べたように、段取中は機械は止ったままで仕事をしていないことになる。この機械停止時間を最少におさえ、機械本来の主作業時間を増やすためには、機械が被加工物を加工している間に、次の加工品の段取を機械上とは別な場所で行えば、前の加工物の加工完了後、すぐに次の加工物の加工を開始することができる。

このように機械を停止することなしに、次の被加工物の段取りを機械上で行わずに別に行うことを外段取と呼んでいる。

最新の工作機械には、自動ワーク交換装置 (A・P・C) を備えた機械もある。しかし、この様な最新鋭の装置が無くてもこれと同等な効果を得る方法がある。図IV-2-2-7-04 に示すのがその方法で、同じ取付具を2台用意して先に1台の取付具に加工品を取付け加工を開始し、その間に2台目の取付具に次の加工物を取付けておく。このようにすれば1台目の加工が完了と同時に取付具ごと機械から外し、2台目の取付具を機械に取付ければ機械をすぐに移動することができる。その時間は20~30分で通常の段取時間の1/5~1/10にすることができる。この方法は自動機械ならばその機械のオペレーターが外段取を行うことが可能であるが、汎用工作機械の場合は、オペレーターは機械の操作を行う必要があるから、外段取を行う余裕は無い。この場合は段取を専門に行う作業員または、グループを作り、機械操作をするオペレーターに代り次の加工部品の段取を行う。段取専門作業員は、その現場(車間)の責任者の指示または、それぞれの機械の加工日程指示票などに従って、次の加工部品の手配をして、治具または取付具を用意して段取を行う。段取は段取指示票、または標準指示票などをそれぞれの加工部品ごとに作成して、誰でもその指示票を見れば段取ができるようにしておく必要がある。このようにすれば、自動機械でなくても段取を内から外にすることが可能となり、機械の稼働率を向上させると共に加工時間の削減が可能となり、生産性を上げることができる。

(5) その他の生産性を向上させるための改善策

これまで、加工効率を上げ生産性の向上を図る方法について述べてきたが、以下に

今まで提案した以外の改善案を提案する。

① 材料運搬（マテハン）の改善

部品の運搬は待ち時間の多い天井クレーンやフォークリフトだけに頼らずに、他の方法も検討する必要がある。たとえば、製品別機械配置（G・Tレイアウト）をした場合は、次工程への部品移動は、ローラーコンベアーを利用し、機械と機械をつなぎ、部品の連続移動を行う。また、加工部品の機械への取付・取外しは、図IV-2-2-9-03, -04 示すようにウォールクレーンやフリーバランサーなどを使用し、クレーン待ちなどのロスタイムを省くことも必要である。この方法に適した加工部品としては、上・下ローラー、スプロケット、アイドラー、シューなど比較的小さな部品の加工ラインに適している。IV-2-2-9「運搬作業」を参照

② 素材バラツキを無くす

外注加工されている鋳鍛素材は非常にバラツキが大きく同じ部品の素材でも、形状が大巾に違うものが納入され加工している。自動機械を導入し能率良く加工を行うためには、前工程の精度向上が重要な課題である。これは鋳鍛素材だけの問題ではなく、鉄構加工品（溶接構造物）についても同じことが言える。当然のことながら、自動機械は前もってインプットされた指令以外の事はやらない。もし、それ以外の事をやる場合は機械を止め、その指令値の変更をインプットするか、手動操作によってその部分を除去してから再度自動運転に入らなければならず、能率の低下ばかりでなく自動機械のメリットは全く期待できない。そのため、素材メーカーまたは前工程と協議を行い、素材の精度向上を図ることが必要である。

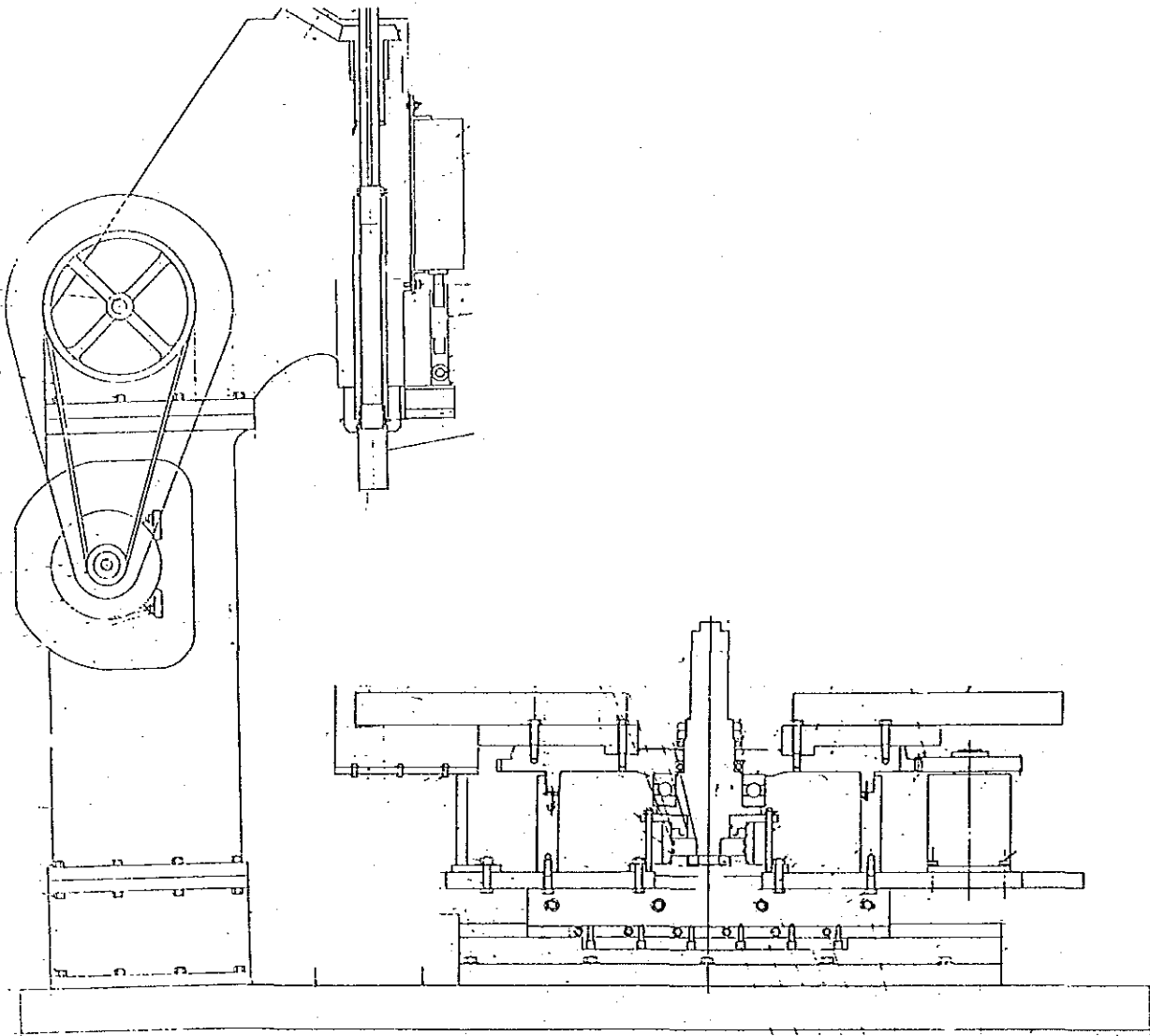
③ ドライブスプロケット素材の変更

現在ドライブスプロケットは歯の部分機械加工で成形している。しかし、使用される必要機能や精度から判断してその必要は無く、鋳造のままでも使用できると思われる。もちろん、その場合も鋳造精度の問題があるので、もし必要ならメーカーと協議し改善させるか、現在の取引先では技術的に不可能な場合は、メーカーの変更も必要であろう。

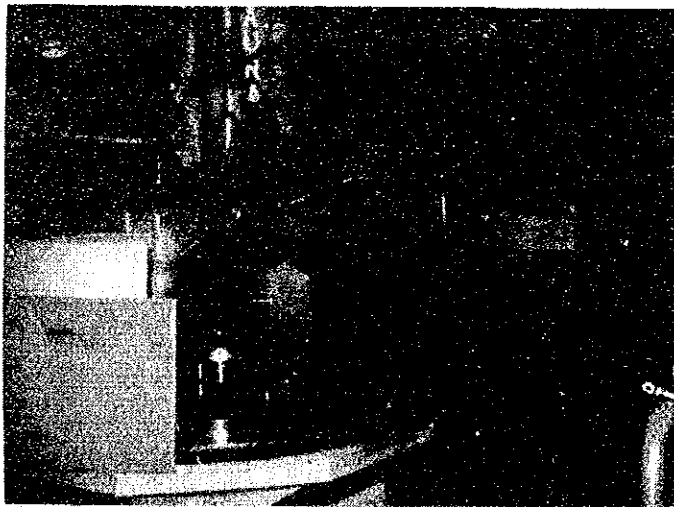
④ 多能工化の促進

汎用機械は作業者が手作業により機械の操作を行い加工するが、自動機械は加工部品の取付・取外しおよび加工前の工具・治具のセットを行い、マニュアル通

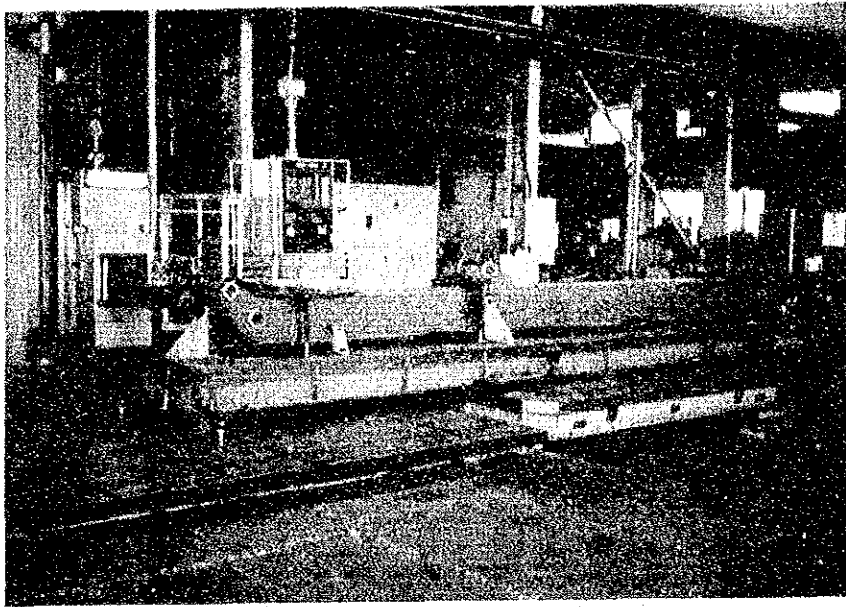
りに自動スタートスイッチを入れれば機械が自動的に加工を行う。その間作業者はその加工状態を見ているだけとなる。そこでその間を利用して他の機械を使うか、段取または仕上作業を行い作業者の空き時間を省く工夫が必要となる。工場が近代化され多くの自動機械が導入されると、1人の作業者が複数の機械工程を担当する必要がある。そのためにも多能工化を強力に推進することが大きな課題である。



図IV-2-2-7-01 K社のLCA実施例
中古の直立ボール盤をLCA化し穴明け専用盤にした。



図IV-2-2-7-02 K社のレトロフィット化実施例
立旋盤をNCレトロフィット化したもの

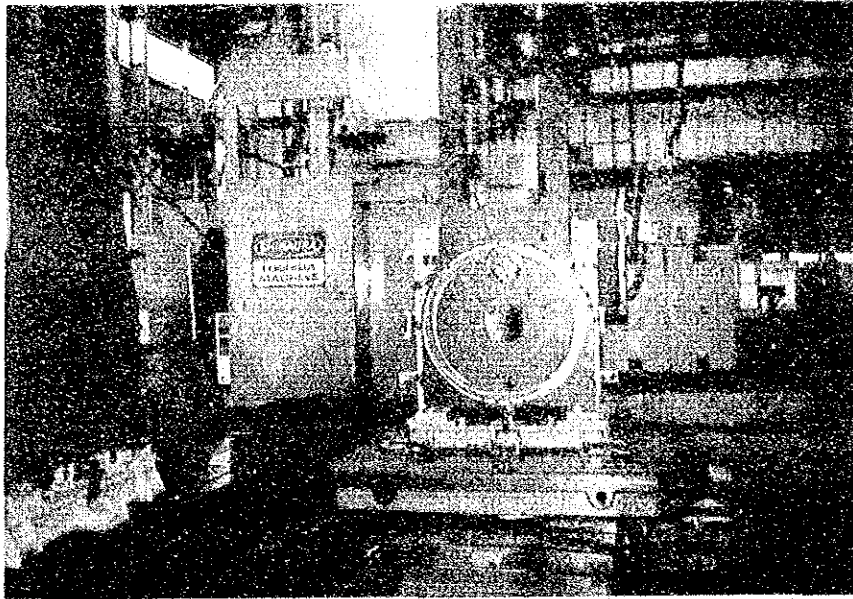


図IV-2-2-7-03 K社共用取付具 (1/2)

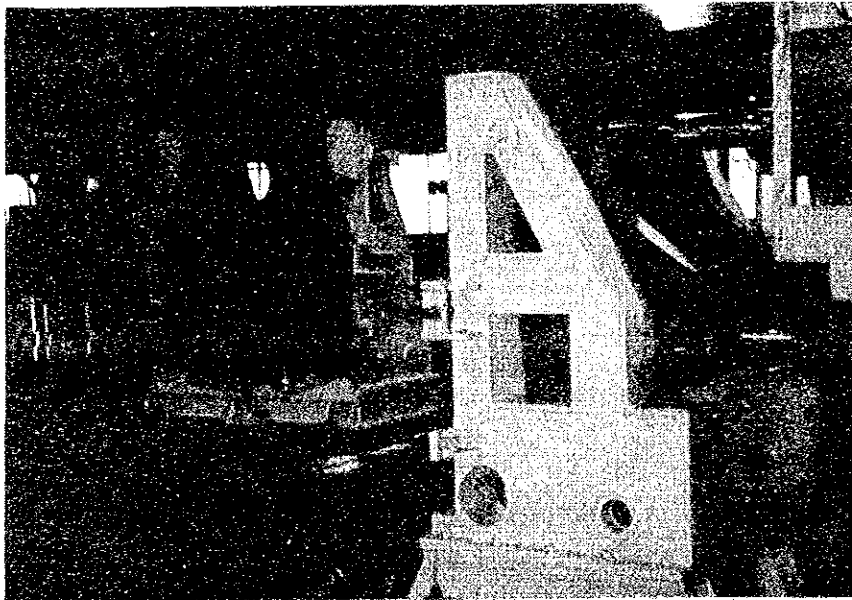


図IV-2-2-7-03 K社共用取付具 (2/2)

上下の写真は1部の部品を交換することによって同じような形状の被加工物を取付けることができるようにしたものである。定盤を共通化し、締付位置、ブラケット位置および高さを自在に変えることができる。



図IV-2-2-7-04 K社外段取りの例(1/2)



図IV-2-2-7-04 K社外段取りの例(2/2)

上の写真は油圧ショベルの回転台の加工中で、左側には同じ治具上に次の加工品が段取りされて待機している。

下の写真は同じものを別の角度から撮ったものである。

■スローアウェイバイトの経済性

スローアウェイ工具が多く使われるようになったのは特殊な事情をのぞいては特長を総合して経済的に有利であるからにはありません。

ここでスローアウェイバイトと従来のロウ付けバイトの工具費、加工費について比較してみます。

ロウ付けバイトの1切刃当りの費用 C_b は

$$C_b = \frac{B + R_c \cdot n}{1 + n}$$

B : ロウ付バイトの購入 (円/本)

n : ロウ付バイトの再研削回数

R_c : 1回当りの再研削費 (円/本)

スローアウェイバイトの1刃当りの費用 C_r は

$$C_r = \frac{H + a \cdot N + A}{Z \cdot N}$$

a : スローアウェイチップの購入価格

A : ホルダ廃却までに要する部品費用

H : スローアウェイバイトホルダの購入価格 (円/本)

N : ホルダ廃却までに置き換えられるチップ数

Z : スローアウェイチップの切刃コーナー数

表1 計算上の前提条件

スローアウェイ バイトホルダの 平均寿命	ロウ付けバイト の再研削回数	再研削に付随す る時間	ハンドホーニン グチッププレー カ研削	再研削の工数単 価
400切刃物	12回	5分	共に 0.5分	800円/時間

前提条件の表1を基礎に代表的なJIS31-3、33-4について比較すると、表2のようになります。この表から、スローアウェイ工具はイニシャルコストは高いが、実際の費用はロウ付けバイトに比較し、最高で68%、M級チップを使用すればなんと35%の費用しかかからないことがわかります。また、図1は再研削回数、再研削費と工具費の関係をグ

ラフで表わしています。

図のみかたは①1切刃当たりの再研削費をユーザーの実状にそって決め（この場合は50円/切刃物とした⑤）そこから縦軸と平行に線を引く。②使用バイトの再研削回数を設定（鋳鉄用として $n=16$ とした）し、その交差をⒶとします。

③Aより横軸に平行に引いた線とタテ軸（1切刃当たりの工具費の線）との交点をⒷとします。（100円/切刃）

スローアウェイバイトでは、1切刃の工具費は一定ですから、横軸に平行な線となります。

したがってこの平行線より上にある部分ではスローアウェイバイトが有利であり、下にある部分ではロウ付けバイトが有利な範囲となるわけです。

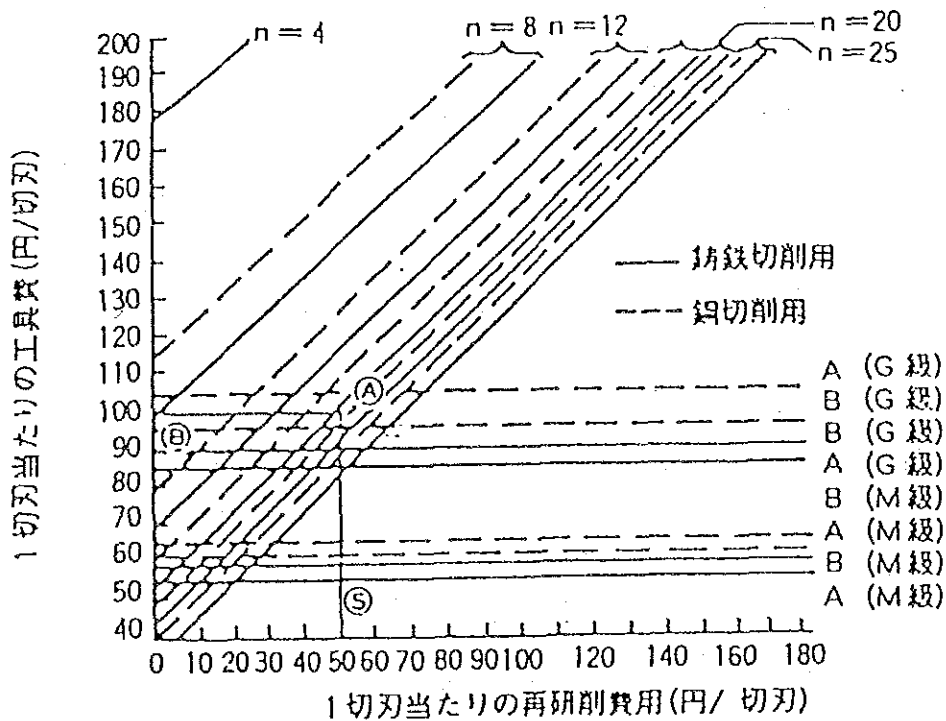


図1：再研削費と工具費の関係

■ 工具費

ロウ付けバイトの1切刃当りの費用 C_0 とスローアウェイバイトの1切刃当りの費用 C_1 の比較

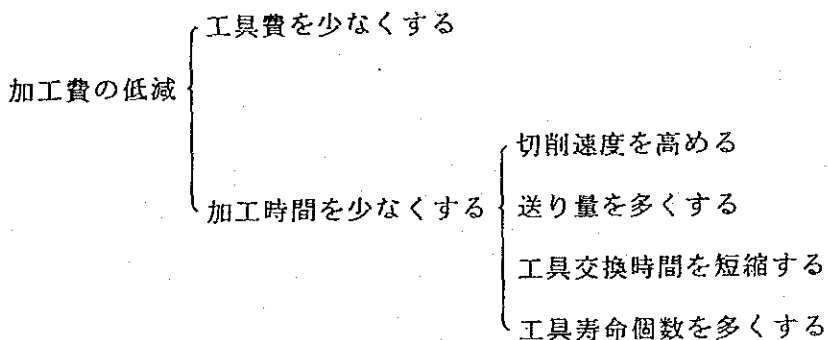
表2 ロウ付けバイトに対するスローアウェイバイトの工具比率

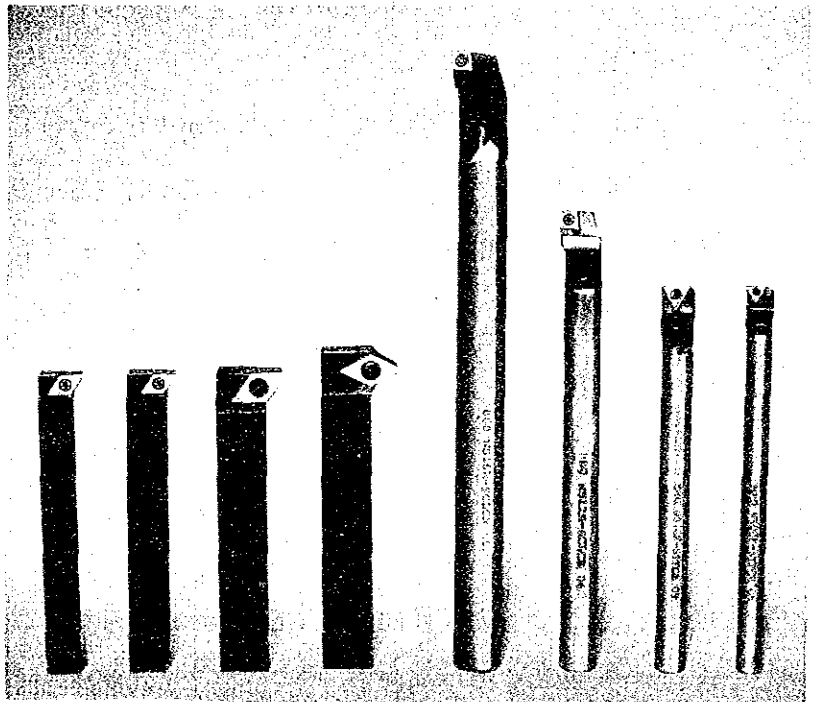
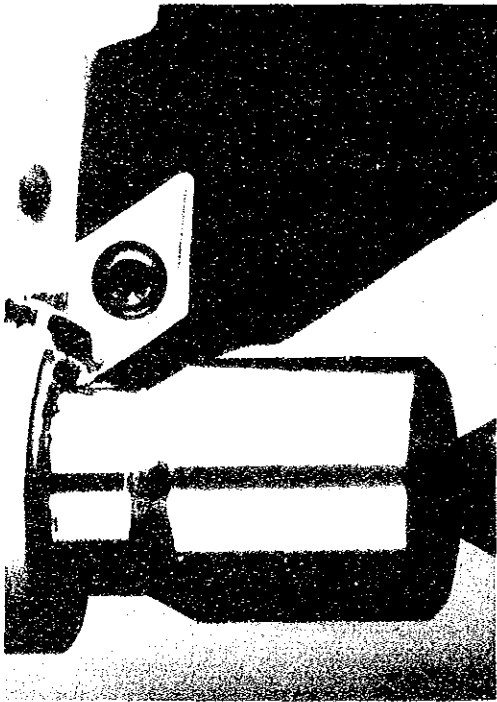
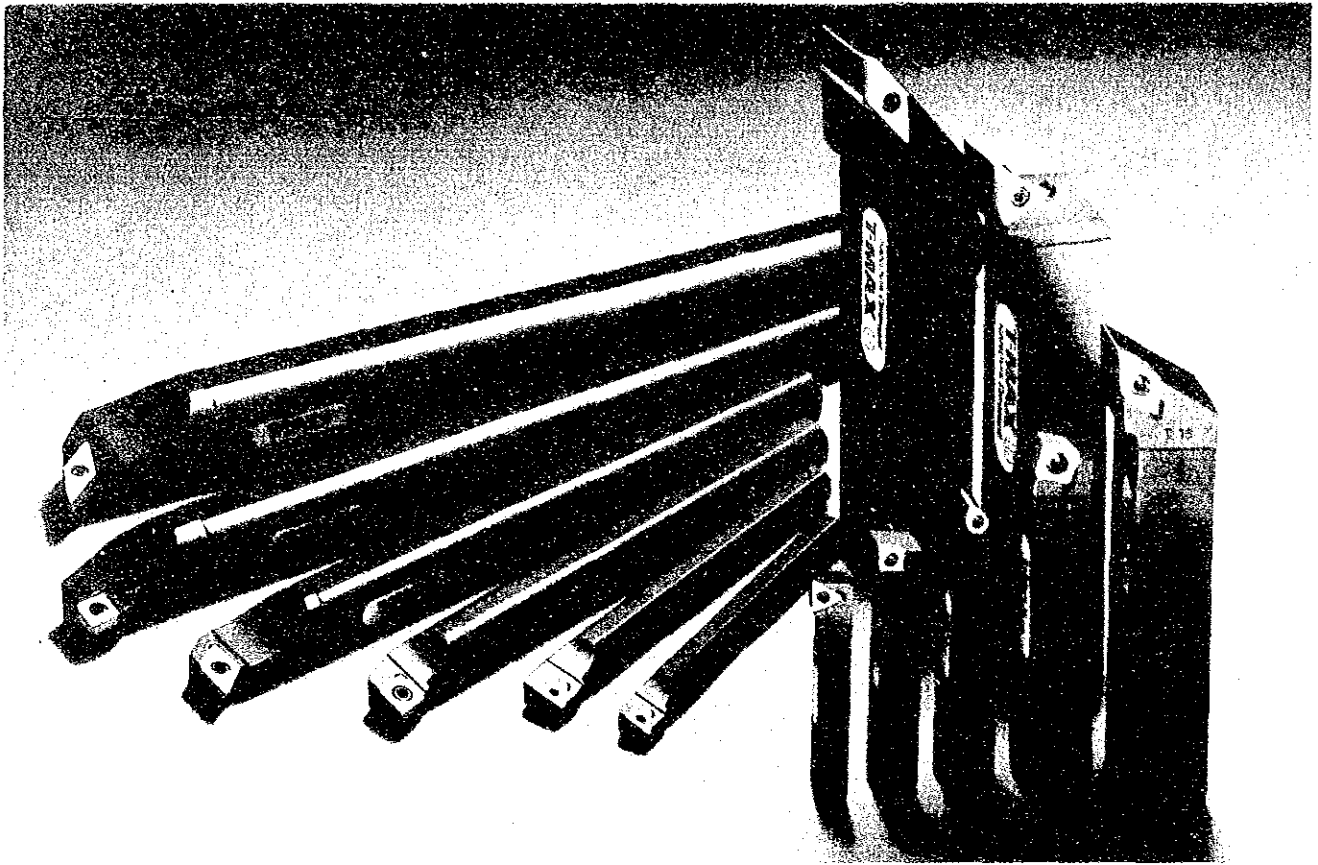
種類	被削材		J I S 31-3 相当				J I S 33-4 相当			
			鋳 鉄		鋼		鋳 鉄		鋼	
	工具費	比率	工具費	比率	工具費	比率	工具費	比率		
ロウ付けバイト			130	1	153	1	168	1	194	1
スローアウェイ バイト	Aバイト	G級	84	0.65	104	0.68	91	0.54	112	0.58
		M級	54	0.42	60	0.39	59	0.35	67	0.35
	Bバイト	G級	89	0.68	95	0.62	96	0.57	104	0.54
		M級	59	0.45	64	0.42	65	0.39	70	0.36

(ただし鋼切削用にはチップブレーカがついている状態です)

■ 加工費

いかに工具費が低減されても、加工費が少なくなければ有利であるとはいえません。スローアウェイ工具の本当の目的は、工具費の低減もその一つだが、それ以上に工具交換に要する段取り費の削減や複雑な工程も合理的なツールレイアウトによって生産を高めることができるからです。

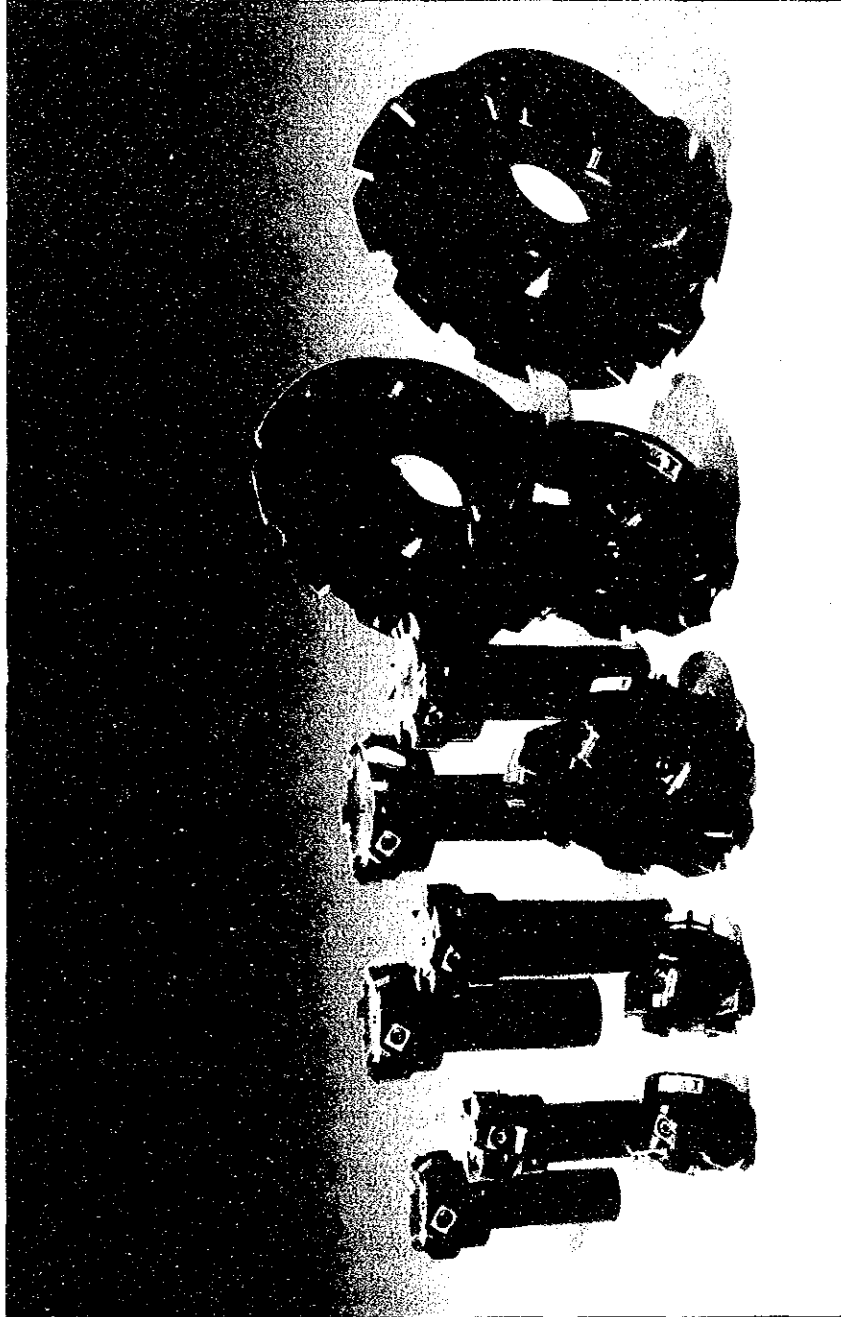




左側：外径旋削用

右側：内径旋削用

添付資料付図：旋盤用スローアウェーホルダーの例



添付資料付図：ミリング加工用スローアウェーホルダーの例