

多様化する消費者の要望に対応するため、工場では、多種少量生産が進んでいる。製造工程の省力化・自動化をはかるためには、どのような機械設備が用いられているのだろうか。

1 生産システムを構成する設備と技術

5

1 自動加工システムを構成する機械設備

私たちの身のまわりにある自動車やパソコン、衣服・食品・住宅などの製品

は、その多くが機械を用いてつくられている。これらの各種機械は、工作機械を中心とした生産システムでつくられる。

生産システムは、一般的に、加工・組立・検査・搬送の各サブシステムから構成され、加工では切削加工用のNC工作機械、組立では自動組立専用機械や産業用ロボット、検査では三次元測定機、搬送では無人搬送車などが使用されている。

10

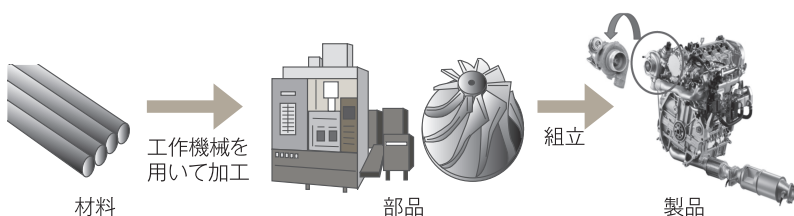
(a) NC工作機械 工作機械は、金属などの材料を加工して、部品を製作する機械である。その部品を組み立てて、新しい製品や機械がつくり出される。

15

工作機械のうち、デジタル情報で制御される工作機械をNC工作機械^①という。図1に示すような加工プログラムに従い、工作物・

① numerically controlled machine tool

ほとんどのNCは、マイクロコンピュータと大容量のメモリを備えたCNC (computerized NC) であり、プログラム制御コントローラに指示し、各部を動作させている。



T01M06; G90G57G00X60.0Y-5.0; G43Z30.0H01; M03S1590; Z0; G01X-3.0F310; G00Z30.0M05; G91G28Z0; G28X0Y0; M01;	1番の工具に工具交換 絶対値指令でワーク座標系57番を使用、X・Y軸を指示位置まで早送り 工具長補正し、加工面から30.0mmの距離までZ軸を早送り 1590 (min ⁻¹) で主軸を正方向に回転 Z軸を加工高さまで早送り 310 (mm/min) にてX軸を指示位置まで切削送り 30.0mmの高さまでZ軸を早送り、主軸回転停止 増分値指令でZ軸を機械原点復帰 X・Y軸を機械原点復帰 オプションストップ
---	---

図1 NC工作機械による加工例とマシニングセンタのプログラム例

切削工具の位置決めや回転などの主要な動作を自動的に行う。NC工作機械は、複雑な加工経路の工作物にも対応でき、加工された製品は品質の均一性が高い。

加工プログラムは、自動プログラミング装置などにつくられ、

5 NC工作機械に転送される。加工プログラムの変更により、さまざまな加工が可能となるので、ジグ^❶の設計・製作や加工の段取りなどに要する時間と経費を大きく削減できる。

表1に、代表的なNC工作機械であるマシニングセンタ^❷、NC旋盤、ターニングセンタ^❸の特徴・構造・加工品例を示す。

- ❶ p.223参照。
- ❷ machining center
- ❸ turning center
- ❹ 工作物を加工・運搬・貯蔵するために取りつける台。

表1 NC工作機械の例

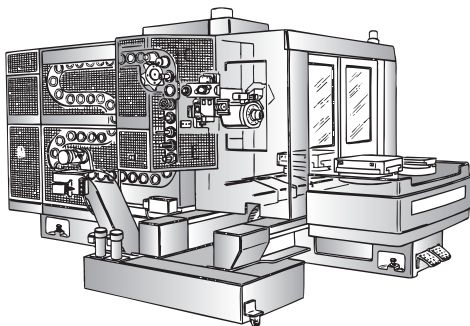


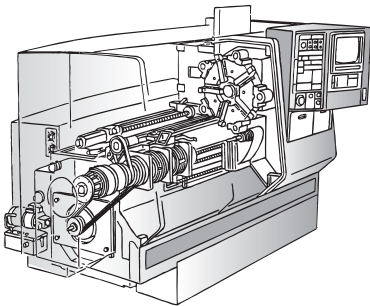
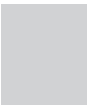
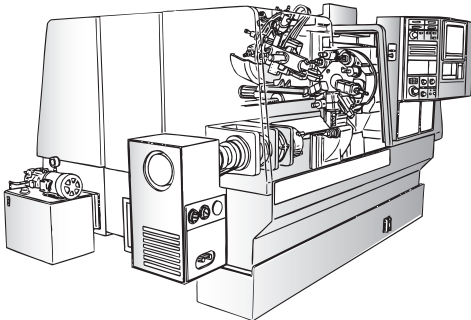
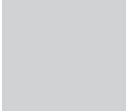
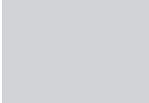
名称	特徴	構造	加工品例
マシニングセンタ	❶ 工作物の取り付け・取りはずしをしないで、平面削り、穴あけ、中ぐりなど複数の加工ができる。 ❷ X, Y, Zの3軸以上の送り機構がある。 ❸ 自動工具交換装置（ATC: automatic tool changer）があり、工作物を取りつけ後、無人運転が可能。 ❹ 自動パレット ^❹ 交換装置（APC: automatic pallet changer）を備えたものは、長時間無人運転が可能。 ❺ 角物形状の加工に適している。		 
NC旋盤	❶ 主軸に取りつけた工作物を回転させ、切削工具を直径方向 X 軸と長手方向 Z 軸に動かし、円筒形状材料を削る。 ❷ 複数の工具を取りつけた円盤状の刃物台が旋回し、自動的に工具交換が行われる。 ❸ 円筒形状の工作物を加工するのに適している。		
ターニングセンタ	❶ NC旋盤の特徴に加えて、主軸を切削送りで制御することができ（C軸制御）、刃物台を X 軸と直角方向 Y 軸に動かすことができる。 ❷ 回転する切削工具を刃物台に取りつけ、穴あけや面加工ができる。 ❸ NC旋盤とマシニングセンタの機能をもつ多機能工作機械である。 ❹ 円筒形状で平取り部や穴のある工作物に適している。		 

図2に自動工具交換装置(ATC)、図3に自動パレット交換装置(APC)の動作原理を示す。

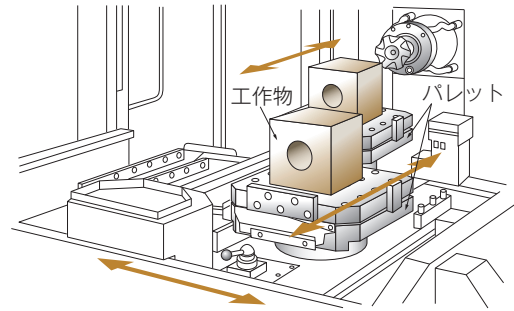


(a) チェンジアーム

(b) 工具マガジン

工具の格納場所である工具マガジンと、工具を交換するためのチェンジアームからなり、工具の選択命令と工具交換命令のプログラムにより、自動的に指定の工具に交換できる。

図2 自動工具交換装置(ATC)



一つのパレット上の工作物を加工している間に、他のパレット上に次の工作物を取りつけておく。工作物を交換するための時間が短縮される。

図3 自動パレット交換装置(APC)

(b) 産業用ロボット 工作物の着脱・溶接・塗装・組立のような複雑な動作を自動化し、人間の体の一部と同じ動作をする機械を産業用ロボット^①という。

① industrial robot

② manipulator

部品などをつかんだり、動かすことを目的とした機械。

③ 関節の直動・回転の組み合わせによる分類。

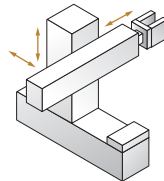
JIS B 0134:1998 参照。

④ material handling

材料などを運ぶこと。

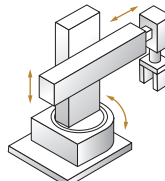
⑤ p.219 参照。

産業用ロボットは、マニピュレータ^②とよばれる人間の手や腕に類似した機構で、部品や工具などを目的の位置に運んだり、各種の作業をプログラムにより実行する。図4に、機械構造形式^③による分類を示す。



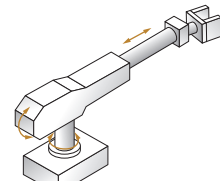
構造が簡単であるが、作業領域が小さい。比較的小型のものが多い

(a) 直角座標ロボット



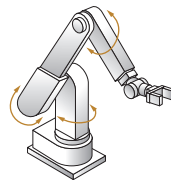
機械が放射線状に配置してある場合の物の搬送^④に適する

(b) 円筒座標ロボット



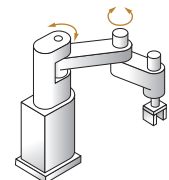
配置スペースが小さく、動きが速い。スポット溶接^⑤などに用いられる

(c) 極座標ロボット



作業領域は広く、複雑な動作ができる。溶接・塗装・組立作業などに用いられる

(d) 垂直多関節ロボット



腕が水平面内で移動する。垂直方向の力に強く、部品挿入などの組立作業に適する

(e) スカラロボット

図4 ロボットの機械構造形式による分類

産業用ロボットは、機械加工システムでNC工作機械と組み合わせることにより、生産性の向上と省力化に大きな力を発揮する。溶接・搬送・塗装などだけでなく、熟練技能者の卓越した動作を取り入れて、複雑な自動組立システムなどにも広く利用されている(図5)。

(c) 計測機械 工作物は、加工後、

設計データと照合し、寸法公差内に加工されたかどうかを検査する必要がある。加工機械上での計測と、計測機械での計測に分けられる。

計測機械としては、たがいに直交する三つの測定軸をもつ三次元測定機^①などが用いられる。三次元測定機は、プローブ^②とよばれる接触子を測定物に当て、寸法や幾何形状^③を測定する。CNC三次元測定機(図6)は、コンピュータにより、迅速に測定データの処理ができる。また、測定データをCAD^④システムに転送したり、設計データをCADシステムから受け、相互のデータを比較することができる。

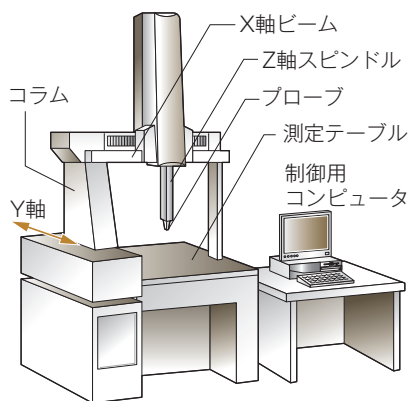


図6 CNC三次元測定機

(d) 物流機器 物を運搬するための搬送機械や、製品などを収納する保管設備を物流機器という。

部品・仕掛品^⑤・治工具^⑥や工作物に取りつけられているパレットなどを自動的に保管し、分配するために用いられる倉庫を自動倉庫^⑦

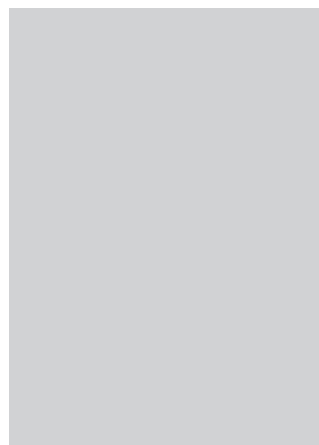


図5 ロボットによる組立てラインの例

① three coordinate measuring machine

② p.154 参照。

③ 真円度・直角度・平面度など。

④ computer-aided design
p.211 参照。

⑤ 加工の途中の工作物のこと。

⑥ p.223 参照。

⑦ automated storage and retrieval warehouse

という(図7)。自動倉庫は、部品出し入れ用のスタッククレーン・収納ラック・これらを制御する制御装置、管理用コンピュータなどで構成される。これは倉庫としての働きだけでなく、収納品の情報を持ち、生産管理上も重要な役割を果たす。

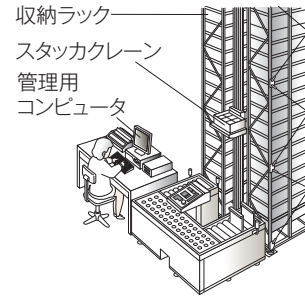


図7 自動倉庫

無人搬送車 (AGV) は、工作物・切削工具・取付具などの運搬を目的とした自走する移動ロボットである(図8)。コンピュータ管理のもとで、工程間や自動倉庫との間を磁気、光、無線などの誘導方式により移動し、自在に経路を変更できる特徴をもつ。そのほかの搬送手段としては、ベルトコンベヤやクレーンなどがある。

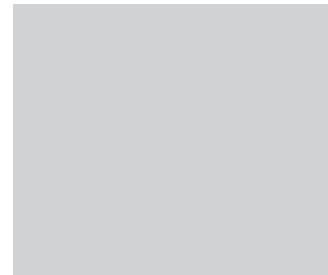


図8 無人搬送車

2 工場を自動化する要素技術

品質の高い製品を、多くの種類・少量ずつ生産し、また需要の変動と短い納

期に応えるためには、生産の自動化が必要となる。自動化を実現するためには、コンピュータを用いた次のような技術があり、図9のような位置づけとなる。

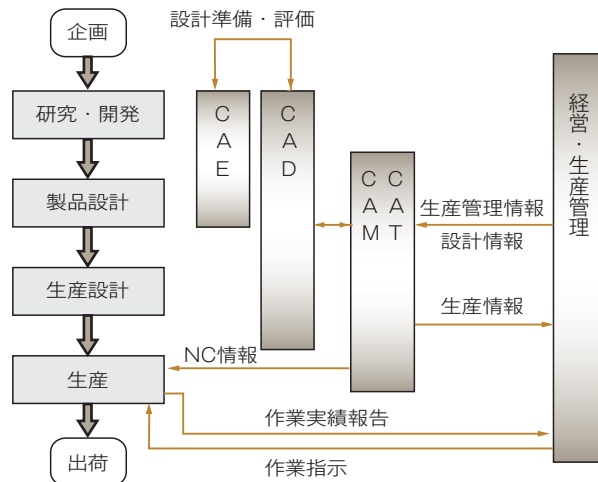


図9 コンピュータ援用システム技術の位置づけ

(a) ^{キャド}CAD^① コンピュータ援用設計ともいい、コンピュータを利用して設計図面を描くシステムである。二次元図形を扱うものと、形状モデルを作成する機能をもつ三次元CADがある。



図10 CAD／CAMの例

CADによる類似品の設計や共通

部分の流用設計で、生産性が飛躍的に向上し、部品の共通化、標準化が容易になった。また、インターネットやLANなどの情報通信技術によって、部門間・企業間などと製品情報を共有することにより、統合化や同時進行を行うコンカレントエンジニアリング^②も確立された。

(b) ^{キャム}CAM^③ コンピュータ援用生産ともいい、CADで得られた設計情報に基づき、NC工作機械の加工プログラムを自動的に作成するシステムである。

CAMには、二次元と三次元のものがあり、図面情報・工具情報・その他のさまざまな加工情報の一元的管理を行えるので、作図や加工のミスを防止することができる。また、設計期間の短縮、設計・加工・品質の標準化、生産期間の短縮、原価の低減などがはかれる。

(c) ^{シーエーイー}CAE^④ コンピュータ援用エンジニアリングともいい、コンピュータで作成した形状モデルに対してのシミュレーション、構造解析などの技術計算を支援するシステムである。

CAEは、新製品の基本設計や詳細設計の段階で、シミュレーションによって設計内容を検討する。シミュレーションの結果、試作の回数を減らしたり、省略することができ、製品の品質や開発効率を

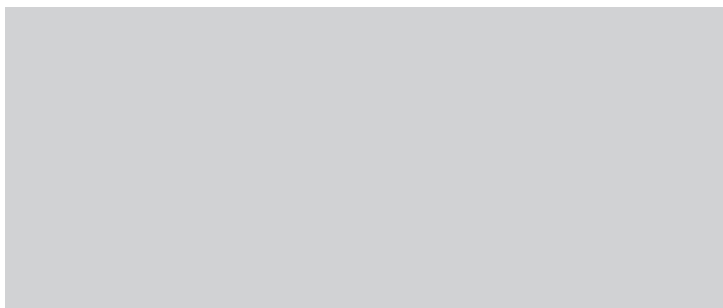


図11 CAEの例

① computer-aided design

② con-current engineering

③ computer-aided manufacturing

④ computer-aided engineering

① computer-aided testing

上げ、コストをおさえることが可能となる。

(d) ^{キャット}CAT^① コンピュータ援用検査ともいい、三次元CADによる製品設計の図形情報を使用して、三次元測定機などで用いる検査データなどを作成するシステムである。

3 生産システムを構築する技術

生産を自動化する技術を用い、生産に必要な設備や機械をネットワークでつ

② factory automation
工場の自動化という意味。

③ flexible manufacturing cell
セルとは最小限の固まりで、細胞という意味。

④ flexible manufacturing system

⑤ computer integrated manufacturing

なぎ、それらを統合して効率的に生産システムを運用していく技術をファクトリーオートメーション (FA^②) という (図12)。FAはフレキシブル生産セル (FMC^③) や、フレキシブル生産システム (FMS^④) の技術で構築される。また、経営・営業・物流など企業全体の情報も含めて統括する技術をコンピュータ統括生産 (CIM^⑤) という。

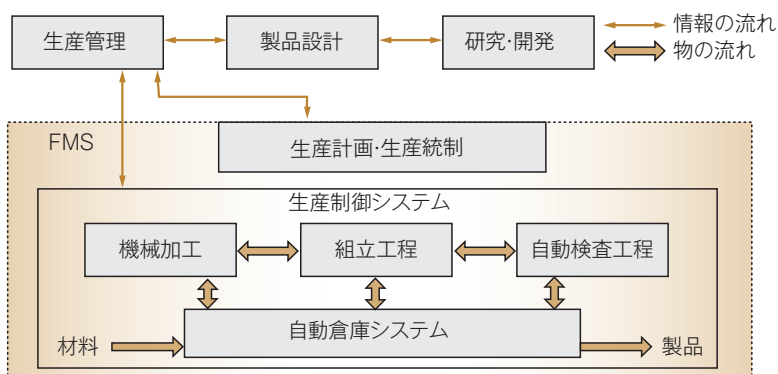


図12 FAシステムの構成図

(a) FMC FMCは、1台のNC工作機械、工作物搬送装置、工作物貯蔵装置と、これらの制御装置から構成される。

工作物を搬送する産業用ロボットやパレットにより、貯蔵装置とNC工作機械の間で工作物が自動的に供給・着脱され、数種類の工作物が自動運転で加工される。図13(a)に、円筒形状の小物部品の

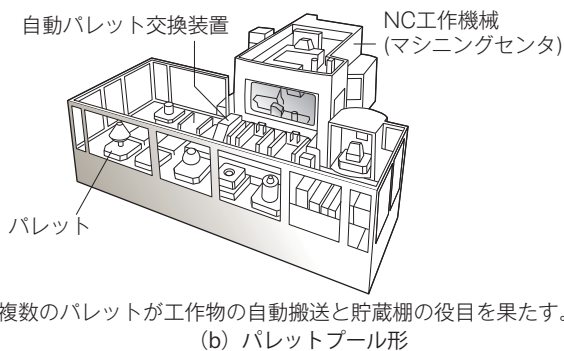
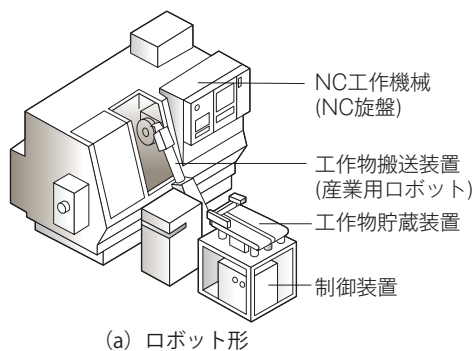


図13 FMCの例

加工に適したロボット形FMC，図(b)に，角物形状の加工に適したパレットプール形FMCを示す。

FMCに無人搬送車や自動倉庫などの機能を加えて，FMSやFAに発展させることができる。

- 5 (b) FMS FMSは，複数のFMCを加工の基本単位として，それらを結ぶ自動搬送装置（無人搬送車・ロボット・ベルトコンベヤなど），材料・部品・工具・パレットなどを自動的に出入庫する保管装置（自動倉庫），各装置を統括的に管理・制御する管理・制御用コンピュータなどのハードウェアで構成される。これらのハードウェアは，生
10 産管理ソフトウェア・機械制御ソフトウェアなどによって管理・制御され，多種少量生産に対応できる柔軟性に富んだ生産システムである。機械部品加工におけるFMSの情報の流れと物の流れは図14のようになる。

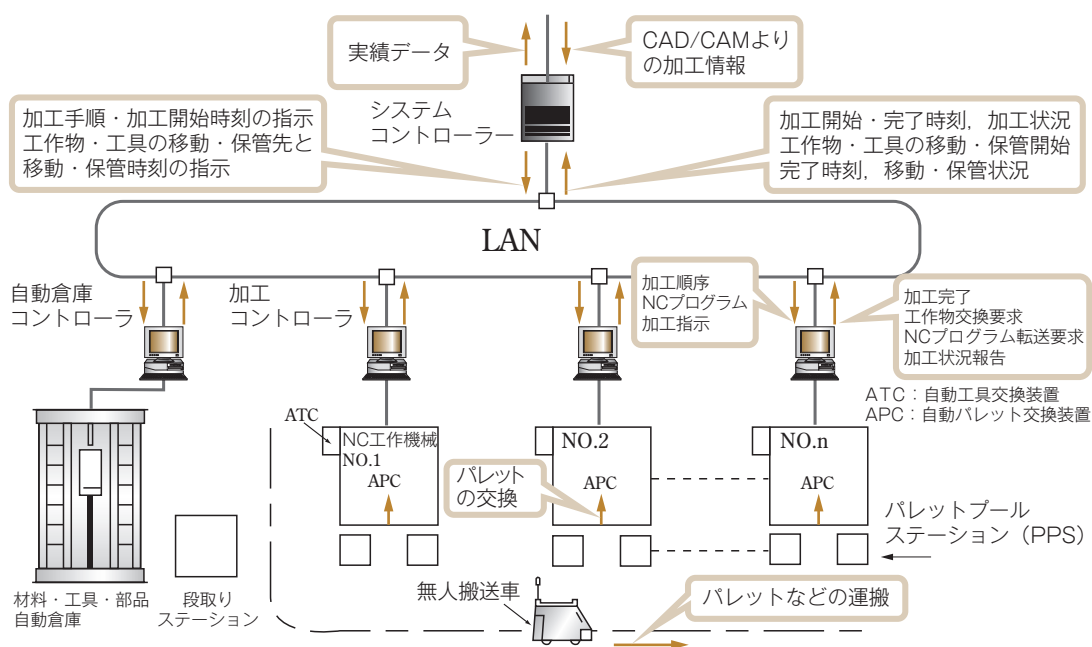


図14 機械部品用FMSにおける情報の流れの例

- 15 FMS (図15) では，CAD/CAMシステムからの技術情報（NC加工プログラムなど）の受信と，生産管理システムの管理情報（工程設計情報・日程計画情報・作業実績情報など）の送受信，および各設備の制御を行う管理・制御用コンピュータシステムが重要となる。

図15 FMSの例

(c) **CIM** 経営・営業・設計・製造・物流などの生産に関係するすべての情報と、FAシステムを統括的に制御・管理することにより、生産活動の最適化をはかるCIMが実現される。このシステムは、大規模な企業で採用されている。図16にCIMの階層構造と、他の生産システムとの関連を示す。

5

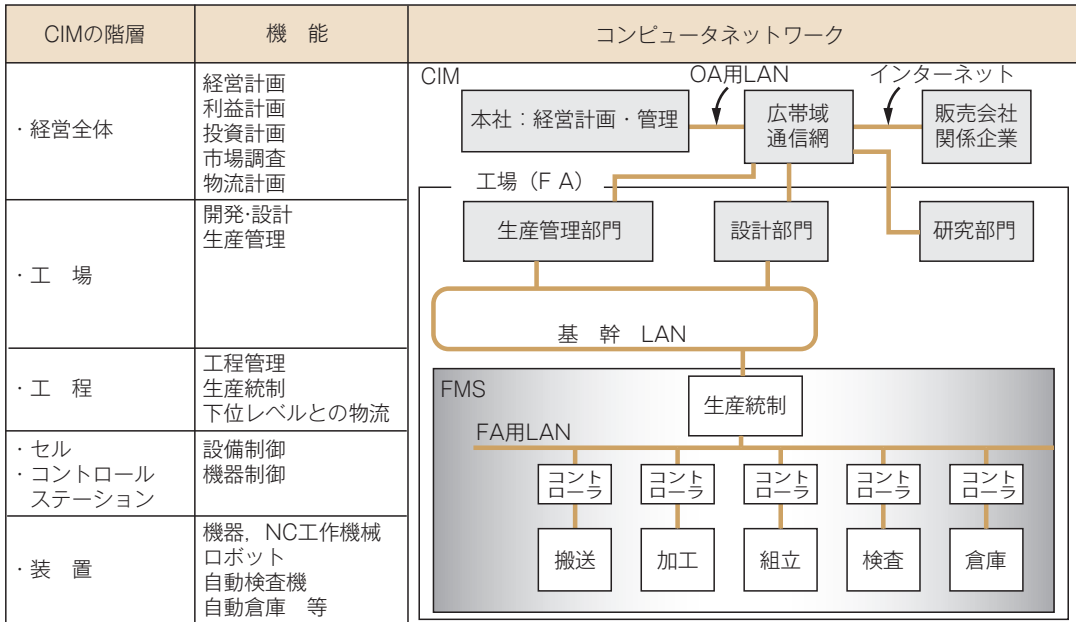


図16 CIMの階層とFMS、FA

(d) **その他の技術** 極端に製品の寿命が短く、品種の変動が激しい情報機器のように、変種変量生産方式をとる産業では、いろいろな作業や工程に柔軟に対応できる人間を活用した生産形態が採用される。このような形態は、U字ライン・セル生産方式・一人生産方式などとよばれる。

10

変動を続ける市場に柔軟に対応するため、生産技術はつねに進歩を続けている。

2 材料の加工技術

生産システムでは、多種多様な製品がつくられ、その材料は多岐にわたる。ここでは、材料の種類と性質を学び、次に基礎的な加工技術の原理と加工方法に関することがらについて学ぶ。

1 機械に用いられる材料

工業製品には、使用目的や環境に応じて、それぞれの特性を生かした材料が使われている。それらの材料を加工するとき、加工のしやすさ、すなわち加工性^①が問題になってくる。

工業材料をおおまかに分類すると、図17のようになる。

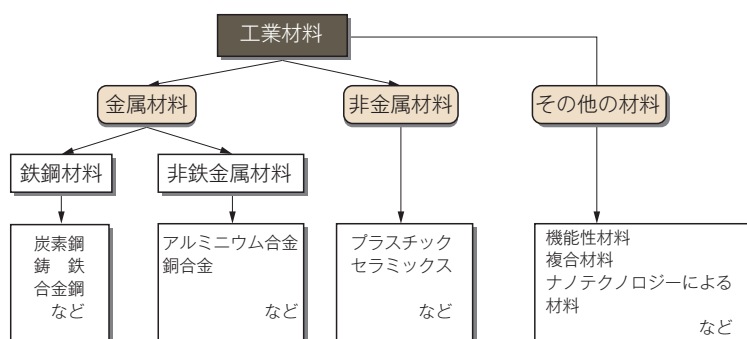


図17 工業材料の分類

2 金属材料^②

金属材料は、一般に強度が大きく、展延性^③にすぐれ、加工性がよい。また、一定の品質のものが容易に入手できることから、工業材料の主体となっている。

●炭素鋼^④…鉄 (Fe) と炭素 (C) を主成分とする合金で、含まれる炭素量が0.02%から約2%のものをいう。炭素含有量によって性質が異なり、炭素量が多くなるほどかたく、展延性が小さくなる。

●鋳鉄^⑤…炭素鋼よりも炭素含有量が多く、けい素 (Si) を数%含む。展延性が小さいが、融点が低く鑄造性^⑥がよいので、複雑な形状をつくりやすい。炭素鋼に比べ、切りくずが短く切削しやすい。

●合金鋼^⑦…炭素鋼に合金元素を加えて、引張強さ・かたさ・耐摩耗性^⑧・耐食性^⑨・耐熱性などを改善した鋼をいう。

●非鉄金属^⑩…鉄を含まない金属をいい、種類が多く、引張強さ・かたさなどの性質・加工性が異なるが、やわらかく展延性にすぐれ、

① workability

② metallic material

③ 力を加えたとき、材料が伸びる、曲がる、薄くなるなどの変形しやすい性質。

④ carbon steel

⑤ cast iron

⑥ 鑄造のしやすさ。溶湯の流動性がよく、凝固時、収縮率が小さい性質。

⑦ alloy steel

⑧ wear resistance

摩耗に強い性質。

⑨ corrosion resistance
腐食に強い性質。

⑩ nonferrous metal

軽い材料が多い。

また、固体の状態の金属材料は、ある温度に加熱した後、冷却することにより、性質を改善することができる。この処理を**熱処理^①**という。炭素鋼の熱処理には、加熱後急冷し、かたくする**焼入れ^②**、焼入れした材料に粘り強さをもたせるための**焼戻し^③**、加工性をよくするための**焼ならし^④**、やわらかくする**焼なまし^⑤**などがある。

5

表2 おもな金属材料と用途例

分類		種類	おもな特徴・用途
鉄鋼材料	炭素鋼	一般構造用圧延鋼材	建築・橋・船舶・鉄道車両そのほかの一般構造用を使用。
		機械構造用炭素鋼鋼材	一般構造用圧延鋼材より、信頼性が高い。軸・歯車などの機械部品などの構造用を使用。
	合金鋼	機械構造用合金鋼鋼材	Cr、Niなどを添加。機械構造用炭素鋼鋼材より強力で、耐摩耗性が大きい。ボルト・軸類などの機械部品に使用。
		高速度工具鋼鋼材	C、W、Cr、Vなどからなり、かたさや耐摩耗性にすぐれている。バイトやドリルなどの切削工具として使用。
	ステンレス鋼	ステンレス鋼	Cr、Niなどからなり、鉄鋼類の欠点のさびやすい性質を改善し、耐食性や耐熱性がよい。建築内装・刃物・機械部品に使用。
非鉄金属材料	鋳鉄	ねずみ鋳鉄	耐摩耗性や振動を吸収する性質がよいので、工作機械部品や軸受など各種鋳物に使用。
		アルミニウム合金	軽量でさびにくく、合金にすると強度が高まる。質量に対する強さが大きい。航空機材料・車両エンジンに使用。
		銅合金	亜鉛との合金の黄銅、すずとの合金の青銅は鉄鋼より耐食性がよい。装飾品・電気機器・機械部品に使用。
	高力チタン合金	高力チタン合金	チタンとアルミニウム、バナジウムの合金で、質量に対する強さが大きく、耐食性・耐熱性・展延性・铸造性・溶接性がよい。タービンブレードや自動車部品に使用。

3 非金属材料

非金属材料は、私たちの身のまわりの工業製品にも多く使われている。例と

して、**プラスチック^⑥**・**ゴム**・**セラミックス^⑦**などがある。

表3 非金属材料の一例

名称	特徴	用途
プラスチック (合成樹脂)	軽く、絶縁性・防湿性・耐食性にすぐれる。熱や圧力を加え、成形加工で大量生産が可能。着色しやすい。機械構造用部品として使用するものは、エンジニアリングプラスチックとよばれる。	自動車のハンドル、コンソールパネル、歯車
セラミックス	アルミナなどの無機化合物から化学的に製造されたものの総称。圧縮に強く、高温でもかたさが低下しない。衝撃に弱い。ファインセラミックスは、精製された人工原料を高度な加工技術によって高温で焼成したもの。	切削工具材料、ディーゼルエンジンのグローブラグ

4 その他

金属材料・非金属材料のほかにも、環境に配慮し、生産のコストを下げ、多様な需要に応えるための材料の開発が続けられている。表4に、それらの材料を示す。

表4 いろいろな材料

分類	種類	特徴・加工法	用途例
機能性材料 ^①	焼結合金	金属の粉末を金型に入れ、加圧・成形して加熱し、焼き固める。	焼結含油軸受 焼結小形歯車
	超伝導材料	きわめて低い温度で電気抵抗がなくなる物質。加工がむずかしい。	リニアモーターカー
	形状記憶合金	塑性変形が可逆的で、温度を変えるともとの形状に戻る性質をもつ合金。	エアコンの配管用油圧系配管継手
複合材料 ^②	繊維強化プラスチック (FRP)	プラスチックに、強化材としてガラスや炭素などの繊維を複合した材料。	自動車ボディー 医療関係
	繊維強化金属 (FRM)	金属を母材に、炭化けい素、アルミナなどの繊維を強化材として複合した材料。	ピストン
ナノテクノロジーによる材料	フラーレン	炭素原子が結合した球状分子である。繊維強化プラスチック (FRP) などに添加され、使用されている。	テニスラケット
	グラフェン	炭素と水素が結合したベンゼン環をシート状にしたものの。複数枚重ねたものをグラファイトという。	シリコンに代わる半導体材料
	カーボンナノチューブ	グラファイトを円筒形にしたもの。15nmより細くなると半導体になる。	有機半導体、各種電池の電極材料、複合材料

3 機械工作法

機械工作法とは、材料を加工し、製品をつくり出すのに用いられる加工法をいう。材料の性質に応じて、いろいろな加工法が用いられる。不良品の発生を減少し、効率的な生産をするためには、適切な加工法(表5)を選択することが必要である。

表5 加工法の分類

原 理	おもな加工法
材料を融点以上の温度に加熱し、融解する(可融性)。	鋳造・溶接
材料に大きな力を加え、延ばしたり、薄くする(展延性)。	鍛造・プレス加工
材料に力を加えてその一部を削り取る(被削性)。	切削加工・研削加工
電気・光などのエネルギーを用いる。	放電加工・レーザ加工

1 鋳造

溶解した金属^③を^{い が た}鋳型^④の中に、流し込んで固まらせ、目的の形をつくる工作法を^{ちゅうぞう}鋳造^⑤といい、その製品を^{い も の}鋳物^⑥という。

鋳造は、鋳鉄・アルミニウム合金・銅合金などの鋳造性のよい金

① high performance material

電氣的、磁氣的、工学的、化学的に特別な作用をする性質をもつ。

② composite materials

2種類以上の材料を組み合わせて、よりすぐれた性質をもつ。

③ molten metal
「湯」という。

④ mold

⑤ casting

⑥ casting

安全 湯はひじょうに高温であるため、適正な服装と保護具を身につけ、湯の出し入れは、合図で慎重に行い、やけどに注意する。有害ガスが発生する場合があるため、換気が必要になる。

- ① sand mold casting
- ② die casting
- ③ lost wax process

属材料を用い、複雑な形状の製品をつくらることができる。また、小さな自動車部品から工作機械の大形部品まで生産できる特徴がある。

鑄造法には、砂を突き固めた砂型を用いる**砂型鑄造法**^①(図18)、金属材料を削ってつくった金型を用いる**ダイカスト法**^②、ろうを溶かして鑄型をつくる**ロストワックス法**^③などがある。

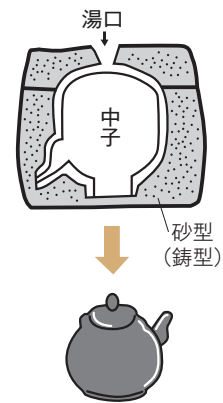


図18 砂型鑄造法の例

2 塑性加工

- ④ deformation processing
- ⑤ forging
- ⑥ press working

安全 プレスブレーキなどのプレス機を使用するときは、安全装置を用いて慎重に操作し、けがに注意する。

- ⑦ die forging
- 鍛造用型を用いて成形する方法で、最も多く行われている。

金属に大きな力を加えると変形し、その力を取り除いても変形が残ることを**塑性変形**という。また、これを利用した加工を**塑性加工**^④という。

代表的な塑性加工は、**鍛造**^⑤(図19)と**プレス加工**^⑥(図20)である。

鍛造は、材料を適当な温度に加熱し、ハンマなどによって力を加えながら成形する加工法である。大きな力で加工するので、材料の組織が緻密になり、強さやかたさが増す。鑄造のように複雑な形状の加工には適さないが、粘り強さを重視する車軸・クランク軸などは、鍛造機械を用いて**型鍛造**^⑦により成形される。

プレス加工は、プレス機械と金型を使用し、板材を加工する方法である。自動車のドアやルーフ・ボンネットなどはプレス加工でつくられている。金型の製作は費用と時間がかかるが、大量生産に適している。

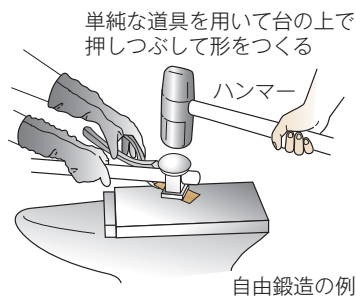


図19 鍛造の例

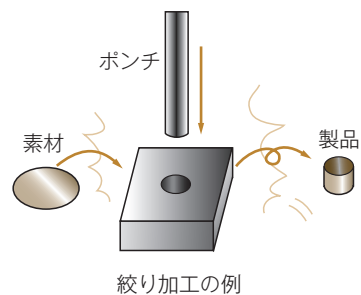
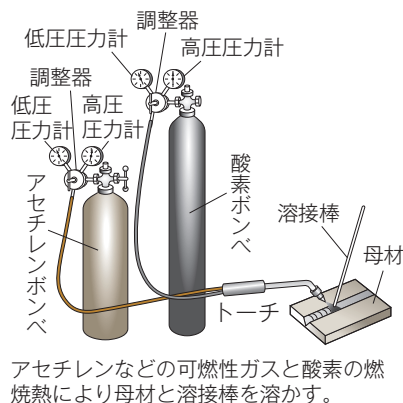


図20 プレス加工例

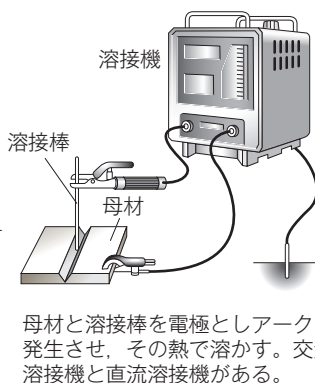
3 溶接

- ⑧ welding

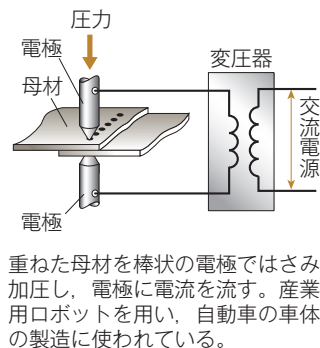
二つの材料(母材)の接合部分を溶融状態にして接合する工作法を**溶接**^⑧という。小さな部品をつくり、それらを接合して、大きな物を製作する。金属材料の接合法として重要な技術である。代表的な溶接法の**ガス**



(a) ガス溶接



(b) アーク溶接



(c) スポット溶接

図21 いろいろな溶接法

溶接^① (図21(a))・アーク溶接^② (図(b))・スポット溶接^③ (図(c))を示す。

4 切削加工

刃物で、材料から余分な部分を削り取り、所要の形にする加工法を切削加工^④という。

一般に、鋳造・鍛造などの切りくずを出さない加工法に比べ、高い寸法精度やよい仕上げ面が得られる。

切削加工では、**工作物^⑤**と**切削工具^⑥**に相對運動を与えて切削する。これに用いる機械を**工作機械^⑦**といい、いろいろな形状の工作物を加工するため、さまざまな特徴をもつ多くの種類がある。

表6に、基本的な切削加工と汎用工作機械の例を示す。現在、機械加工生産システムでは、これらの機械を母体としたNC工作機械が主流を占めている。

切削工具は、削るときに大きな切削力を受け、工作物と切削工具との摩擦で高温になるので、粘り強く高温でもかたさが低下しない耐摩耗性の大きい材料が使われる。

また、切りくずには、材料により、つながるものと、短く分断されるものとがあるが、切りくずの排除が悪いと、工具を破損し、機械の運転を中止しなければならないので、切削条件を調整したり、刃部の角度や形状をくふうする。

このため、生産システムには、機械本体のほかに切削油剤供給・回収装置、切りくず処理装置など多数の付属装置が必要となる。

また、切削工具には、刃部が摩耗した場合に刃部だけを交換できるスローアウェイ工具^⑧が用いられることが多い。

① gas welding

② arc welding

③ spot welding

④ cutting

⑤ workpiece

ワークということもある。

⑥ cutting tool

⑦ machine tool

安全 旋盤などの工作機械を使用するときは、巻き込まれないように手袋はつけない。また、適正な服装と保護具を身につけ、切りくずに注意して作業する。

⑧ throw away tool

表6 参照。

表6 切削加工と工作機械の例

加工の種類	説明	切削工具	工作機械
旋削加工	工作物に回転運動を与え、刃物台に取りつけたバイトを移動させ、円筒面を加工する。		
フライス加工	フライスやエンドミルとよばれる刃物を回転させ、テーブルに取りつけた工作物の平面や溝を加工する。		
穴あけ加工	回転させたドリルを軸方向に移動させ、テーブルに取りつけた工作物に穴をあける。		

- ① lathe
- ② milling machine
- ③ drilling machine
- ④ grinding
- ⑤ grinding machine

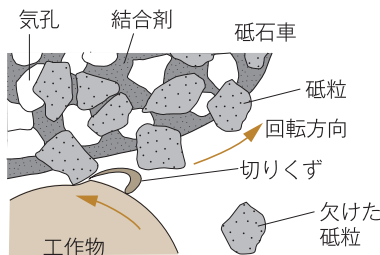
5 研削加工

研削加工^④は、^{といし}砥石車を高速回転させ、鋭利なかない砥粒の切れ刃で工作物を削り取る加工法である(図22)。研削加工では、焼入れ鋼の加工や精度の高い加工ができる。研削加工用の工作機械を研削盤^⑤という。

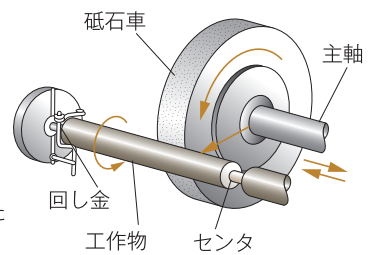
安全 破損した砥石、切りくずや工作物の飛散に注意し、遠心方向には、立たないようにする。

砥粒は、切削により欠損していくが、次々と新しい砥粒が現れるため、砥石の切れ具合は変わらない。これを切れ刃の自生作用という。

砥粒：刃物の働きをする。
結合剤：砥粒と砥粒を結びつける。
気孔：切りくずの逃げ場になる。



(a) 砥石車の3要素



(b) 円筒研削

図22 研削加工の原理

6 その他の加工技術

セラミックスなどのかたい材料の加工や、より高い精度が要求される加工に

対しては、電気・光などのさまざまな加工エネルギーを用いる加工法(特殊加工)が行われる。

5 **放電加工^①**は、絶縁抵抗の大きい加工液の中で、工具と工作物を電極として、わずかなすき間で対向させ、火花放電のエネルギーを利用して金属材料を溶解、あるいは蒸発させる加工法である。放電加工は、焼入れされた鋼や超硬合金などのかたい材料の加工、あるいは複雑な形の加工が容易であり、加工精度も高い。

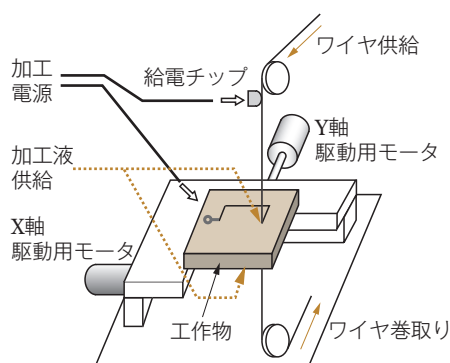
① electric discharge machining (EDM)

10 放電加工機の電極には銅や黒鉛が用いられ、**ワイヤ放電加工^②**(図23)では、細い銅または黄銅線などが用いられる。

② wire-EDM

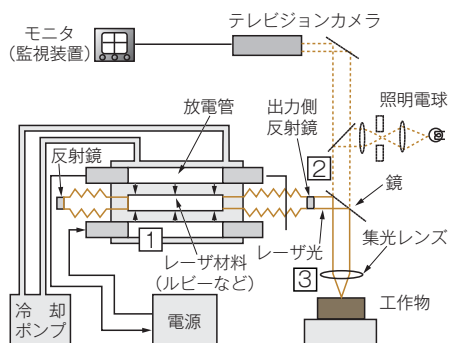
15 **レーザ加工^③**は、炭酸ガスレーザなどの高エネルギーのレーザを用い、穴あけ・切断などを行う加工法である(図24)。従来の工作機械ではむずかしかった微細な穴あけや、かたい材料の切断が可能である。

③ laser beam machining



NC制御により、その電極を移動させ、複雑な輪郭形状を加工する。プレス打ち抜き金型の加工に用いられる。

図23 ワイヤ放電加工の原理



① 放電管を出た光→②レーザ材料からでたレーザ光は反射鏡でフィードバックされ出力増大→③レーザ光を集光レンズにより工作物の一点に集める。

図24 レーザ加工の原理

4 加工工程の設計

① process

② process design

③ 切削工具の選択や切削条件などの詳細を決めること。

④ JIS B 0122:1978 加工方法記号。

図26の工程の欄をみると、

記号	工作機械等
SW	金切りのご盤
L	旋盤
D	ボール盤
M	フライス盤
HQ	焼入れ
G	研削盤

の順に加工されることがわかる。

⑤ 各工程の作業内容を加工部門に指示するための伝票で、一般的に工程表に基づいて作成される。

1 工程設計の基礎

材料を加工し、形状や性質を変化させ、製品にしていく過程を**工程①**という。

材料・機械工作法・機械設備その他の知識を使い、図面に描かれている完成品の形状や精度、材質などの設計情報をもとに加工方法や加工順序、加工機械、治工具、作業標準時間などを決めることを**工程設計②**という。図25に、工程設計の処理の流れを示す。

工程設計は、生産準備として重要な役割をもち、作成された工程表は加工部門だけでなく、日程計画・設備計画・原価管理にも用いられる。工程設計データに基づき、より詳細な**作業設計③**が行われる。

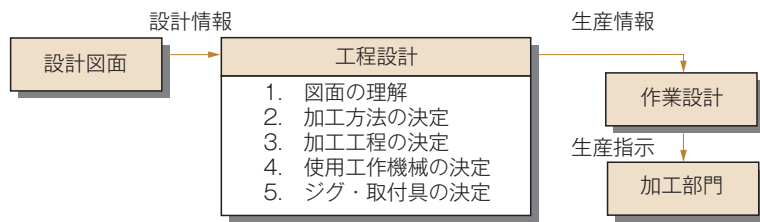


図25 工程設計の位置づけ

加工工程を表すために、加工方法記号がJISに規定④されている。これらの記号は、図面・見積書・工程表・作業票⑤などの中に記入され、計画・資材・加工・検査などの工場のさまざまな部署で共通に使われる。図26に、記号を使用した作業票の例を示す。

製番 T 1189			機種 A35L	図号 A267461	科目 S	材質 S55C			
	片号 4201		品名 シャフト	木型番号	単位個数 1	所要個数 20	材料寸法 38×213		
節	区分	工程	標準時間	工作要領	作業者	材 不	工破	其 他	出来数 検査
0	10	—11	SW		材料切断				
1	11		L	0.6	外径の丸削り				
2	12		D	0.5	M8ネジ				
3	13		M	0.8	キー溝				
4	14		HQ		焼入れ				
5	15		G	0.6	研削				

素材 → 丸削り → 穴あけ・ねじ・キー溝加工

図26 作業票の例

2 加工工程の効率化

部品を加工するには、工作機械と切削工具に加えて、材料を機械に固定するための道具が必要である。

この道具をジグ^①または取付具^②という。一般に切削工具の案内部^③をもつものをジグ、案内部のないものを取付具とよぶ。また、取付具・ジグ・工具を総称して治工具という。

治工具は、旋盤のチャックや、ボール盤・フライス盤の万力のように、汎用性のある標準的な治工具と、ある工作物に専用の治工具とに大別される。

ジグや取付具は、適切に使用すれば加工精度を高めるとともに、段取時間を減少し、効率的な加工を可能とする。

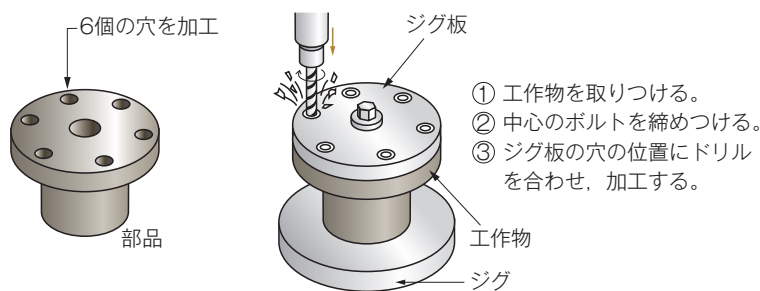


図27 穴あけジグの例

図27のように、穴あけジグを使用して加工した場合は、表7の(1)、(2)の作業をはぶくことができるだけでなく、ジグの精度を高めることによって穴の位置のばらつき^④が小さい加工ができる。

表7 作業内容の比較

	ジグを使用しない場合	穴あけジグを使用した場合
(1)	けがきをする。	不要
(2)	穴の場所にセンタポンチ ^⑤ を打つ。	不要
(3)	ドリルがポンチの印に合うように穴をあける。	ドリルをジグ板の穴に合わせて穴をあける。

しかし、穴の位置や径の設計変更が必要になると、ジグもつくりなおさなければならず、むだが生じるので、生産数量と製作経費を考え、専用のジグや取付具を導入するか、しないかを決定しなければならない。生産方式の違いにより、総合的に生産コストの低い加工工程を考えることがたいせつである。

問 1 ジグを使用する利点を箇条書きにせよ。

- ① jig
- ② fixture
- ③ guide

切削工具を加工する場所にもっていくためのガイド。

- ④ dispersion

測定値の大きさがそろっていないこと。

- ⑤ center punch

工作物に印を打つための工具。ドリルで穴あけするときの中心に目印の点を打つのに用いる。

生産システム における安全

生産システムに用いられる設備や機器は、不適切な取り扱いをすると大規模な事故や災害を引き起こす可能性があるため、安全への配慮が必要である。

1990年ころまでは、日本における生産現場の安全管理は、経験豊富な熟練技能者に依存した方法が主体であった。しかし、2000年ころからの熟練技能者の減少により、新たな安全対策が求められている。

新たな安全対策では、「作業者が危険に注意する」のではなく、「作業現場から危険そのものを除去する」ことに重点をおく事故防止の考え方に移行してきている。また、労働安全衛生法でも、リスク管理（リスクマネジメント）からリスク調査（リスクアセスメント）を行い、危険性や有害性に対して、必要な処置をとることが求められている。図28にはロボットによる生産ラインの安全技術例を示す。

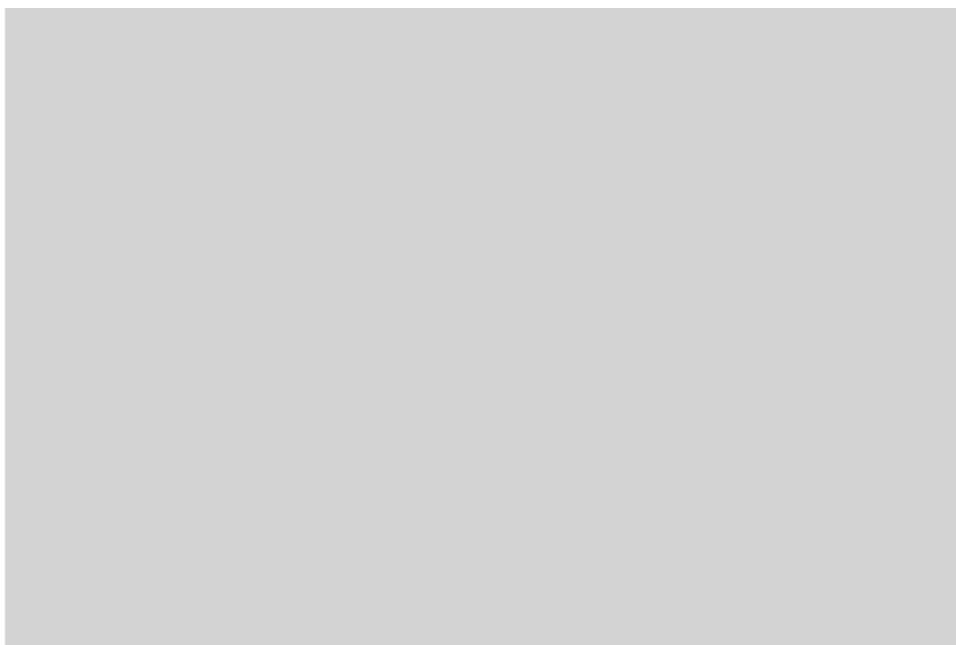


図28 ロボットによる生産ラインの安全技術例

5

10