

文献調査結果(技術動向)

目 次

1.設計製図.....	186
(1) 製品設計・部品設計.....	186
(2) 設備設計.....	188
(3) 治工具設計.....	191
(4) 金型設計.....	193
(5) 生産システム設計.....	195
(6) 機械制御.....	197
2.改質加工.....	200
改質加工.....	200
3.除去加工.....	203
(1) 電気化学加工.....	203
(2) 機械加工.....	206
(3) その他の加工.....	208
4.変形・成形加工.....	210
(1) 塑性加工.....	210
(2) 射出成形加工.....	212
(3) 鑄 造.....	214
5.付加加工.....	217
(1) 溶 接・接 合.....	217
(2) 被覆加工.....	221
6.組立・仕上げ.....	224
(1) 組 立.....	224
(2) 仕上げ.....	226
7.測定検査.....	228
(1) 測 定.....	228
(2) 機械的検査.....	231
(3) 金属学的検査.....	233
(4) 非破壊検査.....	235
8.保守管理.....	238
(1) 生産工程管理.....	238
(2) 品質管理 (2) 品質管理.....	241
(3) 機械保全.....	244
(4) 金型保守・保管.....	245
【複製・引用・参考資料一覧】.....	248

1. 設計製図

(1) 製品設計・部品設計 設計製図

■ 技術の概要

設計とは、「機械類の製作や建築・建築土木工事に際して、仕上がりの形や構造を図面などによって表すこと」(大辞林 三省堂)となっており、設計においては最終的に何らかの媒体によって設計図面に仕上げるのが目的になる。

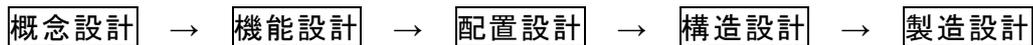
しかしながら、設計に対する正解は一つでなく、設計者は、品質やコストを満足させ、設計者の考えた設計意図を実現させるために寸法基準を決め、寸法公差、幾何公差を考えて記入する。さらに、材料の指定や表面処理の指定も行う。

機械は、多くの部品を組み合わせる目的はたらきをするため、目的に合った機械を作るには、部品設計における段階から、材料を選び、加工、組立へ配慮することが重要である。

設計をする場合は、JIS(日本工業規格)と呼ばれる規格を守る必要があり、製品規格(製品の寸法・形状・品質・機能などを規定)、方法規格(試験・検査・分析・測定の方法や作業標準を規定)、基本規格(用語・記号・単位などを規定)を定めている。

製品設計は一般的に、概念設計に始まり、機能設計、配置設計、構造設計を経て具体化し、最終的に製造設計をもって、生産現場に移行する。

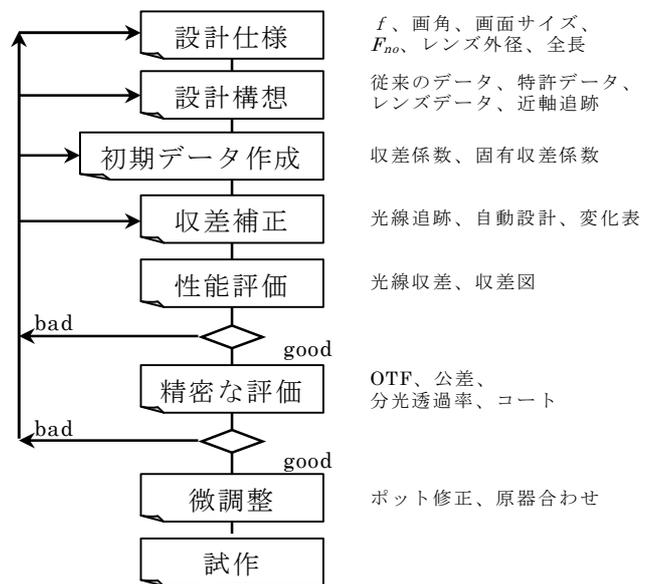
[設計プロセス]



光学設計

光学設計は、一般的な設計の分野と異なり、設計の組立が根本から異なっている。それぞれの部分機能が分離できず、お互いが関連し合っ一つの機能を満足するため、逆解析で設計を行うことはできない。レンズ設計の一般的な手順を右図に示す。

レンズ設計の手順は、まず仕様の設定から始まり、その後の何回もの試行錯誤となる収差補正作業を経て、光学系の性能の精密評価へと続き、その一連の繰り返しで行われる。



出典：レンズ設計 高橋 友刀 著／東海大学出版会

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

多くの設計手法は計算機の誕生とともに生まれ、20世紀後半の大量生産大量消費時代に大きく飛躍した。設計手法の必要性は、設計の効率化と高度化、言葉を置き換えれば、量的向上と質的向上にある。

現在の設計ツールとして最も使用されているのがCADである。CADとは、コンピュータ支援設計(Computer Aided Design)の略で、コンピュータと対話しながら設計・

製図を行うシステムである。製図作業の大幅な効率化をはたし、設計・製図作業における「革命」といわれている。

さらに、コンピュータ上のデータを下流の生産工程で有効に活用するために、CAM(Computer Aided Manufacturing)、CAT(Computer Aided Testing)など、逆に上流で強度や振動などを解析するために CAE(Computer Aided Engineering)などの技術が開発され、統合して CIMS(Computer-integrated manufacturing system)という概念に発展した。

従来の製図台を利用した作業には、長年の経験と細やかな神経が要求される上、一人前になるには何年も経験を要した。しかし、CAD はある程度基礎知識を覚えるだけで、未経験者でもベテランと同じ図面を描くことができる。

これまでであった図面作成作業の経験の壁が無くなり、未経験者では難しいと思われがちであった設計・製図作業の分野は、誰もが目指せる分野となった。

光学設計

光学系の技術進歩も、重要な技術革新がいくつかあった。光学設計を支える基盤技術として、主に計算機の発達、コーティング技術の発達、光学ガラスの発達等があった。特に、古くからその時代の最新のコンピュータを使い、多くの計算が行われてきた。戦後 40 年の間に、計算機の処理能力は 10^6 にも及びレンズ設計技術の進歩に大きく貢献した。

■ 技術の利活用状況

製品開発のライフサイクルコストは、設計終了段階で全ライフサイクルコストの 80% が確定してしまうといわれている。これは、試作調達、製造組立以降の変更は大きな後戻りを発生し、製品開発にコスト、スケジュールの両面から甚大な影響を与えることを意味する。このため、上流の概念設計段階で可能な限り種々の側面から検討を行うことが重要である。

CAD/CAM/CAE は最も普及している設計手法である。これらの導入によって以下のようなメリットがある。

- ① モデリング
- ② シミュレーション
- ③ PDM(Product Data Management : 製品情報管理)¹

■ 今後の展望・課題

最近、設計に対する要求は高度化、高機能化し、一方では設計を取り巻く環境も大きく変化しているために、多くの領域に及ぶ設計では、個別の領域の設計を同時に考えなければならないような状況も生じ始めている。このように多くの領域に及ぶ設計、すなわち複合領域の設計を種々の観点から最適化、もしくは希求を満足させるような満足化の考え方や方法が重要である。

一方、今後の製品設計においては、環境に対する配慮が求められてくる。省エネルギー化の推進は当然であるが、製品・部品の減量化、長寿命化、分解が容易で材料ごとに簡単に分別しやすいように設計すること、そして、再資源化、廃棄処理に配慮するなど環境適合設計を進めていく必要がある。

¹ 設計や開発に関わるすべての情報を総合的に管理して、作業の効率化や時間短縮を図るシステムのこと。製品を構成する部品の CAD データなどを用いて図面情報や仕様書情報など設計に関わるデータを一元的に管理する。また、資材システム、製造スケジュール、管理などとも連携を図り業務の効率化を図る。

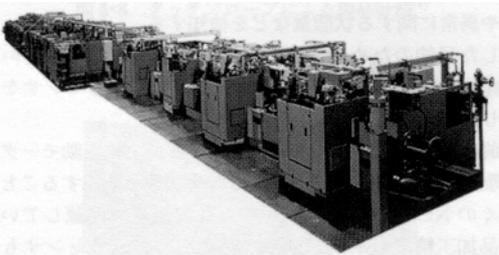
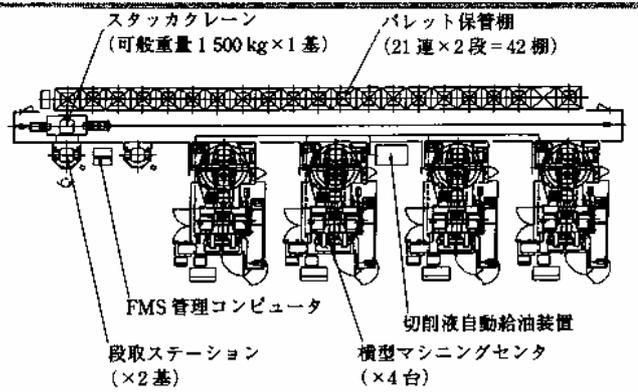
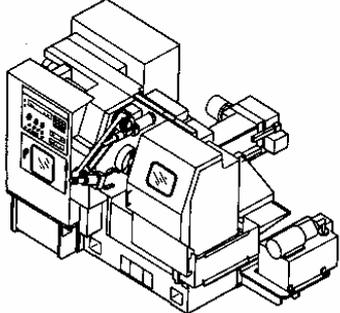
(2) 設備設計 **設計製図**

■ **技術の概要**

機械設備は、生産機械、運搬機械などの作業機械、試験機、検査機などの測定機械、コンピュータ、知能ロボットなどの知能機械などを考える。

生産システムの中での加工設備は、加工機械単独としての基本的な機能のほかに、組立設備・搬送設備などの関連施設と有機的に連携して自動加工を行うための機能を備えていく必要がある場合があり、これらの機械をシステムと考えれば、サブシステム～ユニット～部品などにブレイクダウンされ、部分の集合体で構成されることがわかる。

[加工設備の代表的形態]

<p>●トランスファライン</p> <p>少品種大量生産を経済的かつ能率的に行うために、加工機械をライン状にならべて工作物を順次送りながら加工を行う設備</p>	
<p>●FMS (flexible manufacturing system)</p> <p>小～中ロットの生産を効率よく行うために、柔軟性の高いNC加工機と工作物の自動供給機能、搬送機能を組み合わせ、全体の動きをホストコンピュータで管理するシステム</p>	 <p>スタッククレーン (可搬重量 1 500 kg × 1 基)</p> <p>パレット保管棚 (21 連 × 2 段 = 42 棚)</p> <p>FMS 管理コンピュータ</p> <p>切削液自動給油装置</p> <p>段取ステーション (× 2 基)</p> <p>横型マシニングセンタ (× 4 台)</p>
<p>●FMC (flexible manufacturing cell)</p> <p>無人で複数の動作をするユニットである。1つのユニットで複数種類の製品の組み立て、加工ができる。</p> <p>自動ユニットにバーコードリーダ等の認識装置を付け加え、それぞれのワークに応じた動作をする。</p>	

出典：機械工学便覧 生産システム工学 日本機械学会編／丸善

機械の製作手順は、機械製造企業が製品として製作する場合と、一般製造企業が生産ラインの製造設備として製作する場合で異なってくるが、大まかな流れとして次に示す。

[機械の製作手順]

	項目	内容
1	基本仕様の決定	目的・機能を数値化する
2	構想検討 構想図作成	・ いくつかの案を評価・選択する ・ ポンチ絵で部分・全体を書く
3	計画図作成	部分組立図を原寸で書く
4	部品図作成	・ 部品の加工・組立を確認しつつ図面化する ・ 部品表を作成する、購入品を手配する
5	組立図作成	部品図を総合して組立性・干渉・バランスなどを確認する
6	部品手配	・ 内作部品・外注部品を手配する ・ 材料・要素部品を手配する
7	機械組立	部品を組み立てて完成させる
8	試運転・調整	修正・手直し・性能試験
9	発送・据付	現地立合検査・検収

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

機械設備の設計は、まずどのような仕事をさせるかという機能を定義して、部材の材料を選択し、一定の運動をさせるための部品の加工設計をすることになる。

機能という抽象概念に実体を与える設計は、価値を生み出す思考部門であり、製造原価の80%を決定するといわれるように工場利益の源泉部門でもある。設計部門は機械の製作情報を図面として表し、製造部門へ製造命令を出す指令塔である。

製作情報を書き表すには、機械工学の諸科目の知識を駆使して、企業が持つ機械の固有技術をベースに、図面として統合していかなければならない。技術体系を統合した機械設計の方法が重要になってきている。

■ 技術の利活用状況

具体的な機械設計をすすめる上での特徴的な技術ポイントを示す。

[制御の理解]

機械の設計者は、機械がどのように制御されるか、制御仕様書を示す。

電気制御回路、シーケンス制御、プログラマブル・コントローラ、モータ、油圧・空圧の制御 など

[機構の選択]

高度の信頼性と正確さで動くための、機構を選択する。

平面運動(回転運動・直線運動)、球面運動、らせん運動、ツール駆動、送り方式、送り機構、ワーククランプ

[設計上の留意点]

設計上の留意点として、以下のものがある

- コストへの配慮
- 製作への配慮(加工しやすいこと・組み立てやすいことなど)
- 運搬・据え付けへの配慮
- 運転操作への配慮
- 保守・修理への配慮

■ 今後の展望・課題

機械を設計するために必要な知識・経験は体系立てられておらず、機械をつくりあげるには、各企業社の技術者の設計業務の中で養ったスキルによることになる。

これまで、機械の範囲が広すぎるため、また、企業秘密により、ベテラン設計者のノウハウは公開されなかった。

機械や生産がシステムとして拡がる中、広範な知識が必要とされる設計において、体系的な機械設備設計のノウハウ集が必要になっている。

(3) 治工具設計**設計製図****■ 技術の概要**

治具は、製造工程にて加工物を固定するとともに切削工具などの制御、案内をする装置であり、主に機械加工の際に用いられる。治工具は切削工具や補要工具と同じく、機械加工に欠かすことができない生産財となる。多量生産をする際は、治具を介して、所定位置に加工物を取り付けることにより、加工物の位置の測定や調整をしなくてもよく、作業効率が向上する。

治具は、ベース上に加工物受け部、加工物の基準決めをする位置決めピン、スライド可能にした締付け機構、ドリルブッシュ取付機構により構成されている。

治具設計で設計者がまず考えなければならないことは、「品質・納期・コスト」である。治具設計のプロセスを以下に示す。

[治具設計のプロセス]

	項目	内容
1	設計企画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工程設計により使用設備と加工図面により治具を企画する。 ・ 日程計画を策定する。 ・ 概算費用を見積る。
2	構想図作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最適な機構を検討、選定する。 (加工物の搬入・搬出経路、加工の作業性、段取り替え仕様、設備・装置・治具の動作、基準の設定、全体の大きさ)
3	組立図作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 組立図の作図は JIS に従う。投影図は 3 面図による作図を基本とし、すべての部品の形状が組立図により理解できるようにする。 (標題欄、部品表、注記、投影図)
4	部品図作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 部品図の作図は JIS に従う。(標題欄、部品表、注記、投影図)
5	仕様書決定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要な場合は、仕様書、取扱説明書を作成する。
6	検査・試運転	<ul style="list-style-type: none"> ・ 治具が完成したら、外観チェックの他、検査項目を確認する。 ・ 検査後、取り付け動作確認後、試運転を行う。
7	量産試作	<ul style="list-style-type: none"> ・ 量産試作により、加工データの確認、作業性の確認、サイクルタイムの確認を行う。
8	初期流動管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 量産の実施にともない、チェックリストにより初期流動管理を実施し、ラインの垂直立ち上げの記録として、また、潜在的な問題点の把握と早期の改善が可能にする。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

工作機械の歴史は、生産性向上への努力とその成果の連続であった。こうした中で、工作機械の高性能化、NC 化が進み、製品の多様化、小ロット化、短納期などが求められる中、多様で複雑な生産手法を支援する治具の重要性は高まってきている。

治具を導入することにより、高度な熟練技術を用いずとも製品のバラツキを最低限に抑え、同一形状の製品を迅速にかつ大量生産することができる。現代では金属加工以外の分野も含め、位置決めを行う器具や工具そのものに対して広く用いられるようになった。これにより、生産品質の予測精度を上げ、収益を確保することができる。

[治具の目的]

- ① 作業を簡単にする＝技能レス生産の実現
- ② 稼働率を高める＝多数個取り付け
- ③ 加工品質の安定化＝加工基準の統一化
- ④ 作業の安全性の確立＝生産性の向上

■ 技術の利活用状況

マシニングセンタ導入にともなって、デジタルの3次元測定機で計るようになり、加工誤差の因果関係が明確になってきたことから、生産の立ち上がりに求められるスピードが向上し、標準的なモジュラー治具が登場してきた。下表はマシニングセンタを使った加工に用いられる各種治具の、長所・短所を比較して示したものである。

[治具の種類別に見た長所と短所]

項目	長所	短所
(1) モジュラージグ (標準ジグシステム)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適用性が大きい ・ 調達、準備時間が短い ・ 加工精度の予測が容易 ・ 組立に要する時間が短い ・ 機械への取付け、調整が容易 ・ 保管に大きな容積が不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導入初期に一時的にコストが増大する(ただし、導入数が増えれば、大幅に投資コストは下がる)
(2) 自動割出し機構	<ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的安く設置できる ・ 機械機構に油圧を使って自動化しやすい ・ 取付けが容易で、直で使える ・ 位置決め精度の予測が容易 ・ 1回の操作で複数個取付けられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 強力な取付けができない ・ ワークの保持姿勢に限界がある ・ ジグの取付け姿勢に限界がある ・ ワークの大きさに限界がある
(3) 油圧ワーククランプ機構	<ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的安く設置できる ・ 一般的な加工精度なら実現可 ・ ワークの取付け時間が短い ・ 自動運転化が容易 ・ 1回の操作で形の異なるいくつかのワークの取付けが可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ワークに大きな取付け面を必要とする ・ 機械にユニット取付けのための大きなスペースを必要とする ・ 切粉がつまって問題を起こすことがある
(4) 4/5軸 NC 割出し機構	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工形状の精度が高い ・ 高精度の位置、角度が得られる ・ 単品生産にも柔軟に対応できる ・ 自動化が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産に要する設備費が高い ・ 強力切削ができない ・ ワークが1個しか取り付けられない ・ 他のすべての機械にアタッチメントが取り付くわけではない
(5) 専用ジグ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 部品の高さを問わない ・ 工夫次第で生産性の向上に寄与する ・ 過失の経験、実績を活用できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保管するのに、大きなスペースがいる ・ フレキシビリティに欠ける ・ ジグの重量が大きくなる ・ 設計、製作にスキルな技能を必要とする

出典：IT時代のジグ活用術 佐藤 善治著／日刊工業新聞社

■ 今後の展望・課題

治工具設計では、多くの設計を経験することにより、「品質、納期、コスト」を満たすような設計が可能になる。治工具設計や生産現場で働く人に、治工具の構成、ワークの取付け方などの技術を、教育・訓練などで伝えることができれば、技術の波及効果は高まり、ものづくりに柔軟性が生まれる。

また、生産方式が、少品種多量生産から、多品種少量生産を前提とする今日では、少しでも生産を早く立ち上げることが求められており、モジュラー治具システムの持つ長所・利点を積極的に活用した設計も必要になっている。

(4) 金型設計

設計製図

■ 技術の概要

金型とは、材料の塑性又は流動性の性質を利用して、材料を成形加工して製品を得るための、主として金属材料を用いてつくった型の総称をいう。

金型はそれを使用して作られる製品あるいは部品の材質によって、金属加工用の金型(ダイ)と非金属加工用の金型(モールド)に大別することができる。

[金型の種類]

金 型	ダイグループ	プレス金型
		鍛造型
	モールドグループ	プラスチック用金型
		ダイカスト型
		ガラス型
		ゴム型

金型設計は、製品、部品図面、金型の仕様等を基に、設計を行うことであり、金型の組立図、部品図、材料及び購入部品のリストなどを作成する。

金型の設計及び製図は、CADで行われる。CADとは、コンピュータを使った設計作業のことをいい、これまでの紙面上の2次元図面から、設計段階での成形品形状が3次元CADで表現されるようになった。これにより、金型の設計者もCADを使って、3次元のソリッド設計化が進んでいる。これは、金型表面の形状だけでなく、金型全体を金型部品で組み立てた装置とみなし、すべての部品が3次元化された設計の中に包含されることになる。当然、金型部品加工はCAMデータにより自動加工され、製品設計～金型設計～金型加工の一元化を図ることができる。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

金型による形状転写は、同じものを効率よく安価に製造でき、複雑な形状を高精度に製造できるというメリットがあり、大量生産には最適な製造法となる。

また、金型の製造工程は、製品設計から始まって金型の設計、加工へと、いずれの工程においても最先端の技術が取り入れられている。

- ① 金型による成形のノウハウのほとんどが、金型設計に含まれ、高度な成形技術の知識と金型設計技術が求められる。
- ② 金型は機械部品の中でも複雑な形状を持ち、加工される材料も硬質で典型的な難加工材である。
- ③ 金型は成形品の母型となり、成形品精度の一步上をいく精度が要求される。
- ④ 金型は一品生産品であり、典型的な極少量生産品である。このため、生産技術、生産システムに高度なものが求められる。
- ⑤ 良好な加工性や熱処理性と耐久性を求めめるために、最高度の金型材料と、高度な表面コーティングが施される。

金型づくりは最高レベルのモノづくり技術を要する工業製品となる。

これらの高度技術を実現するために、最近の数値制御技術(NC)や情報技術(IT)が取り入れられたことは、金型づくりに大きな影響をもたらした。以前は典型的な労働集約的産業とされてきた金型産業が、今では情報処理産業ともいわれるように変身した。

金型に活用される先端技術であるCAD/CAM、CAE、工作機械技術、工具技術、測定技術、材料技術など改良された金型関連技術が、システムとして統合され、一般

的な機械部品生産にフィードバックされる技術発展の循環も生まれている。

これらの IT 化により、データベースの有効活用が可能になり、一般の人でも習熟が早く、設計の分業化が可能、設計ミスの減少など、金型製作の信頼性が向上したばかりでなく、リードタイムの短縮や金型の高精度化、コスト削減に大きく貢献している。

■ 技術の利活用状況

【プラスチック成形金型】

設計自動化、機械加工自動化として活用されはじめて CAD、CAM は結合し、CAD データを有効に活用する CAD/CAM システムとして最近の発展は著しい。このシステムをさらに効果的に稼働するために DNC(Direct Numerical Control)システムとリンクさせている金型メーカーも多い。

プラスチック成形金型で、良い成形品を得るには、使用プラスチック材料、金型温度ほか、諸成形条件、成形機が重要な因子である。従来は、設計者の経験と勘に頼る部分が多く、試打ち結果を金型寸法にフィードバックすることの繰り返しが続けて行われていたが様変わりしつつある。

現在、製品開発の当初から CAE の手法により、成形品の形状・寸法及び金型設計まで、検討できるようになり、製品開発期間は著しく短縮できるようになった。いわゆる「コンカレント技術」すなわち、チェックを含む同時進行技術で、前倒しが可能な設計作業内工程を前倒しして、最終的には 1、2 回の確認試作で販売可能な製品を生み出そうとするものである。最近ではパソコンによるプラスチック成形の CAE も開発され、経済性を見直しも進んでいる。

【プレス金型】

CAD を利用して設計をする場合の最大の効果は、メモリー内に蓄えてあるデータ(データベース)を利用することにある。市販されている CAD システムは図形処理能力を中心とした汎用システムと金型設計製作専用のものがある。汎用の CAD システムは設計及び製図上の規制は少ない反面、処理も煩雑で面倒な場合が多い。

金型専用の CAD は不要な機能が少なく、手続きに無駄がなく、処理が容易で金型製作に必要な様々なデータを持っているが、設計手順、応用範囲などの規制を受けやすい。

■ 今後の展望・課題

今後の金型設計における IT 化・システム化は、その信頼性の向上と、高効率化、コストダウン・競争力の強化、新たな技術の開発など、さらなる進歩が求められている。

一方、金型設計は、製品の設計仕様や製品設計に大きく支配され、品質やコストにひびいてくる。製品設計段階における成形と金型に対する配慮が不可欠であると同時に、金型設計者の製品設計への関与も必要である。

また、IT 先進国の米国企業が、大がかりな IT 化を実施し、熟練工を整理したため、かえって弱体化してしまったという事例もあり、金型設計にしても、現場に蓄積された多くのノウハウなしには、金型づくりができないことを物語っている。CAD、CAM、CAE にしても、あくまで支援用の手段であり、自動的に最適解が求められるには至っていない。モノづくりには、現場に蓄積されたノウハウをうまく取り込んで、システムに組み入れていくことが重要である。

(5) 生産システム設計 **設計製図**

■ **技術の概要**

生産システム設計とは、設計部門が設計した製品を安定的かつ効率的に生産するための生産システムの企画・設計等を行うことをいう。

生産システム設計は、「生産システム・生産工程の設計」を実施し、製品特性を踏まえて工場レイアウト、工場内物流システム、オペレーション管理等の生産システム・生産工程の設計が含まれる。生産システムは、多様化する社会が生んだ新しい概念であり、複雑化・専門化した分野(開発, 設計, 加工, 制御, 検査など)全体を一つのシステムとしてとらえ、それを一元化したものである。

生産システム開発の目的として、

- 投資額及び／又は開発期間の最小化
- 生産量及び／又は生產品種の増大
- 生産コスト及び／又は運用コストの低減
- 信頼性及び／又は品質の向上
- フレキシビリティ及び／又は拡張性の向上
- 労働環境及び／又はヒューマンインターフェースの向上

があげられる。

また、設計プロセスは以下ようになっており、これらの設計プロセスは、一方向に進むものではなく、各設計段階における評価に基づいてフィードバックが行われるとともに、設計内容の詳細化が進んでいく。

[生産システムの設計プロセス]

第1段階	生産システムの計画	生產品種、生産量、自動化レベル、作業者、システムの占有面積などを基に、生産システムのプロセス・生産システム開発の目的を計画
第2段階	生産工程設計	第2、第3段階の両プロセスを密接に連携しながら、生産対象製品の加工工程を設計するとともに、生産システムを構成する加工設備、搬送設備、バッファなどを設計
第3段階	システム・設備仕様の作成	
第4段階	システムレイアウト設計	生産システムの仕様、すなわち構成要素の加工機能、加工能力、搬送能力などに基づいて、生産システム全体のレイアウトを設計
第5段階	システムコストの見積り	生産システムの設計案の評価を、開発目的に合致するか否か、及びシステムのコストの観点から実施

■ **技術が求められる社会的・技術的背景**

現在、製造業現場を始めとして、各種産業において自動化機械が多く使用されている。機械生産工場においてロボットや工作機械を制御する CNC 装置あるいは制御用コンピュータの高速化、高機能化、知能化が急速に進みつつある。また、インターネットに代表される通信ネットワークの高速化、標準化が同時に進展している。

このようなコンピュータ及び通信技術の急速な発展にともない、機械製品の企画、設計、解析、生産及び制御においては、省力化、自動化、最適化のためコンピュータを用いた研究・開発が、日本の製造業を生き残らせるための基盤技術の一つとして認識されている。

■ 技術の利活用状況

生産システムの発展は、自動化システムの歴史に密接にかかわっており、この自動化が大きく進展したのはNC工作機械とロボットの登場であった。1980年代以降は制御盤にコンピュータが組み込まれたNC(CNC)にCADやCAMの機能が搭載され、容易に加工方法を決定できるようになっている。

生産システムの構築においては、多くはコンピュータをシステムを中心におく情報流通を志向してきたもので、生産工程が機械化・自動化できることを前提に発展しており、FMS、FA、CIMなどの生産システムが生まれている。

[自動化を目指した主な生産システム]

FMS	多様な製品を生産できるシステム。通常、切削加工システムをいう。マシニングセンタ、AGV(Automated Guided Vehicle)、自動倉庫、自動洗浄機などで構成され、ATC(Auto Tool Changer)、AWC(Auto Work Changer)などを装備して、長時間運転が可能なシステムである。
FA	工場自動化、OA(Office Automation)と対比される。工程管理、資材管理、工場内流通を含む工場全体の自動化を意味する。
CIM	生産に必要なすべての情報を現場で収集し、コンピュータにより計画・管理・実施するシステムである。具体的には、CAD、CAM、CAE、CAPP(Computer Aided Process Planning)などを統合して、設計から販売まで統合するシステムである。

[自動化の単位と進展]

	作業機械化		情報処理自動化	
	専用	汎用	専用	汎用
設備内	専用機	ロボット	専用ソフト	ロボット言語
設備間	ベルトコンベヤ	AGV	スケジューリング	設備状況管理
システム	—	—	CAD/CAM/CAE	生産管理ソフト CIM

出典：機械工学便覧 生産システム工学 日本機械学会編／丸善

■ 今後の展望・課題

生産システムの自動化、システム化がこの半世紀にわたり大幅に進展してきた。このことは、熟練者の技能を機械あるいはソフトウェアに置き換えてみることができる。生産システムの自動化、システム化によって、技能をブラックボックス化してしまうことになり、熟練作業者を育てるプロセスがなくなり、技能そのものがなくなってしまふのではないかという危惧が生産現場で強くなってきている。

こうした中で、蓄積された技能の伝承が可能な生産システムを考慮すべきであるとの気運があり、自動車組立や機械加工、溶接などで試験的試みがなされ始めている。他方では、自動化、システム化をさらに発展させ、生産工場(生産システム)の遠隔操作や、遠隔生産コントロールなど、最小限の費用と時間で、しかも距離と時間の隔たりを越えて、コンピュータで種々の条件を検討でき、制御することのできる、バーチャルファクトリーと呼ばれる事例も見受けられるようになっている。

(6) 機械制御 **設計製図**

■ **技術の概要**

生産工場の設備や機械、あるいは自動車や家電製品など日常の身の回りで利用されている機械の自動化・省力化・無人化に対し、あらゆる制御技術が適用されている。

機械の制御とは、目的とする状態に保つために適当な操作を加えることをいう。一般に、自動的に制御すること(自動制御)を指すことが多く、機械を自動制御化することによって、人間への負担が低減できると同時に、機械は適切な運転状態に保たれることになる。

機械制御技術に代表される NC 工作機械、ロボットなどは、機械の制御などに電子技術を応用し、機械の高性能化・自動化を図るメカトロニクス製品である。しかし、メカトロニクスというのは、ただ単に機械と電子技術が結びついた機械装置でなく、機械技術、電子技術に計測・制御技術、センサ技術、コンピュータ技術を含めた総合的な技術である。

これらの機械制御を支える総合的な技術は以下のようなものがある。

<p>コンピュータ制御 (マイコン制御)</p>	<p>機器、装置のより正確・精密な制御や、複数の機器の統一した制御に、コンピュータ制御が使われている。ロボットや自動車などはコンピュータ制御のかたまりである。 コンピュータ制御は、制御の主体がソフトウェア(プログラム)なので、制御変更や複雑な制御が可能となる。</p>
<p>油圧・空気圧制御</p>	<p>油圧・空気圧は、エネルギーの伝達方式として使用されており、他の伝達方式である電気や機械(ギア)に比べてコンパクトで、重量物を動かしたり、作動させることができたり、操作性が良いなどメリットが大きいため、多くの自動化装置に利用されている。</p>
<p>シーケンス制御 (PLC 含む)</p>	<p>「シーケンス制御」は最も代表的な制御方法で、あらかじめ定められた順序に従って、制御の各段階を進めて行く制御である。言い換えれば、機械装置に行わせる各動作・順序を制御装置に記憶させておいて、一連の目的動作を実現させるように、運転を進める制御である。 近年は、コンピュータで構成するプログラマブルコントローラ(PLC)を使い、制御内容をプログラムで設定する方法がよく使われている。</p>
<p>ロボット</p>	<p>産業用ロボットは、自動化・省力化を目的に 1960 年代に導入された。当初は、工場などで単調な仕事を行わせていたが、コンピュータの発達でより高度な仕事ができるようになり、その結果、生産性や品質は大きく向上した。</p>
<p>FA (Factory Automation)</p>	<p>生産の自動化を意味し、コンピュータで統轄された生産システム。多種少量生産を目的としている</p>
<p>メカトロニクス</p>	<p>メカトロニクスとは、エレクトロニクス(電子工学)の技術と機械を結び付けたものであり、機械の制御などに電子技術を応用し、機械の高性能化・自動化を図るために利用される。</p>
<p>温度計測</p>	<p>温度による熱起電力又は電気抵抗の変化を利用して温度を電氣的に測定する。 温度センサの種類も多種にわたるが、熱電対センサと測温抵抗体センサが最も身近なものといえる。</p>
<p>自動計測</p>	<p>容易に人の手でできない事象などを自動的に計測する。コンピュータなどをつないでラインや設備を集中制御・監視したり、遠隔制御したりするなどシステムとして活用されている。</p>

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

人類の発展の歴史は、絶えず道具、機械を開発し使いこなすことによって進められてきた。そしてこの発展の根幹を成す技術として自動化、自動制御がある。自動制御が最も発達したのは、18世紀半ばからの産業革命以降である。特にジェームス・ワットが蒸気機関の回転速度を一定に維持するために考えた、遠心调速機が制御の原点とされている(工業的に用いられた最初のフィードバック制御)。

機械の自動制御を行うと、

- 作業員の高度の熟練がなくても作業の高速化、精密化ができ、大量生産が可能になる
- 製品の品質を向上させ、均一にすることができる
- 長時間の作業中の精神的緊張や疲労が避けられる
- 生産性の安全性が増す

などの多くの利点があり、これは、生産現場のみならず、日常空間の中で使われる交通機関や家電製品等でも同様であって、近代技術にとって欠かせない条件となっている。

現在は、単純なものからより精度の高い制御方式へ、機械制御から電子制御あるいはコンピュータ制御やマイコン制御へ移行している。

ロボットの制御方法とその発達をみると、その過程がみえる。

[制御方法からみたロボットの分類]

第1世代 (1960年代)	同じ動作を正確に繰り返すことができ、単調な作業を人間に代わっていった (例：スポット溶接などの用途利用)	・操縦ロボット ・シーケンスロボット ・プレイバックロボット ・数値制御ロボット
第2世代 (1970年代)	人間の五感に相当するセンサを備え、そこから の情報に応じた動作が可能になった。これにより、 対象物に応じて作業内容を変えることのできる柔軟性が備わった (例：アーク溶接などの用途利用)	・感覚制御ロボット ・適応制御ロボット
第3世代 (1980年代)	センサがより高度なものとなり、コンピュータ によって、知覚と認識の性能が大幅に向上した。 学習機能を備え、経験情報を蓄積できるようになり、 ある程度までなら自身で問題を解決できるようになった。	・学習制御ロボット
第4世代	人工知能を搭載	・知能ロボット

出典：ロボットのしくみ 城井田 勝仁著／日本実業出版社

■ 技術の利活用状況

各種自動制御、遠隔制御など、あらゆる用途に使用されている。

産業機械	成形機、ボイラ、ポンプ、充てん機、定量計量機、繊維機械などの位置、 圧力、温度制御
工作機械	旋盤、ボール盤、フライス盤、プレスなどの位置、方向転換制御
食品加工包装機	牛乳加工、水産加工、びん詰、かん詰及び包装機械の自動制御
事務機	複写機、タイムレコーダーなどの制御用
自動販売機	食品販売機、タバコ販売機などの制御用
交通機関	車輛、船舶の制御装置の制御信号中継用、各種設備の機能部品、信号機 器・装置の制御信号の中継

計測機械・装置	制御信号の中継、電力増幅用
発電、変電設備・ 受電設備	保護設備の機能部品、自動調整装置の機能の補助、テレメータなどの遠隔監視装置
運送機械制御	エレベータ、エスカレータなどの輸送機の制御盤、各種コンベアなどの生産設備の制御
娯楽設備	遊園地などの娯楽機械の制御、ボーリング機械の制御、公園などの噴水の設備

出典：精密測定機器の選び方・使い方 編集委員長・大園成夫／日本規格協会

■ 今後の展望・課題

制御対象は、極めて多岐にわたり、システムは大規模・複雑化の傾向にある中、多変数、大規模システムに対する配慮や最適化を図るシステムの制御も、コンピュータの発達とともに可能になってきている。

最近の生産システムでは、コンピュータ支援や高機能ロボットの導入によってシステムの機能が高度化している。このようなシステムを CIM(Computer Integrated Manufacturing)と呼んでいる。

この様なシステムで重要な役割を果たすロボットの知的制御では、動作制御の柔軟性と知覚系センサを用いた適応、学習制御といった動作の柔軟性が問題となる。このような、感覚情報を利用する事のできるロボットを感覚制御型ロボットと呼び、これから CIM システムには不可欠な要素であると考えられる。将来としては、高度な制御及び駆動機構によって、一台の装置での多様な操作が可能となり、多品種少量生産においてその生産品目の種類の増大が可能となると考えられる。また、予め動作をシミュレートする事により、動作の最適化を行った後の生産ラインの稼動が可能になる。さらに、オペレーションシステムの高度化で、操作に関する熟練がなくても高度な操作が可能となると考えられる。

2. 改質加工

改質加工

改質加工

■ 技術の概要

腐食、酸化、摩擦、摩耗、美感等はほとんど表面の性質で決まる。昔から、表面の性質を改良しようと様々な表面処理技術が行われてきた。

【金属材料の特性を最大限に引き出すための熱処理技術】

熱処理は、鉄鋼材料を中心に金属材料にとって必要不可欠な加工手法である。焼入れ・焼戻しに代表される金属熱処理は、材料を硬化(強く)させることが一番の目的ではあるが、これと相反するじん性(粘さ、変形しやすさ)を得ることも目的で、熱処理は金属が材料として求められる最適な強じん性を得るための重要な技術となっている。

熱処理は、加熱によって表面処理を行うもので、処理物の表面では原子の拡散現象が必ず生じている。物理的な硬化法は、表面の化学成分を変えずに、焼入れだけで硬くする方法であり、高周波焼入れ、炎焼入れ、レーザー焼入れなどがある。化学的方法は、表面の化学組成を変えて、硬化させる方法で浸炭、窒化などがある。

いずれの場合も表面を硬くし、耐摩耗性、耐疲労性、耐食性、耐熱性などの向上が目的であるが、これらの処理のどれを選ぶかは、母材との兼ね合いもあって大切な問題の一つとなる。

【炎焼き入れ】

鉄鋼に代表される、一部の金属は加熱や冷却によってその内部組織に変態が起こり、性質が大きく変化する場合がある。熱処理とはこうした特性を利用して、材料の特性向上を目的に行われる処理のことである。

鋼の場合、温度と冷却時間によって、パーライト、オーステナイト、マルテンサイト、ソルバイトといったそれぞれ異なった結晶構造に変態する。固溶した炭素量が多いほど高い硬さが得られる。

熱処理の種類	方法	主たる目的
焼ならし	鋼をオーステナイト状態から徐々に冷却して、パーライト組織にする。	加工硬化の除去。靱性の改善
焼入れ	鋼をオーステナイト状態から急冷してマルテンサイト変態を起こさせる処理。	硬度が増す。 靱性が低くなる。
焼戻し	焼入れした鋼を、再度 600 度付近熱処理することにより、マルテンサイト組織をソルバイト組織に変態させる。	焼入れによって低くなった靱性を高くする。
焼なまし	金属を再結晶化温度以上に熱することにより、組織を均質化し加工応力を除去する。	残留応力の除去、硬度を低くする、結晶組織を均質化する。

【レーザー処理(焼き入れ)】

レーザー焼入れは、高エネルギー密度のレーザービームを鋼部品の表面に照射して加熱し、自己冷却作用によって焼入硬化させる方法である。

レーザー発振装置には炭酸ガスレーザー、YG レーザ、プラズマレーザー、エキシマレーザーなどがあるが、焼入れに用いているのは、炭酸ガスレーザーが多い。

レーザービームによる加熱は超急速であり、焼き入れ作業は大気中で行われる。また、焼入れも冷却剤は用いず自己冷却である。したがって、短時間に小さい面積で局所焼入れができ、ひずみの発生も少ない利点があり、容易にラインに組み込むことができる。一般的に焼入れ後は焼戻しを行わない。

【浸炭・窒化】

▶ 浸炭

浸炭処理は加工性の良い低炭素鋼又は低炭素合金鋼を機械加工した後、その表面層の炭素量を増加させ、表面層のみを焼入硬化する処理法である。その内部は硬化不能で柔軟な組織のままであるため、処理品はじん性が高く、表面層は耐摩耗性を維持できる。自動車部品・船舶部品等をはじめ、各種の機械部品に幅広く応用され、最も普及している表面熱処理である。

古くから行われていた固体浸炭を始め、昭和 30 年代初期に我が国に導入実用化された液体浸炭、続いてガス浸炭、最近では真空イオン浸炭と種類は多い。

▶ 窒化

窒化処理は鋼の表面に活性化窒素(N)を浸透させて、表面を硬くする方法である。鋼の表面に N が入ると窒化物を作り、この窒化物は非常に硬いため、処理状態で用いる。したがって、浸炭のような焼入れ操作は必要としない。さらに、窒化の処理温度は他の表面硬化法とは異なり、500～600℃の低温であって、 α -Fe 域の処理であるため窒化処理を施しても窒化による直接的な寸法変形の少ないこと、また窒化層の最表面層には安定な圧縮応力が存在するため耐摩耗性と耐疲労性を有し、約 600℃ 近くまで温度が上昇しても軟化が起こらず、熱敵にも安定であり、耐食性も比較的良好であるので工業的に広く応用されている。

【イオン注入】

イオン注入は金属やセラミックスなどの表面に、電界で加速した金属イオンやガスイオンを照射し、イオンに与えた運動エネルギーとイオンの反応性を利用して基材の表面改質を行う方法である。

イオン注入の特徴は、熱処理せずに低温で、それぞれの元素を固溶限以上に添加することができる非熱平衡プロセスであり、寸法変化がなく最終形状で処理できる。このため、従来法にない組成や構造をもつ表面を作り出すことが期待できる。反面、注入深さが浅く、装置が高価であることが問題である。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

製品や部品に要求される性質は、強いこと、硬いこと、弾力性があること、美しいこと、錆にくいことなど、それらを使う環境や使い方によって異なってくる。そのため種々の材料が選択され製品や部品が作られている。ところが、人類の願望はとどまることなく、新たな要求が求められてくる。こうした中で、求められる性能を満たし、価格や入手性など総合的にみたとき、製品・部品の材料を変更することなく、新たな特性が付与され高機能化が図られる、多くの表面処理手法が開発されてきた。

表面改質技術を開発する主眼点の一つは、基材の寸法変化や変質を極力抑えるため処理温度を室温に近づけることである。イオン注入は、熱平衡条件と無関係な低温における表面改質技術である。

■ 技術の利活用状況

炎焼き入れは、ガス燃焼炎によって加熱しているが、表面焼入れの中で加熱速度は最も遅い。ゲージ類の部分焼入れや小形治工具類の簡易焼入れにも採用されているが、温度制御が困難なために、量産品にはほとんど採用されていない。

レーザー焼き入れは、最近では工業的にも認知されており、シリンダライナー、ギアボックス、ロール、工具などにまで応用分野を拡大してきている。

浸炭焼入品は耐摩耗性とじん性を兼ね備えており、しかも処理プロセスが大型の単一ものから小物の大量生産にまで対応できるため、需要は増加している。シャフトや

歯車など機械部品をはじめ、自動車部品から小物の事務部品などその適応範囲は広い。

■ 今後の展望・課題

地球上の資源には限りがある。新しい材料の開発も大切であるが、今ある材料の性能を最大限に引き出すこと、環境・リサイクルを考えた研究開発が重要になってきている。

表面熱処理は、必ず大量の熱エネルギーを使用するため、省エネルギー化が課題である。省エネルギー化は、装置だけでなく処理温度の低温化を図ることも進められている。

金属材料の表面のみを変える表面改質技術は、特に摩擦、摩耗、潤滑性などを改善する技術の重要性が増加するのにもない、種々の方法が実用化されてきた。いずれもある程度成熟した技術とみなされている。最近の基本的傾向としては温度、時間による 2 次元的処理からこれに圧力を加えた 3 次元的処理へ、また、熱エネルギーに加えプラズマなどの電氣的励起エネルギーを応用する技術が急速に発達してきている。

3. 除去加工

(1) 電気化学加工

除去加工

■ 技術の概要

研磨法には、工具を用いて微細な砥粒を表面に押しつけてこする機械研磨のほか、電解研磨及び化学研磨がある。以下に、その原理及び特徴を示す。

[電気化学加工による研磨]

	原 理	特 徴
化学 研 磨	特殊な溶液中に浸漬し、化学反応より研磨面を溶解し平滑化して、光沢を付与する処理である。電解研磨では処理できない小さい製品や、複雑な形状の製品などの研磨に適している。	<p>アルミニウム、ステンレス、鉄鋼などを化学研磨することで、表面に硬さ、防食性、装飾性、摺動性を付加し、素材以上の性能を与える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 化学的に溶解させて平滑化、鏡面化を行う。 ・ 耐食性にすぐれ、光沢面の持続性が大きい。 ・ 複雑な形状、線、箔なども容易に研磨できる。
電 解 研 磨	金属を電解研磨溶液中でプラスの電圧を架けると金属の一部が溶解し、金属表面に溶解した金属濃度の高い電解研磨溶液の層ができる。この層は、金属表面の凹凸によって凹部で厚く、凸部で薄くなる。電流は最も電気の流れやすいところを流れるため、層の薄い凸部で多くの電流が流れる。金属は電流の多い部分で溶解が促進されるため、結果として凸部が選択的に溶解することになり、次第に金属表面の粗さは小さくなり、光沢が得られるようになる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 表面の粗さが小さくなり、不純物の付着が抑制される。 ・ 表面が滑らかになり、光沢が良くなる。 ・ 表面に強固な不動態皮膜が形成し、耐食性が良くなる。 <p>上記のような特徴から、保存容器や真空装置の内面に電解研磨が利用されている。</p>

また、電解加工は、電気エネルギーを利用して加工する非切削加工機であり、バリ取り、ボール盤、研削盤など、電極に応じた加工を施す。

	原 理	特 徴
電解加工	電気分解によって工作物を加工する工作方法。具体的には、工作物を陽極(+)、電極を陰極(-)とする電極間に、高圧の電解液を流しながら通電することで生じる電気分解で、工作物の表面を電極形状に倣って、微量ずつ所定の形状に加工する。電解加工は、電気分解で工作物のバリを溶解することによるバリ取りなどにも用いられる。	<ul style="list-style-type: none"> ほとんどの金属に対応可能で、難削材、焼き入れ鋼なども容易に加工できる。 手作業でバリの取りにくい、奥深い部分や狭い部分でも、電極治具が入れば加工できる。 電解時間は、一般的には 10～15 秒で加工できる。 熱による素材の変質がない。 同時に多数の個所の加工が可能である。 電極治具は、非接触なので、通常の使用状況では消耗はない。
電解研削	研削と電解加工とを併用して加工する工作方法のこと。機械的に研削を行うための砥石車に、導電性のある砥石車を用いることにより、金属イオンの電気化学的溶解を発生させて研削を行う。具体的には、工作物を陽極(+)、ダイヤモンド砥石(といし)などの工具を陰極(-)とする電極間に電解液を流しながら通電することにより、陽極(工作物)の表面に電解の進行を妨げる障害物が生成され、これを導電性のある砥石車で機械的研削除去する加工方法である。	<ul style="list-style-type: none"> 軟質材を加工しても「まくれ」が発生しない。 加工による変質が少なく、表面粗さが良好である。 電解研磨に比べ、数 10 倍も能率が良い。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

金属の表面は、その製造工程における影響及び加工などの機械的処理によって種々の粗さを呈している。この金属を使った装置部品にはその目的から、外観的光沢や表面粗さの小さいものが要求され、これまでは、機械的研磨(バフ研磨等)によってその目的を達成していた。しかし、形状の複雑なもの、ゴミやカスを嫌うなど精密部品装置ではこの機械的研磨では対応できなくなり、金属を溶液の中に浸漬させ、電気の利用した研磨、つまり電解研磨が注目されるようになった。精密部品装置、特に半導体関連の装置では、多くの部品にこの電解研磨が施されている。

電解研磨及び化学研磨	機械研磨
被研磨体表面を陽極的又は化学的に溶解させて平滑化、鏡面化を行う	被研磨体表面を切削、変形、摩耗によって平滑化、鏡面化する
一般に酸化皮膜などの皮膜層を生じる	変形による加工硬化層を生じる
研磨面は耐食性に富み、光沢面の持続性が大きい	電解、化学研磨に比して耐食性、光沢持続性劣る
研磨容易な材質とそうでないものとの差が大きい	材質による研磨の難易はさほどではない
大きな深い凹凸、条痕は研磨されずそのまま残る	凹凸、条痕の状態に関わらず研磨できる
材質、条件によってピット面、梨地面を生じやすい	研磨によるピット面、梨地面は生じない
複雑な形状、線、箔なども容易に研磨できる	特殊な形状、線、箔などは研磨が困難
バリ取りが容易	材料の形状によってはバリ取り困難な場合が多い
量産速度が大きい	量産速度が小さい
大物の品物、表面積の大きい品物においては均一な平滑化が困難な場合がある	被研磨体のサイズに関わらず均一に処理できる

■ 技術の利活用状況

電気化学加工の利活用状況を以下に示す。

<p>化学研磨</p>	<p>自動車部品、電化製品部品、家庭日用品などに多く利用されている。</p>	
<p>電解研磨</p>	<p>近年、医療用容器や器具、あるいは先端バイオテクノロジーの分野で利用される各種容器などには、雑菌の繁殖を抑制するため電解研磨されたステンレス製品が広く利用されている。</p>	
<p>電解加工</p>	<p>工具を消耗せず、加工速度が速く、電気分解によるため、工作物にバリや加工変質層が発生せず、工作物の硬さに関係なく加工が行われる特徴を持っており、高耐熱材料であるタービンブレードの成形加工のように、高合金鋼を用いたダイカスト型、鋳造型及び複雑な形状の部品加工に用いられる。</p>	
<p>電解研削</p>	<p>形状精度が良く、荒仕上げから精密仕上げまでの一貫加工が出来、熱ひずみも生じない特徴を持っているため、プレス金型、プラスチック金型、切削工具、転造ダイス、超硬合金、耐熱材、熱に敏感な材料、その他軟質材等の加工に用いられている。</p>	

■ 今後の展望・課題

電解加工と放電加工は、電気エネルギーを利用して加工する非切削加工機の代表機種である。これらの加工法は、さらに微細で精密な加工を目指して技術開発が進められている。

(2) 機械加工

除去加工

■ 技術の概要

機械加工の代表的なものとして「切削加工」と「プレス加工(又は塑性加工)」がある。除去加工における機械加工は、主として「切削加工」(金属材料を切ったり削ったりしながら加工)をいい、刃もので材料を削る加工であり、切り屑が出るのが特徴の一つである。

切削加工に使用される機械を工作機械と呼び、加工する品物の形状に応じて各種の工作機械がある(下表参照)。切削加工機械は、加工種別に応じて多様であるが、同一の機械で工具の交換により別の加工を行うこともできる場合が多い。また、マシニングセンタのように、一つの機械で多種の切削加工を行えるものも開発され、広く利用されている。

切削加工は一般に他の加工方法に比べ精度が良く、生産性が高い。特に NC(数値制御)の普及により、一つの機械で多様な加工が柔軟に行えるため、多品種少量生産の加工方法としても多く使用されている。

旋盤 (汎用旋盤・ NC 旋盤・ ターニングセンタ)	旋盤とは、円柱状の材料を回して、それにバイトと呼ばれる刃ものを当てて、材料を削る、機械加工で最もよく使われる工作機械の一つである。 NC 旋盤は、各種の旋盤に数値制御 (Numerical Control) 装置を取り付け、刃物台の移動距離や送り速度を数値で指示できるようにしたものである。 この中には、回転中心から外れた穴の加工やフライス加工などを可能にした「ターニングセンタ」と呼ばれる工作機械もある。
フライス盤 (汎用フライス盤・ マシニングセンタ)	フライス盤とは、回転している工具に、バイス(万力)に固定した材料を当てて加工する工作機械をいう。工具には、ドリルやエンドミルと呼ばれる刃ものを使う。回転軸が鉛直方向にある縦フライス盤と回転軸が水平方向にある横フライス盤がある。 現在では、NC フライス盤に、自動工具交換機能やパーツの供給装置などを備えて各種の工作方法を行うマシニングセンタと呼ばれる複合工作機械が主流となっている。
形削り盤 (汎用・NC 機械)	バイトを用い、切り込みを一定にして、工作物に直線運動と送りを組み合わせることにより平面や溝加工をするための工作機械である。平削り盤と形削り盤がある。
ボール盤 (汎用・NC 機械)	穴を開ける加工を行う工作機械である。ボール盤の主軸に取り付けたドリルに回転を与え、軸方向に送り運動を与え加工する。
中ぐり盤 (汎用・NC 機械)	穴をくりひろげる切削加工を中ぐり(boring;ボーリング)といい、中ぐり盤は、おもにバイトを使って中ぐりをする機械である。中ぐり盤では、中ぐりのほかに穴あけ、面削り、ねじ切り、フライス削りなどの作業をする。
ブローチ盤 (汎用・NC 機械)	ブローチとよばれる専用の工具を用いて、各種工作物の表面加工や、スプライン穴など種々の形状をした穴の内面加工を行う工作機械をブローチ盤という。 ブローチは、棒状の軸に、多数の円刃が順次寸法を増しながら配列されている工具で、荒刃、中仕上げ刃、仕上げ刃がそれぞれ複数並んでおり、仕上げ刃の寸法の穴開け加工ができる仕組みである。
歯切り盤 (汎用・NC 機械)	歯車の歯を切りだすことを歯切り(gear cutting)といい、歯切り盤は、歯切り用刃物を使って歯切り加工をする工作機械である。
研削盤 (汎用・NC 機械)	砥粒を円板形や円筒形に成形した砥石を用いて、工作物表面を少しずつ削り加工する機械を研削盤という。 研削盤には、円筒形工作物の外周研削用の円筒研削盤、平面仕上げ加工をする平面研削盤、丸い穴の内面仕上げ加工をする内面研削盤などの種類がある。
バンドソー	帯状の刃の両端をつなげてリングになったものが、上下二つの車輪の間で回り、垂直に下降する部分で切り出す。日本語では帯鋸盤と言う。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

日常生活において、金属を加工して形にした品物は数限りなくあり、それらの存在しない生活は考えられない。こうした金属を削ったり、穴をあけたり、研磨するといった機械加工をするための機械が工作機械である。工作機械の生産量や技術の水準が、一国の産業の度合いを表すバロメーターにされることが多い。

工作機械の発展には、数値制御(NC)技術の出現が欠かせない。アメリカで NC 工作機械が発想され実現したのは戦後間もない時期であり、コンピュータ技術の発展とともに NC 工作機械も高度化していった。日本では、実質的に商品として使われはじめたのは 1970 年代、中小企業を含め企業が本格的に取り組んだのが 1980 年前後である。

それまでの技能者の腕に頼っていた時代から、現場作業を自動化することで、生産性を高め、安定した品質を実現した。発展の特徴をまとめると、高速化、機能高度化、複合化、システム化、マン・マシン・インターフェースの向上がある。

■ 技術の利活用状況

各種加工機械の技術の利活用状況を以下にまとめる。

加工機械	適している分野、特徴
旋盤	さまざまな円筒形状加工ができる。主として「外丸削り」、「正面削り」、「中ぐり」、「穴あけ」、「ねじ切り」、「心立」、「突切り」と呼ばれる各加工を行う。
フライス盤	フライス加工は平面削り、溝削り、正面削り、穴開け、側面削りなど立体的な加工、多様な加工が可能である。 また、マシニング加工は 1 台で多様な加工が行え、多品種少量生産に向く。
形削り盤	小さい工作物の平面を加工する機械で、工具の往復運動と、それに直角なテーブルの送り運動で加工が行われる。
ボール盤	穴開け加工、リーマ加工、タップ加工
中ぐり盤	工具を変えることによりフライス加工や穴開け加工も可能である。このため、中ぐり作業を中心にフライス、面削り、ドリル加工など総合的に行う大型機械を中ぐり盤と総称することもある。
ブローチ盤	ブローチ加工は一工程で仕上げ加工まで行えるため生産性が高く、かつ工具の耐久性も予測しやすい。このため大量生産の自動車産業では多数用いられている。
歯切り盤	歯車には鋳造歯車、転造歯車もあるが、一般には歯切り盤によって切削された歯車が使用される。
研削盤	寸法精度、面粗さを要求される面の研削
バンドソー	木、石・タイル・ガラス・セラミックなど様々な材料を切断

■ 今後の展望・課題

NC 化率は、91 年に 72.5%、2006 年には 88.5%と 90%に迫る勢いで推移している。技術的には、CNC 機能の中枢部に新たに通信機能を持たせて、ネットワーク型の普及が進み、さらに制御軸数の多軸化にともない、超複合化技術の進化も加速している。

機種別動向では、マシニングセンタは、高速・高精度加工へと移行し、5 面加工で工程集約を図る 5 軸制御など、多目的工作機械の本領を発揮したリードタイムの短縮による部品製造原価の低減化が強く進められている。

旋盤では、多品種中・小ロット領域の加工合理化のため、1 台のマシンに複数の機能を持たせ、生産性の向上をめざした複合加工機の市場投入が活発化している。

(3) その他の加工

除去加工

■ 技術の概要

放電加工、プラズマ加工、レーザー加工等の特殊加工法は、通常の切削・研削工程では加工困難な工作物に対して、硬い金属や鉋物の代わりに電気エネルギーや光エネルギーなどの高密度エネルギーの流れを刃物工具として活用する加工法である。

精密・特殊加工は近年のエレクトロニクス分野を中心とした、金属加工物に求められる性能・精度の要求の高まりによって、様々な方法が開発されている。今後も最先端加工技術として新たな加工方法が生み出されると予測される。

放電加工機 (汎用・NC 機械)	<p>工作物と電極との間に放電を起こして、工作物を溶融、除去する加工方法である。ワイヤ放電加工と型彫放電加工がある。</p> <p>工作物を乗せたテーブルをNC制御によって高精度で動かすことにより、自由な形状の加工ができる。</p> <p>[ワイヤ放電加工]</p> <p>放電加工の原理を用い、電極の代わりに0.1mm前後の細い電極ワイヤを用いて工作物との間にアーク放電を発生させて加工を行う。この加工ではワイヤが糸鋸の役割を果たし、硬度の高い材料を容易に加工できる。</p> <p>[型彫放電加工]</p> <p>ある所定の形状をもった工具電極(総形電極)を用いて、加工液中に浸漬して工作物と工具電極間に放電現象を発生させることにより、金属材料工作物をその形状に溶融除去する加工方法・工作方法。</p> <p>型彫り放電加工は、一般的に製品と逆の形にした加工電極を工作物に近づけ転写する加工となる。</p>
レーザー切断	<p>レーザーを使用して工作物を加熱、溶融又は除去して加工する方法。</p> <p>レーザー加工の特徴としては、非接触の加工であるため、工作物への負荷がなく、薄板やゴム材料の加工も可能である。また、ワイヤ放電加工に比べ加工速度が速いこと、レーザーの焦点距離をレンズにより可変できるため、一つの機械で穴開け、切断から溶接といった複数の加工ができ、金型が不要であるため多品種少量に向く。</p>
電子ビーム加工	<p>電子ビーム加工とは、加熱した電子の束(ビーム)を被加工物に照射し、加熱・溶融させる加工方法</p>
ウォータージェット加工	<p>ジェット噴流を利用して工作物を切断、除去、洗浄などの加工を行う方法のこと。ウォータージェット加工の具体的な方法・原理としては、ノズルから水を高圧で噴射させることによって、金属その他の材料の切断加工を行う。高圧でジェット噴射させる水の中に、研磨材を混入して加工を行う加工機もあり、これをアブレンジブジェット加工機という。</p>
プラズマ加工	<p>超高温のプラズマを用いて行う加工方法。プラズマは切断・穴開けなどのほか溶接や溶射にも利用される。レーザー加工と違って素材の反射率は関係ないのでレーザー加工できない素材が加工できる(ただし精度はレーザー加工より少し落ちる)。</p>
超音波加工	<p>超音波振動をする工具と砥粒を使用して工作物を加工する方法。砥粒と水との混合液(加工液)を上下方向に超音波振動する工具と工作物との間に入れて、適当な加圧力で工具を工作物に押し付けて超音波振動を発生させて、砥粒(と粒)の衝撃・衝突により加工を行う工作方法・加工方法。砥粒のサイズを大きく(粗く)することで加工時間の短縮ができるが、得られる仕上げ面は粗くなる。</p>

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

近年自動車に対する環境、省エネなどの高まりから、それに使われる部品にも高度なものが要求されている。特にエンジンの燃料噴射に関わる部品においては、従来に

ない微細で高精度な加工が必要であり、切削や研削などの機械加工に加え、電解加工、放電加工、レーザ加工なども組み合わせて用いられ、要求される精度とコストを実現している。

また、レーザは機械が高く、電気もガスもよく食うといった短所がある中で、レーザ切断が普及したのは、ガス切断では加工できない形状(小穴、細いスリット、鋭角など)があるからで、さらにトータルコストでガス切断+切削加工よりもレーザ加工のほうが後加工の合理化を図ることができるというメリットがある。

■ 技術の利活用状況

前項の加工技術の利活用状況を以下にまとめる。

<p>放電加工機 (汎用・NC 機械)</p>	<p>導電性のある工作物であれば、材料硬度に関わらず加工が行えるため、タングステンや超硬合金の様な難削材の加工も容易に行えるほか、ダイヤモンドへの穴開けにも使用される。</p> <p>また工作物を乗せたテーブルを NC 制御によって高精度で動かすことにより、自由な 2 次元形状の加工ができるため、特に、金型など高硬度材料の加工に使われている</p>
<p>レーザ切断</p>	<p>炭酸ガスレーザとイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)レーザの 2 種類が産業用に広く利用されている。</p> <p>炭酸ガスレーザは、セラミックス、ガラス、プラスチックなどへの吸収が優れているので、切断、溶接、穴開け、表面改質に用いられる。加工精度はよく、複雑な形状でも切断できるので、板金加工メーカーで多く用いられる。</p> <p>YAG レーザは、材料に対する選択性がよいので、トリミング(薄膜抵抗の一部除去)、スクライビング(IC チップの溝切り分離)、マスクリペアリング(露光用マスクの欠陥修正)、マーキングなど、半導体関連の電子部品加工に広く利用される。また、光ファイバが使用できるので、狭い箇所や離れた箇所でも使用できる利点がある。</p>
<p>電子ビーム加工</p>	<p>大きな利点としては、電子ビームを電氣的に偏向させ、走査することによって複雑な断面形状の穴あけができることである。また、加工穴としては、μm 単位の最も細かいものを加工することができる。</p>
<p>ウォータージェット加工</p>	<p>ガス切断、レーザ切断、プラズマ切断などの熱切断ではないので、切断する工作物に熱影響を及ぼさないほか、切断時に粉塵の発生がないことや、切断する材料が金属・非金属はもちろんのこと、プラスチック樹脂、ガラス、セラミックス、木材、ゴムなどあらゆる材質を切断することができる。</p>
<p>プラズマ加工</p>	<p>タングステンなど高融点材料の加工に用いられる。</p> <p>プラズマ切断の切断品質は、同じ熱切断に分類されるガス切断よりも優れ、レーザ切断には劣ると一般的には言われるが、近年ではプラズマ切断の技術が向上し、レーザ切断に匹敵する切断品質を実現できるようになっている。</p>
<p>超音波加工</p>	<p>ガラス、超硬合金、陶磁器、宝石、半導体、焼結材料のような硬くて脆い硬質脆性材料の穴あけ、切断、切抜き、彫刻などの加工にむいている。</p>

■ 今後の展望・課題

精密・特殊加工は近年のエレクトロニクス分野を中心とした、金属加工物に求められる性能・精度の要求の高まりによって、様々な方法が開発されている。今後も最先端加工技術として新たな加工方法が生み出されると予測されている。

4. 変形・成形加工

(1) 塑性加工

変形・成形加工

■ 技術の概要

塑性加工とは、機械的力により材料を変形させ、力を取り除いた後も材料に変形が残る性質(塑性)を利用して、材料を所定の形状、寸法の製品に成形する手段をいう。塑性加工に属するものには、金属プレス、押出加工、引き抜き加工、絞り加工、曲げ加工、せん断加工、鍛造などがあり、金属加工の重要な分野を占めている。

金属材料は塑性加工を行うことにより、強度をはじめとした機械的性質が改善される。また、塑性加工は材料の無駄が少なく、加工速度が速いため、一般的にコストの点で切削加工より有利である。反面、製品の寸法精度においては切削加工の方が優れている。

[塑性加工の種類と方法]

塑性加工の種類	方法
金属プレス	2対以上の工具・金型を用い、機械力により金属材料に圧力を加え成形する。 金型の設計により折り・曲げ・切断・変形など多様な加工が同時に行える。
押出加工	コンテナの中に入れた素材に圧縮荷重を加えて、ダイスを通して目的の断面形状や断面積に押し出す加工法
引き抜き	棒、線、管を、ダイスを通して、材料を引き抜くことによって、ダイスと同じ断面形状に成形する。
絞り加工	主に板材を、対になったパンチとダイによりくぼみを成形する。
曲げ加工	板、棒、管などの素材に力を加えて、対になったパンチとダイによりV字、U字、L字などに曲げ成形する。
せん断加工	切れ刃を持つポンチとダイにより、主に板材を切断、あるいは穴抜きを行う。
鍛造	工具・金型を用い、材料の一部又は全体を圧縮・打撃を加え成形する。材料の機械的性質が改善される。 鍛造には、手ハンマや機械ハンマで力を加えて成形する自由鍛造と、金属の丈夫な型によって型と同じ形に成形する型鍛造がある。また、加熱温度によって、金属の再結晶温度以上の温度で成形する熱間鍛造と、金属の再結晶温度以下の温度で成形する冷間鍛造に分類できる。

[塑性加工機械]

加工機械	内容
タレットパンチプレス (汎用・NC機械)	板金加工、板金製品の生産には最も良く用いられるプレス機械の一種である。 タレットパンチプレスは、形状の異なった多数の金型を円状、扇状のタレットに配置し、任意の金型、クランプ、テーブル、ワーク(被加工材料)などを制御して、ワークの所定の位置に所定の打抜き、成形加工ができる。
押し出し加工機 (汎用・NC機械)	主に線材をダイスに通し、ダイス出口側の形状に成形する。
引き抜き加工機 (汎用・NC機械)	〃
絞り加工機 (汎用・NC機械)	主に板材を、対になったパンチとダイによりくぼみを成形する。
プレスブレーキ (汎用・NC機械)	長尺の板曲げ加工を行うための専用クランクプレスで、ベッド、及びスライドの幅を狭くし長さを大きくしたもの。
シャーリング (汎用・NC機械)	上下二つの刃の間に材料をはさみ上から圧力を加えて、ある板材から必要なサイズに切り出す。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

わが国における金属プレス加工業は明治時代の弾丸や薬きょうなどの金属を用いた武器の製造や貨幣(金貨)の生産にプレス機械が採用され量産化が行われた。大正時代に入ると、金属プレス加工業は、一般産業の発展とともに、昭和初期には軍需産業の発展を支え、それにともなって専業者も増大していった。

その後、第二次大戦後の飛躍的な機械工業の発展とともに本格的な産業として発展し、需要先は自動車工業をはじめ、電気・通信機器工業、農業用機器、家具・建築用機器、時計・計測器等の精密機械、厨暖房機器、金物・玩具などあらゆる分野の金属製品製造業の生産に関連して創出されてきた。その用途分野はきわめて広くかつ多岐にわたっており、金属製品に欠くことのできない重要な部品供給産業として発展してきている。

■ 技術の利活用状況

塑性加工法は、板、管、線材のように塑性加工でなければつくりえないものもあるが、例えば管の場合、圧延加工と押し出し加工のどちらでも製造が可能であるように、同じ品物を別種の塑性加工で製造できる場合も多い。このように、塑性加工は同一形状、同一寸法製品の多量生産に適した手段であり、加工機械及び使用工具の開発、改良によって高精度の製品を効率よく生産する手段として発展してきている。

[塑性加工の用途]

塑性加工の種類	用途
金属プレス	端子、バネ、金具など小物から自動車ボディ、建築金物など大型の製品まで幅広い。
押し出し加工	サッシなど異形断面製品、機械部品、ワイヤ類、金属棒・パイプ類のほか異形線など
伸線・引き抜き加工	伸線加工＝ワイヤ、電線など 引き抜き加工＝シャフト材、パイプなど
絞り加工	キャップ類、灰皿、アルミ缶、ボトルなど
曲げ加工	各種板バネ、ケース類など幅広い他、切断面の折り込み処理など
せん断加工	端子、ピンなど小物から型抜きなど大型製品のほかロール材の細幅加工など
鍛造	ボルト・ナット、機械部品など

■ 今後の展望・課題

高付加価値のプレス加工が、今後の方向性となる。

具体的には、以下の高速加工、高精度加工、複合加工、工法の転換があり、モノづくりは人の手でも、生産は省人化を目指すことが求められる。

[付加価値の高いプレス加工の方向]

付加価値の高いプレス加工	指向	高速化	
		高密度化	
		高精度化	
		複合加工	
	工法の転換(プレス化)	要素技術	精密切断、穴抜き技術
		高精度絞り加工	
		板鍛造技術	
		洗浄、めっきなどの後加工の技術	

出典：プレス技術 vol. 45 2007. 1 / 日刊工業新聞社

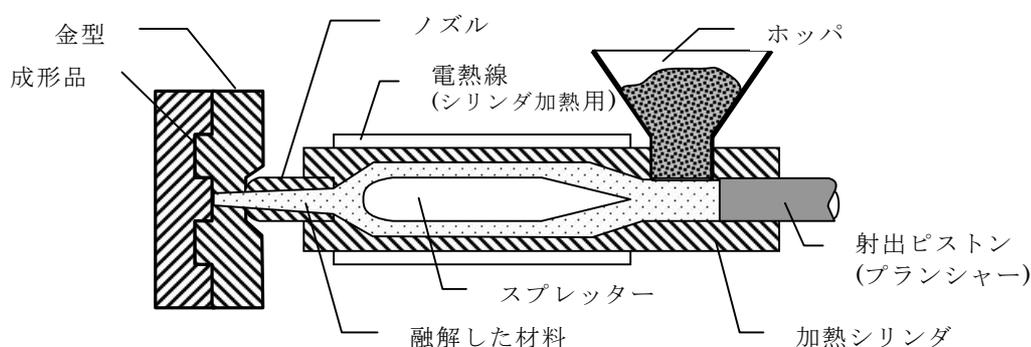
(2) 射出成形加工**変形・成形加工****■ 技術の概要**

プラスチックの射出成形加工とは、プラスチックを溶かして流し、冷却して「形を作る」モノづくりの一種である。プラスチックが金型に流し込まれる様子が注射器の作用に似ていることから射出成形法(injection molding)と呼ばれる。

射出成形は、高熱のシリンダによって溶かされたプラスチックの原料を金型に流し込み、一定時間冷却することでプラスチックが固められ成形品ができあがる。

プラスチックの射出成形では、ホッパからシリンダ内に導入した固体樹脂ペレットを、ヒーターの加熱及びスクリュの摩擦熱により溶かし、スクリュの前進により熔融樹脂をノズルから金型内に送る。その後、熔融樹脂は、金型内でスプルー及びランナー、ゲートを通してキャビティに流れ込んで冷却後成形品となる。

複雑な形状のものでも、大量に能率よく生産できるので、主に熱可塑性樹脂の成形に、最も多く用いられている。



出典：「化学大辞典 4」 化学大辞典編集委員会編／共立出版(株)



出典：川口鉄工(株) 射出成形機

射出成形機は大別すると、横型と縦型とに分けられ、両者はそれぞれに特徴や利点がある。

また、油圧式射出成形機に対して、クリーンさと省エネルギーという特徴をもつ電動式射出成形機では、大型機等もハイブリッド化されてきている。大量生産が目玉の射出成形機とはいえ、多品種少量品に対しての小型機や超小型機もあり、原料とともに機械の進展は目覚ましいものがある。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

日本で合成樹脂としてのプラスチック成形材料が登場し、工業的に使用されるようになったのは、1950年頃であった。そのころに使用されていたプラスチック成形材料

は、熱硬化プラスチック(フェノール樹脂やメラミン樹脂など)が主流で、その品質水準も低いもので、金型に要求される仕様も現在ほど厳格な内容ではなかった。そしてこの頃から、さまざまな材料が金属からプラスチックへと大きくシフトする社会的トレンドにのって、射出成形も発展していく。

しかしながら、プラスチック成形品も、昭和 40 年代頃までは、工作機械の機械加工技術において、自由曲面の精密加工が困難であったため、角張ったデザインの形状などの制約とともに、熟練した技を必要とした。旧来の金型製作には、設計、CNC プログラミング、機械加工、仕上げ調整、射出成形のすべての場面で熟練したスキルが必要であり、工程間の連携が欠かせないものであった。

こうした中で、コンピュータのめざましい発展により、生産方式は大きく変革をとげ、自由度の高い成形品が、効率的で安定した品質で、安価に生産ができるようになった。金型設計に CAD が使われ、金型設計時点での技術的な予測には、CAE の利用により、熔融樹脂の充填過程や成形品のそり変形などの予測も行えるようになってきた。さらに、こうしたデータが、オンラインで CAM へとつながり、デジタル技術を駆使した、設計技術、加工技術、評価技術の融合された生産方式が確立されてきており、射出成形のモノづくりにおける基盤を固めつつある。

■ 技術の利活用状況

射出成形の特徴は、短時間で同じ品質の製品を大量に生産するという点と、原料の投入から製品の取り出しまでを完全自動で行うことができる点である。また、この成形法は、小さなものから大きなものまで、その形も複雑なものまでつくりだすのは無いといわれるまでになっている。

こうした利点から、日常目にするプラスチック製品の 90% を作り出しており、風呂おけや洗濯機ケース等の大きいものから、時計の歯車やギアなどの小さいものまで、またコップ・バケツ・食品容器などの各種日用品から、TV・VTR・PC などの電化製品の部品や自動車部品などの工業部品までその応用範囲は広く、あらゆる分野に使用されている。

■ 今後の展望・課題

射出成形にとって、高生産性を目的としてハイサイクル化を追求するのは、半ば宿命として与えられた命題であり、技術開発の多くはサイクル短縮を念頭に置いたものであった。CD や DVD などのディスク成形においては、1985 年頃には 20 秒前後であったものが、現在では 2~3 秒サイクルまで短縮されている。

こうしたハイサイクル成形技術は、

- ① 各工程(型締め、計量、射出、冷却)の同時複合動作化と機械動作の高速化
- ② 熔融・冷却といった樹脂特性に依存するプロセスでの時間短縮
- ③ 取り出し機や金型、周辺装置を含んだトータルシステムとしてのハイサイクル化

がポイントとなって発展している。

このような射出成形の生産効率の向上は大きな長所の一つとなっているが、一方で、生産性の目安となる良品率や、生産のサイクルは非常に厳しく管理されているのが現状である。

そのため、機械自体の知識や金型の構造、流体力学や熱力学の基礎、プラスチック材料、品質管理などの知識が要求される。

(3) 鑄造**変形・成形加工****■ 技術の概要**

鑄造とは、金属を溶かして液状にして、鑄型に流し込み、凝固させてから形を作る方法をいう。

鑄造の主な特徴は、

- ①複雑な形状でも自由自在な造形ができる。
- ②数グラムのものから数トンの大物まで作れる。
- ③ほとんどの金属合金が鑄造できていて、ほかの金属合金よりも幅が広い。
- ④1個制作でも大量生産が可能である。

などがある。

鑄造法の種類として、主なものを示す。

砂型鑄造：	天然けい砂、人造けい砂などに液体樹脂と硬化剤をミックスして、木型に詰めて固まったところで木型から抜いて組み立てる。(鑄型を作るのには、繰り返し使用できる模型(木型)を使う) 組み立てた砂型に、溶金を流し込んで製品を造る。
石膏鑄造：	特殊な石膏に水を加えて硬化、乾燥させて鑄型にし、精錬した金属を流し込む製品造り。鑄込まれた後、鑄型を壊して取り出す。
精密鑄造：	鑄型に金型を使用せずに、精度の高い製品を造りうる鑄造法で、代表としてロスト・ワックス法がある。 蝟、ワックスあるいは凝固水銀模型の周囲に微粒の砂で鑄型を製造し、その模型を溶出させて、その後空隙部に溶金を注入する。鑄型が一体で合わせ部分がなく、寸法精度は高い。
ダイカスト：	溶金に圧力をかけるか、その自重を利用して注入する、永久鑄型である金型を用いた鑄造法。 加工が難しい硬い金属でも、鍛造や溶接が無理な合金でも、高い精度で複雑な成型ができ、生産性にも優れており、製造分野の重要な技術となっている。
遠心鑄造：	高速に中心軸のまわりを回転する鑄型中に溶金を注入し、その遠心力を利用して緻密な鑄物を鑄造する。工業、芸術など幅広い分野で応用されている。
連続鑄造：	製鋼の主要な工程の一つで、溶けた材料を連続的に鑄型に注ぎ続けて、鑄型内で急速冷凍して半製品を取り出す鑄造法。従来の方法から造塊工程と分塊工程を省力できるので、歩留まり生産性が向上し、コスト低減、大量生産に向く。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

鑄物の歴史は古く、紀元前 4,000 年ごろ、メソポタミアで始まったといわれており、古くから農具・武器・装身具・貨幣・芸術作品の製造技術として用いられてきた。

鑄物が現代の工業の形態をとるようになったきっかけは、18 世紀なかばにイギリスで起きた産業革命である。工場制工業の発展とともに、鑄物が広く機械文明の中に採用されるようになった。

日本でも、江戸時代末期には国防意識が高まって、近代化への道を歩むようになり、1850 年頃大砲や反射炉が鑄物で作られた。さらに、第 1 次世界大戦及び第 2 次世界大戦にかけて軍需品、関連機械工業の需要増大につれて機械の素形材として鑄物の製造技術が大きく発展した。

このように長い歴史の中で、鑄物はいつの時代も重要な役割を果たし、その技術が今日まで受け継がれている。今日、自動車部品、工作機械、船舶部品、製紙機械、景観品、半導体製造装置等々さまざまな業種に対応できるのも、鑄物が多くの特徴(利点)を有しているからである。

■ 技術の利活用状況

銑鉄鑄物は日用品から原子力まで、多彩な方面に用いられている。耐摩耗性から始まって熱伝導率まで、多面的な特性・機能を持っている。中には切削性がよくて耐摩耗という部材もある。また、鑄造に用いられる材料としては、鉄が最も多く、アルミニウム合金・鋼(はがね)・銅合金の順になっている。

分野	用途
自動車	<p>銑鉄鑄物の生産量の約半分を占め、シリンダブロック、クランクシャフト、カムシャフトなど自動車の重さの1割は鑄鉄でできている。</p>  <p>シリンダブロック</p>
工作機械	<p>旋盤のベッドに代表される工作機械の主要構造材</p>  <p>旋盤ヘッド</p>
土木建設機械	<p>パワーシャベル及びブルドーザーの主に強度部材</p>
射出成形機	<p>射出成形機の機械全体重量の約半分が鑄鉄で作られている。ねずみ鑄鉄も旋回台、歯車箱に用いられている</p>
汎用及び家庭用電気	<p>家庭用空調機、あるいは冷蔵庫に使用される小型冷媒圧縮機</p>
鉄道車輛	<p>ブレーキ関係の部品(耐熱亀裂性、強度が要求される)</p>
船舶	<p>主機関であるディーゼルエンジンの主要部品であるシリンダ、ジャケット、シリンダライナー、コラム、台板など</p>
鑄鉄管	<p>上下水道、工業用水道、農業用水及びガス輸送用など鑄鉄管(強度と耐食性が優れている)など</p>
景観鑄物	<p>橋、街路灯、フェンス、門扉、ベンチなど鑄物特有の優れたデザイン性、そしてある程度の強靱性がうまく活かされ、景観鑄物として使われている。</p>  <p>街路灯</p>
日用品	<p>なべ・かまに始まり、古くから日用品に使用されている。 ストーブ、ガス器具、営業用コンロ、すき焼きなべ、鉄瓶、風鈴、灰皿、建物の土台などの建築鑄物など</p>  <p>鉄瓶</p>

出典：日本鑄物協会 (<http://www.foundry.jp/what.html#rekisi>)

■ 今後の展望・課題

わが国における鋳造は、品質の高さ、安定した供給体制、納期、多品種少量生産への対応など国際的にも優位性を保っている。また、省力化のためのロボットや、熟練の技をソフト化したコンピュータの導入も進められコストダウンにも取り組んでいる。

また鋳物全体を一つの素材としてとらえれば、多くの特徴(利点)、材料の種類、様々な製造法と、その組合せによって選択範囲は広く可能性は広がる。

このように、自由な造形性と優れた特徴を基礎に、素形材としての性能の向上、それを実現する新しい鋳造法の開発、そして新しい応用分野の開拓へと広がっている。

[従来のイメージを一新するような鋳物]

● 低熱膨張鋳鉄

LSI の基板となるシリコンウェハの超精密加工機械のベッドに使われ、ハイテクを頑丈に支えている。



● 流体透過性鋳造品

鋳物とセラミックスを一体化した“呼吸する金属”である。無数の小さな空気孔を網目状にもつ構造を活かして、エアベアリングなどに使われているが、軽量化に効果があり、振動吸収にも優れているため、新しい応用が期待されている。

● ダクティルセグメント

トンネルのシールド工法に使われ、トンネルを掘りながら、同時に築いていく内壁に使われている。強度はもちろん、振動吸収などの特徴が採用の理由である。大深度地下開発が本格化すれば、鉄板やセメントに代わってますます期待される。



出典：日本鋳物工業会 (http://www.chuokai.or.jp/kumiai/jcifa/frame_r4.html)

一方、鋳造現場に長年蓄えられた貴重な技術、技を如何にして次の世代に引き継ぐか、引き継ぐべき次世代の人材を如何にして確保するか、鋳造分野の技術の伝承と人材育成が重要な課題でもある。

5. 付加加工

(1) 溶接・接合 付加加工

■ 技術の概要

溶接とは、材料に応じて、接合部が連続性を持つように、熱又は圧力もしくはその両者に加え、さらに、必要があれば適当な溶加材を加えて、部材を接合する方法をいう。接合の方法によって、大きく分けると、アークを熱源とするアーク溶接に代表される、金属を溶融して接合する「融接」、抵抗溶接に代表される、接合部へ機械的圧力を加えて行う「圧接」、接合する金属を溶融させずにろう材を溶かして金属を接合する「ろう接」に分類される。

[溶接の種類]

融接	被溶接材料(母材)の溶接しようとする部分を加熱し母材のみか、又は母材と溶加材(溶接棒など)とを融合させて溶融金属を作ってこれを凝固させ接合する方法である。 機械的圧力は加えない。	アーク溶接 ガス溶接 電子ビーム溶接 レーザ溶接 エレクトロスラグ溶接
圧接	接合部へ機械的圧力を加えて行う溶接法 圧接には、高温で行う熱間圧接と常温で行う冷間圧接とがある。	スポット溶接 プロジェクション溶接 シーム溶接 アプセット溶接 フラッシュ溶接 バットシーム溶接 摩擦溶接
ろう接	母材を溶融することなく、母材よりも低い融点を持った金属の溶加材(ろう)を溶融させて、毛細管現象を利用して接合面の間隙(すきま)にゆきわたらせて接合をする方法である。	ろう付け はんだ付け マイクロソルダリング

溶接にはさまざまな方法があり、それぞれ、原理、設備、施工法は異なるがその特徴を生かして、いろいろな分野で実用されている。中でも、アーク溶接法は、簡便性、能率性、溶接継手の信頼性などの面から、適用分野が最も広い。

[融接の主な種類]

技術		内容
アーク溶接	被覆アーク溶接	被覆アーク溶接法は被覆材を塗布した溶接棒を電極として母材との間にアークを発生し、そのアーク熱を利用して溶接するもので、一般には手溶接法と呼ばれている。
	TIG 溶接	アルゴン雰囲気中でタングステン電極と母材との間にアークを発生させ、そのアーク熱によって溶加棒及び母材を溶融して、溶接する方法。あらゆる種類の金属の溶接が行える。
	MIG 溶接	シールドガス(アルゴン単独やアルゴンと酸素(2%)の混合ガス)を用いるを溶接部に流し、その中で、ワイヤを連続的に送給してアーク溶接を行う方法。
	マグ溶接	シールドガス(炭酸ガスや炭酸ガスとアルゴンガスを混合)を溶接部に流し、その中で、ワイヤを連続的に送給してアーク溶接を行う方法
	サブマージアーク溶接	粒上のフラックスと溶接ワイヤを使用する溶接で、溶接部に沿ってフラックスを供給し、その中にワイヤを供給して溶接を行う。自動溶接法として最も代表的なもの。
	プラズマアーク溶接	プラズマアークは、機械的・電氣的に収束されたプラズマ柱をもつアークのこと、プラズマアークは高密度の熱エネルギーを発生させることができ、そのアーク熱で溶接を行う。
ガス溶接		燃焼ガスで材料を溶かして接合する溶接である。一般的には、アセチレンガスと酸素を使う。

電子ビーム溶接	電子ビームを溶接部に当てて加熱し、溶接する方法。入熱量が少なく、非常に深い溶け込み深さが得られるので精密な溶接に向く。
レーザー溶接	レーザーで溶接部を加熱し、溶接する方法。入熱量が少なく、非常に深い溶け込み深さが得られる。レーザー光源として、CO ₂ レーザと YAG レーザを使うものがある。
エレクトロスラグ溶接	熔融したスラグ浴の中の溶接ワイヤ供給ロールを介して、主に熔融スラグの抵抗熱で溶接する方法。
その他の溶接	エレクトログラス溶接、制御アーク溶接、プラズマジェット溶接等がある。

圧接の代表は抵抗溶接である。抵抗溶接は、溶接を行う金属(母材)の熔融継手部に電気を流し、その抵抗熱を利用して熔融継手を加熱し、圧力を加えて行う溶接であり、継手の形式から、重ね抵抗溶接と突合せ抵抗溶接とに区分される。

[圧接の主な種類]

		技 術	内 容
抵抗溶接	重ね抵抗溶接	スポット溶接	固定された電極の上にスポット溶接を行うための重ね合わせた母材を置いて挟み、電流を流してその抵抗熱で接触部分の金属を加熱・熔融するとともに、加圧力を加えて接合する溶接方法
		プロジェクション溶接	電子ビームを溶接部に当てて加熱する溶接方法。入熱量が少なく、非常に深い溶け込み深さが得られるので精密な溶接に向く。
		シーム溶接	ローラ電極で溶接継手を挟み込み、ローラ電極を回転させながら加圧・通電することによって連続的に抵抗溶接を行う。
	突合せ抵抗溶接	アプセット溶接	突き合わせた溶接継手の端面を通電による抵抗発熱で熔融・加圧を行い接合する抵抗溶接。
		フラッシュ溶接	溶接継手の端面を軽く接触させた状態で溶接電流を通電させ、接触部が火花になって熔融飛散した後、接触面(溶接面)が十分加熱された状態で強い加圧力を与えて接合する突合せ抵抗溶接。
		バットシーム溶接	突合せ面の一部に加圧力を与えながら溶接電流を通電して加熱する工程を連続的に行って溶接する抵抗溶接。
摩擦溶接			溶接しようとする母材(部材)に圧力を加えながら接触させ、接触させた面に与える相対運動によって摩擦熱を発生させた上でアプセット推力を加えて行う高温圧接。

[マイクロ接合]

マイクロ接合は、接合しようとする対象が微小・微細なもので、接合において特に寸法効果を考慮する必要がある部位などに適用される接合方法である。接合方法には、主に以下のようなマイクロ接合がある。

- ・ 熱圧着
- ・ 超音波ボンディング
- ・ サーモソニックボンディング
- ・ マイクロ接合のソルダリング
- ・ マイクロ接合のブレージング
- ・ マイクロ抵抗接合
- ・ ワイヤボンディング
- ・ ワイヤレスボンディング

[機械的締結]

機械的締結とは、接合しようとする 2 つの部品の接合面にボルト、ナット、リベット、キーなどの機械要素に加えて接合(締結)する方法と、力ばめのように、機械要素を全く用いないで接合材同士を直接接合する方法がある。機械的締結は、接合に用いる機械要素の種類あるいは力学的メカニズムによって次のように分類される。

- ・ ボルト・ナット(ねじ)結合

- ・リベット結合
- ・ピン結合
- ・キー・コッター結合
- ・簡易結合
- ・力ばめ結合(くさび結合) など

[接 着]

接合技術の分類の中で間接結合方式に属し、接着剤としては一部に無機系のものもあるが、大部分は天然あるいは合成の有機高分子化合物を主成分とするもので構成されている。

接着剤の分類として、組成別、硬化方法別、機能別に以下のように分類される。

●接着剤の分類

組成別	熱可塑性／熱硬化性／ゴム系
硬化方法別	溶剤蒸発型／熱溶解型／化学反応型
機能別	構造用接着剤／耐熱用接着剤／導電性接着剤／電気絶縁用接着剤

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

人類が金属を使い始めた青銅器時代以来、金属を切断したり継いだりして、われわれは生活に便利な品物や道具を作ってきた。古くは 4500 年前に遡り、青銅器の接合に溶接が用いられている。母材と母材の間に溶かした溶加材を流し込む鑄掛けという方法だとみられており、青銅器の他、大型の仏像製作や鉄製の農具、刀剣や鉄砲などの武器をつくるのに用いられてきた。

近代に入ると、電気やガスで集中的に加熱することが可能になり、様々な溶接が次々に開発されるが、18～19 世紀に起った産業革命の時代に発明されたガス溶接やアーク溶接は「融接」を代表するものである。中でもアーク溶接は鑄掛けの代替え技術として急速に普及していく。第 1 次世界大戦に入ると、軍事目的を主に溶接能力の大幅な向上が強く求められるようになり、船舶や航空機の建造に溶接が用いられた。

これらの溶接技術は、その発明の時代から今日に至るまで、産業発展にともなう溶接構造物の重厚長大化の趨勢によって進歩発展してきた。そして今日でも、金属加工方法の主要な地位にある。

■ 技術の利活用状況

各アーク溶接法の主要な適用分野をみると、アーク溶接技術は、今日あらゆる工業分野で広く実用化されている基盤技術となっている。

●各アーク溶接法の主要適用分野(◎：広い範囲、○：特定範囲、△：補足的範囲)

	鉄骨・橋梁・土木	造船 海洋構造物	産業機械 プラント機械	自動車 車両
被覆アーク溶接	○	○	○	
マグ溶接(炭酸ガスアーク溶接)	◎	◎	○	◎
ミグ溶接			○	○
ティグ溶接		○	○	
サブマージアーク溶接	○	○	○	
エレクトロガスアーク溶接	○	○	○	
エレクトロスラグ溶接	○	○	○	
セルフシールドアーク溶接	△	△		
プラズマアーク溶接			○	○

(注)エレクトロスラグ溶接は便宜上本表に入れているが、アーク溶接ではない。

出典：アーク溶接技術 (http://www.jpo.go.jp/shiryou/s_sonota/map/kikai03/frame.htm)

抵抗溶接の代表格であるスポット溶接は、プレス成形部材の組立技術として、自動車をはじめ、鉄道車両、家電製品、家具の製造に広く用いられている。

■ 今後の展望・課題

今後の溶接施工技術の発展につながる IT 化・システム化は、その信頼性の向上と、高効率化、コストダウン・競争力の強化、新たな技術の開発など、さまざまな観点から強く望まれている。

さらに、溶接士の高齢化が進む中、所定の品質を得るために行われている熟練作業者の溶接操作を、どのようにデータ化し利用するか、溶接作業を制御するためのソフト面の充足、アーク溶接用センサの開発、改良など、溶接士の技量によらない無人・自動化溶接装置が求められている。

造船・橋梁に適用されたマルチロボット溶接システムは、CAD/CAM システムを用いて、多数台のロボットを制御するものであり、高密度、高能率生産を実現している。

(2) 被覆加工 **付加加工**

■ **技術の概要**

被覆加工は、金属、樹脂、セラミックをはじめとする多くの個体表面に何らかの方法により改質を行い、美観を与えたり、特性、機能性を付加したりすることをいい、めっき、コーティング、蒸着、肉盛、溶射などの加工方法がある。

[めっき]

めっきとは、金属、樹脂、セラミック等をはじめとする素材(製品)の上に銅・ニッケル・クロム・金などの金属の密着性のある薄い皮膜を素材に施す技術をいう。その方法は、電気めっき、無電解めっき、溶融めっきなど様々な方法がある。

めっきは、金属、樹脂、セラミック等をはじめとする素材(製品)の上に薄い金属又は樹脂やセラミック等との複合皮膜を析出させることにより、次のようなさまざまな特性、機能をもたせることができる。

- ・美観(装飾) (めっき金属等により色々な色や表情を付加できる)
- ・硬さ (硬い、柔らかい)
- ・耐摩耗性 (磨り減りにくい)
- ・耐変色性 (色が変わりにくい)
- ・耐食性 (さびにくい)
- ・電気(熱)伝導性 (電気(熱)を通しやすい)
- ・耐熱性 (高温にも耐える)
- ・摺動性 (すべりをよくする)
- ・撥水性 (水をよくはじく)
- ・電磁波シールド特性 (有害な電磁波から保護する) など

電気めっき	湿式めっきのうち、電流によって金属イオンを処理物に固着させ、金属被膜を生成する方法を電解(電気)めっきという。 電解めっきでは、金属が溶けてイオン化している。
溶融めっき	溶融めっきとは、亜鉛とかアルミニウムなどの比較的低融点の金属を溶解した層の中に、鉄を通過又は浸漬させてめっきする方法。鉄板に亜鉛合金を被覆したものが「トタン」、錫を被覆したものが「ブリキ」である。これらが電気めっきと異なる点は、素材と被覆金属との間に合金層ができることで密着性と耐食性を著しく向上させる。
拡散めっき	●ニッケル-カドミウム拡散めっき ニッケルめっき上にカドミウムめっきを行い、300℃で熱処理してニッケルとカドミウムを拡散させためっきである。約500℃くらいの高温にも耐え、塩分に対する耐食性も良好で、ジェットエンジン部品に利用されている。
蒸着めっき	真空蒸着めっき法は、近年、プラスチック製品の進出にともなって、盛んに用いられてきためっき法である。真空中で、めっき使用とする金属を加熱蒸発させ、品物の表面に凝集させる方法で、非金属にもめっきが可能である。光沢に優れているが膜厚は非常に薄い特徴を持っている。 イオンプレーティング、スパッタリングという手段が一般的である。
無電解めっき	品物に通電することなく、還元反応という化学的な方法で金属膜を付ける処理で、プラスチックのような電気を通さない材質にもめっきができる。

[コーティング]

母材の表面にそれとは異なる金属あるいはセラミックスなどの薄膜で覆い、それによって表面改質を図ることをコーティングという。

近年、DLC コーティングという、耐摩耗性・耐凝着性・耐食性が高い次世代コーティング技術が注目されている。DLCはダイヤモンドライクカーボンの略であり、ダイヤモンドと似た物性をもつカーボン膜のことである。

[蒸着]

真空中で何らかの熱源を用いて蒸着物質を蒸発させ、金属表面に凝縮させて膜をつくる方法である。物理蒸着(PVD)と化学蒸着(CVD)がある。

● **物理蒸着(PVD)**

物理蒸着法は、一般には真空蒸着、イオンプレーティング、スパッタリングに分類される。

真空蒸着	蒸発させる金属(蒸発源)を加熱して気化させる。その際、蒸発源を気化しやすくするため、真空近くまで減圧して行う方法。気化した金属は、処理物表面に吸着されると冷却され、その表面で固化し、金属被膜が形成される。この方法は主に純金属の蒸着に用いられる。 例えば、CD(コンパクトディスク)はポリカーボネイトにアルミを蒸着して作られる。
イオンプレーティング	同様に減圧した容器内で、蒸発源と処理物間に電圧をかけ、気化した金属をイオン化して蒸着する方法。真空蒸着よりも密着性が高いので、工具や金型へチタン(Ti)やクロム(Cr)の蒸着を行う際良く使用される。
スパッタリング	減圧容器内で蒸発源と処理物間に高電圧をかけ、同時にアルゴン雰囲気を保つことにより、アルゴンイオンが蒸発源(ターゲットと呼ばれる)に衝突して金属原子が放出され蒸着が行われる。真空蒸着では困難な、合金の蒸着が可能であるため近年その用途が広がっている。

● **化学蒸着(CVD)**

化学蒸着では、素材となる反応物質を気化させ、これを反応ガスと混合して反応室内に充填する。反応室内で、ヒーターによって熱された処理物にガスが接触すると、その熱平衡反応によって処理物表面に皮膜が形成される。化学蒸着は半導体製造に不可欠な技術であるが、皮膜のつきが良いことを利して金型などへの蒸着法としても利用される。化学蒸着においては、電圧をかけることでガスをプラズマ化して行う方法も開発されている。

[肉盛]

肉盛とは、ステライト合金をアーク溶接、スパーク溶接によって、母材表面に硬化、耐食、補修、再生などの目的に応じた所要の組織と寸法を持った金属を溶着する方法をいい、耐摩耗性、耐食性、高温硬さに優れる。最近ではCO₂レーザによる高速肉盛も行われている。この方法は、下地への熱影響も少ないことから、さらに今後、金型への表面硬化法として採用されると考えられる。

[溶射(ガス・プラズマ)]

コーティング材料を加熱により溶融もしくは軟化させ、微粒子状にして加速し被覆対象物表面に衝突させて、凝固・堆積させることにより皮膜を形成する。耐摩耗性や耐食性、熱や電気の絶縁特性を向上させる。

溶射では、被膜生成速度が格段に早く、一方で溶射された材料は工作物に機械的に付着するため、溶射材料、工作物ともに素材の制限がほとんど無いことが特徴である。溶射方法としては、熱源にガスを用いるものと電気を用いるものがある。ガス式のものにはフレーム溶射、爆発溶射がある。電気式のものには、アーク溶射、プラズマ溶射などがある。

■ **技術が求められる社会的・技術的背景**

日本で、めっきが使われたのは、古墳時代から奈良時代にかけてだと言われている。東大寺の大仏ではめっきを施すために練金約 146kg、水銀約 820kg を使用したと記録され、塗金作業には約 5 年を要したそうである。

これらの溶接技術は、その発明の時代から今日に至るまで、産業発展にともなう溶接構造物の重厚長大化の趨勢にのって進歩発展してきた。そして今日でも、金属加工方法の主要な地位にある。

■ 技術の利活用状況

各種被覆加工技術の利活用状況を以下にまとめる。

めっき	我々の身近なめっき製品としてはアクセサリ(装飾品)をはじめホビー用品、食器、家具、ドアノブ、ボタン、トラックのバンパー、ねじ、車、オートバイ、電気・電子部品、パソコン、携帯電話、船舶・宇宙・航空機部品からミサイルまでめっきがなければ我々の生活が成り立たないほどあらゆるものに利用されている。
コーティング	切削工具・プラスチック金型・精密機械部品 駆動部品・医療機器部品・光学部品 摺動部品・ゴム製部品・装飾品 など
蒸着	物理蒸着(PVD): 工具への Ti 合金蒸着、CD 記録面のアルミ蒸着 化学蒸着(CVD): 半導体製造、工具への Ti 合金蒸着、合金の蒸着
肉盛	機械部品、金型等のキズ、磨耗、クラック、腐食などで侵され、使用できなくなってしまったものの補修にも適用できる。耐蝕、耐摩耗素材を用いることにより、長寿命化の付加価値を加えることができる。
溶射 (ガス・プラズマ)	耐食性を目的とした建築物へのコーティング、耐摩耗性を目的とした圧延ロール・機械部品へのコーティング、耐熱性を目的としたエンジン部品などへのコーティング等

■ 今後の展望・課題

アクセサリからハイテク産業に至る幅広い産業を支えている技術であり、我々の生活にはなくてはならないものである。しかしながら、めっき及び関連産業は、人体に対して毒性の高い金属や薬品を使用することから、こうした物質による水質汚濁、大気汚染、土壌汚染問題などが発生し、今日も対策、検討が進められている。

こうした中、近年求められている環境問題、超小型化に対応した、蒸着や溶射などによる、部品の摩擦・摩耗特性を向上させる表面改質技術(トライボコーティング)が開発されている。DLC(Diamond Like Carbon)コーティングによる無潤滑摺動、無潤滑切削などによる、油、油中の重金属、脱クロムめっきなど化学物質排出抑制、自動車エンジン軸受けなどの脱鉛技術などが期待されている。

一方で、表面薄膜生成技術は、大面積、量産の時代に入った。新しい機能材料、機能を持った構造材料がこれからの材料である。高機能性金属は、環境判断順応機能、自己修復機能、自己診断機能など知能材料の流れの中で、要素技術開発における一層の飛躍が望まれる。

6. 組立・仕上げ

(1) 組立

組立・仕上げ

■ 技術の概要

組立は、2個以上の部品を組み合わせて必要とされる機能を作り出す作業のことをいう。たくさんの部品を組み合わせて、1台の機械としての生命を与え最終的な総組立作業が完了する。

大きな機械や、製作台数の少ない機械は、1台ごとに組立作業をする各個組立の方式をとる。印刷機械や繊維機械などの産業機械の製作工場では、同じ機械を複数台数まとめて、効率よく組立作業を進め、これをロット組立と呼んでいる。

ここでは、機械組立と計測器組立の概要を以下にまとめる。

[機械組立]

一般機械の生産は、大きく分けると、工作機械などを使用して組立に必要な機械部品を生産する工程、部品を合わせて一台の製品として完成させる機械組立工程に二分される。機械組立は、この機械組立工程において所要の条件を満たした部品を、図面から作業内容を読み取り、手順に従って組み立てていく。部品どうしがうまく合わないなど、組立中に不具合が見つければ、工具を使う手作業で、その部品を修正する。機械に組んだ時、スムーズに動くよう、部品のすれ合う面をなめらかに仕上げる「すりあわせ」という手作業では、熟練の技が必要となる。

土台部分のすえ付けや、重いユニットの取付けではクレーンなども利用し、各部分を組むごとにボルトのゆるみはないかなど点検、調整をして、機械が組み上がったら、電気配線を行う。

組立終了後、総組立調整作業を行い、組立てた機械が検査仕様どおりの性能を発揮し、正しく作動するかどうかを確認する。

[計測器組立]

計測器の種類は非常に多くあり、計測器組立は、一般的に熟練を要する組立・調整型の作業といえる。多くの計測器は多種少量生産であるため、コンベアによる流れ組立は少なく、計器のうちの一定部分ごとにいくつかのユニットを決めて一人一人がその決められたユニットの組立を行う。これら組立てられたユニットをさらに総合組立工程に移し、組立、調整して製品にまとめ、最終検査をして出荷する。

各組立工程では、金属・合成樹脂・電子材料などでつくられた精密な部品を正確に組立てるため、組立工の個人的な技能差が出ないようにそれぞれの工程で治具を用いて部品が所定どおりセットできるようにし、ドライバでのネジ締め、ボルト締め、カシメ、接着、はんだ付けなどの作業を行う。これらの組立作業は、通常、組立ごとに工程図に基づいて行われる。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

組立システムの変遷としては、フォード社のT型自動車の組立ラインをスタートとした。その後、製品の量産化にともない、組立ラインによる人手による生産から、組立装置、組立ロボットによる自動化と、ライン生産の流れが長く続いてきた。

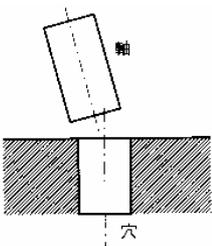
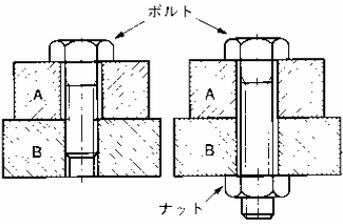
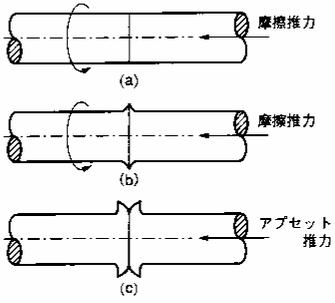
1990年代に入り、それまでの大量生産から、多品種変量生産への移行により、組立システムに変化が生まれてきた。最終組立は一人の人間がすべての作業を行うセル生産方式が多く取り入れられるようになった。

■ 技術の利活用状況

組立は、2 個以上の部品を組み合わせて必要とされる機能を作り出す作業であるが、この組立の精度が高くないと最初に計画した製品ができあがらないため、重要な工程の一つとなる。精度の高い組立を行うためには、機械加工の段階で部品が設計されたとおりに加工されていないとなければならないことになる。

組立作業の種類として以下の様なものが挙げられる。

[組立の種類]

組立の種類	組立の例	例
はめ合い	かん合	<p>軸のかん合</p> 
締結	ねじ締め、リベット、かしめ、止め輪、ピン	<p>ねじ締め</p> 
接合	溶接、圧接、ろう接、接着	<p>摩擦圧接の基本的機構</p> 

出典：ものづくり機械工学 寺田嘉太郎・時末光編著／日刊工業新聞

■ 今後の展望・課題

今後、一般産業機械の組立は、自動組立装置の開発・導入や組立作業に必要な工具・装置の機能が改善され、省力化が進むものと思われる。一方で、メカトロニクス化にともなう組立作業の一層の高度化、超精密化の中で、機械組立工には熟練技能がますます必要とされるようになってきている。

(2) 仕上げ**組立・仕上げ****■ 技術の概要**

一般に仕上げ工程は、部品の寸法・形状精度や表面粗さを設計の許容範囲に収めることを目的とした部品精度達成のための加工と、部品表面の耐食性、耐摩耗性、外観などを維持する目的の表面加工に大別される。

前者の加工には、機械加工、電気化学加工、手仕上げによる加工がある。

近年の機械加工は、切削加工精度が著しく向上しており、従来の研削・研磨加工を必要としない仕上げも可能になってきている。

手仕上げは、主として、手工具によって工作物を加工する作業である。機械組立の際には、はめあう部分や、すりあう部分などの仕上げは手仕上げによる場合が多い。また、機械の修理の際の微細な仕上げでは、手仕上げの技術を必要とすることも多い。作業としては、主に、けがき・やすり仕上げ・ねじ立て・きさげ仕上げ・穴あけなどがある。

[治工具仕上げ]

治具は、機械加工や測定、検査、搬送の際に、工作物の位置を決めて工作機械や測定機などを固定し、加工や測定などを容易に安全に能率よく行うために用いられる器具である。用途により、穴あけ治具、中ぐり治具、検査治具、移送治具、組立治具などがあり、作業能率、精度、安全性を高め、省力化やコストダウンを図ることができるので、この設計、製作、仕上げは重要である。

[金型仕上げ]

機械加工により金型部品が製作された後は、これらを組み立てて金型を完成させる。しかし、加工後の仕上げ工程として、工作物の表面を磨いて鏡状になるまで表面の精度を上げたり、治具工具を取り付け、凸型と凹型の軸の位置を調整したりする。

仕上げは、機械加工と異なり、熟練した作業者が行う。仕上げでは、鉄工やすりやダイヤモンドやすり(工業用ダイヤモンドの微粉末を付着させたやすり)、砥石、みがき粉などを使用してバリの除去や金型部品の表面を磨く。また、磨き上げられた表面を保護するために、硬質クロムめっきやコーティング皮膜を付ける処理を行う場合もある。

仕上げが行われた部品は、六角穴付きボルトやロックピンなどを使用して、設計図通りに組み立てられる。組立の際には、銅ハンマなど柔らかい金属片でたたいたりして微調整を行い、金型がスムーズに作動できるようにする。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

昭和40年代頃の製品には、角張ったデザインが主流であったが、この背景には、工作機械の機械加工技術において、自由曲面の精密加工が困難であったことが関係している。金型に3次元形状の自由曲面を自在に彫り込む技術が登場するまでは、必然的に角張った形状が求められ、仮に曲面が欲しければ、ベテラン仕上げ職人によるやすりがけ手作業による方法が唯一あった。

当時の、機械加工技術が完璧でなかった部分は、熟練した仕上げ職人の卓越した技能によるフォローが極めて重要で、金型部品同士の寸法調整ややすり掛けによる形状合わせ、鏡面磨きなど、金型の仕上げ職人の技量次第で、金型の性能は大きく左右された。

こうした、金型製作の熟練したスキルやノウハウが、日本のモノづくりを世界のトップレベルに押し上げ、その後のコンピュータ技術を取り入れた生産方式へと受け継がれていったのである。

■ 技術の利活用状況

金型製造における設計と機械加工の工程は、3次元 CAD/CAM やマシニングセンタの普及により大幅な自動化が進んでいる。しかしながら、最終工程である磨き工程は、未だ熟練者の手磨きに支えられているのが現状である。

仕上げ精度、歩留まり、時間コストの点で新たな技術の取り組み、性能向上が研究されている。

こうした中で、電子ビームを用いた加工は、精密切断や高機能精密溶接などに利用されてきた。これに対し、大面積の比較的均一な高エネルギー密度電子ビームを発生することのできる電子ビーム照射装置が開発されている。これにより、金型表面を短時間に平滑に仕上げる新たな高能率仕上げ加工が可能になってきている。

■ 今後の展望・課題

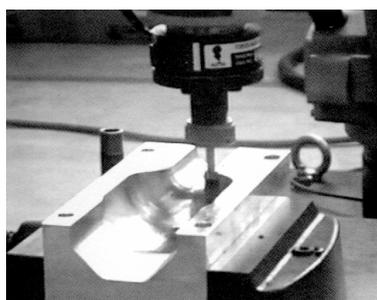
金型製造における機械化・自動化はますます進行する中で、最後の仕上げの部分、「磨き」の工程だけは人と機械の比率にほとんど変化がない。それは、金型磨きがいわゆる“匠”の世界、熟練工の技術を要するためである。しかし、中小のモノづくり企業の高齢化にともない、その高い技能を継承する人材不足、失われつつある職人技に対し、人に代わる加工技術の確立も求められている。

こうした中で、磨きロボットによる金型仕上げ自動化の研究・開発が進められている。簡単な形状の場合はすでに実用化しているが、複雑な形状におけるロボットの仕上げの自動化、発展が期待される。

●磨きロボットによる金型仕上げ自動化

超音波研磨機は、ダイヤモンドヤスリ、砥石、セラミック砥石、木、黄銅などの研磨、ラッピング工具に超音波振動をあたえて、放電加工面のリブ溝磨き、エッジ磨き、底面磨き、R面磨き等金型異形部・細部の仕上げが効率よくできる。

[自動磨きロボットによる仕上げ風景]



[ペットボトル金型の磨き結果]



出典：金型製作の基本とノウハウ ツールエンジニア編集部／(株)大河出版

7. 測定検査

(1) 測定

測定検査

■ 技術の概要

“測る”という行為は、基本的には数値によって対象の寸法、形状、位置、姿勢を表示するための行為である。

工作された機械部品の寸法や幾何学的形状の測定における目的は、

- ① 図面に表示された寸法、幾何量が、実際の部品、製品上に実現されているかどうかを検証する。これによって、部品、製品の性能、機能を保証したり、互換性を確保したりすることができる。
- ② 測定された情報を、加工工程にフィードバックする。あるいは、組立工程にフィードバックする。これによって、加工工程における不具合を修正したり、組み立てやすい部品の選択を決めたりすることができる。
- ③ 加工物が正しく加工されるように修正、補正動作を行うために、加工状態での寸法、形状の測定を行う(インプロセス測定)。

などがある。

[長さを測る測定機器]

名 称	内 容
スケール	測定物の長さを直接測定したり、加工の途中で加工の目安として寸法を測定したりする。
パス	外パス、内パス、片パスがあり、外パスは円筒形の工作物の外径の測定、内パスは内径を測定、片パスは、加工の目安となるけがき線を工作物に付けるときに使用する。
ノギス	スケールとパスを一体化した測定器である。工作物の外径や内径、段差など、さまざまな測定ができ、工作物の寸法を1/20mmや1/50mmの精度で測定する場合は、広く利用されている。
マイクロメータ	精密に加工されたねじの送り量を基準に、長さを測る測定器である。測定精度は、ノギスと比べて約1桁高い。
ダイヤルゲージ	測定子のもつスピンドルが上下に動き、その直線運動を歯車列によって回転運動に変換して長針に伝え、この長針でスピンドルの動いた量を円形の見盛板で読みとる測定器である。
ブロックゲージ	長さの測定の基準となる重要な端度器である。長方形断面を持つ2つの平行平面は、高精度に仕上げられており、ごくわずかの交差内で、呼び寸法に等しく仕上げられている。2個以上のブロックゲージの端面を密着(リングング)させて、目的の長さをつくることができる。

[3次元測定機]

3次元測定機は、寸法だけではなく、形状、位置、姿勢などが1回の測定作業で同時にできる汎用性の高い測定機である。また、コンピュータによるデータ処理を前提とする測定機であり、寸法や形状の大量の項目を同時に評価することができる。あるいは部品上には、存在しない点、線などの位置を測定できることも特徴である。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

古来より、測る、量る、計るといった行為は、人間社会の多くの場面で必要とされてきた。例えば、紀元前2700年頃に作られたピラミッドの精度を見たときに、高精度な測定手段があったことがうかがえる。

精密分野測定の歴史は、18世紀の中頃、蒸気機関で有名なジェームス・ワットによって、マイクロメータが考案され、機械部品の測定に使用されたのが始まりとされている。

機械的なものづくりにかかわる測定においても“測定できないものは、正しく加工できない”という言葉があるように、より高精度な加工法が必要になれば、加工法だけでなく加工精度に見合った測定法も同時に開発するというように、両者は密接に関連しながら発達してきた。

[精密測定の歴史]

1772年	ねじ式マイクロメータ製作 J.Watt(イギリス)
1779年	メートルの定義(フランス)
1846年	カールツァイス社創立(ドイツ)
1853年	ミリオンズ・マーシンの製作 J.Whitworth
1875年	国際メートル条約成立
1887年	PTB(Physicalisch Technisch Bundesanstalt)物理工学研究所創立(ドイツ)
1890年	アッベの原理発見 E.Abbe(ドイツ)
1898年	ブロックゲージの製作 C.E.Johansson(スウェーデン)
1900年	NPL(National Physical Laboratory)国立物理学研究所創立(アメリカ)
1901年	NBS(National Bureau of Standards, 現 NIST)国立標準局創立(アメリカ)
1904年	中央度量衡器検定所(現計量研究所)創立(日本)
1947年	トランジスタの発明 Shockley(アメリカ)
1958年	レーザの発明
1960年	Kr86によりメートルを定義
1960年	3次元測定機の開発 フェランティ社(イギリス)
1982年	STMによる原子像の観測 G.Binnig ほか
1983年	光速によりメートルを定義

出典：精密測定機器の選び方・使い方 大園 成夫編集委員長／日本規格協会

■ 技術の利活用状況

前項の測定機器に対し、技術の利活用状況を整理する。

ノギス	用途に応じて、内側測定専用のインサイドノギス、等径穴の間隔や端面からの穴中心までを測定する丸穴ピッチノギス、歯丈や歯厚用の歯厚ノギス、穴深さや平行面高さなどを測るデプスノギスなどがある。デジタルノギスは 1980 年代以降急激に普及した。
マイクロメータ	測定の用途に応じて、電気・空気マイクロメータ、外測用、内測用、ねじ用、歯厚用、深さ用、各種のマイクロメータがある。その中で、電気マイクロメータは、小型化・軽量化・簡単操作に加えて、さらに製品の高機能化が一段と進んでいる。
ダイヤルゲージ	小型で軽量な変位計として広く利用されており、ブロックゲージを測定の基準として、測定物の寸法を比較測定する。また、工作機械に取り付け、軸の振れ検査や工具、工作物の位置決め作業などにも用いられる。
ブロックゲージ	精度は、寸法の許容差や平行度の許容値により 00、0、1 及び 2 級の 4 等級に分けられる。00 級とは光干渉測定法、その他は比較測定法で測定され、証明書には通常 00、0 級は中央寸法誤差、1 及び 2 級はその等級のみが示される。

[3次元測定機]

最近の 3 次元測定機は、高精度、高速化などの性能向上とともに、測定能力を広げる新しいプローブの搭載、CAD データの利用、測定結果の加工機へのフィードバック、低価格な現場向けフレキシブルゲージなど、測定用途の範囲を大きく広げている。

特に顕著な傾向として、非接触式プローブヘッドを使用した形状測定があり、近年の微細加工技術や新素材技術の進歩にともない、従来の接触式では測定できない小さな工作物や、接触すると変形してしまう柔らかい部位の測定に利用されている。

■ 今後の展望・課題

一般の加工現場では管理された測定室とは異なり、環境条件、特に温度、振動の変化が大きい。従来、機械、加工現場では、その加工対象の大半が鉄系統(鋳物、鋼など)であったがため、工作機械と加工物、あるいは測定物と測定器の間の材質の差は少なく、結果としてあまり厳密な温度管理を行わずとも、ある程度高い精度を維持することができた。近年、多種の材料が加工されるようになるに従い、温度管理は重要な課題となってきている。

(2) 機械的検査

測定検査

■ 技術の概要

機械試験は主として金属材料の機械的性質を求める試験で、静的試験(引張り試験、曲げ試験、ねじり試験、硬さ試験、クリープ試験)と動的試験(衝撃試験、疲労試験、摩耗試験)がある。

[硬さ試験]

硬さ試験は全て、試料に試験力(力)を負荷して生じた変形量(長さ)を測定する。したがって、この試験機も原理に基づくものが大部分で、JISでは、ブリネル硬さ、ビッカース硬さ、ロックウエル硬さ、ショアー硬さの試験機と試験方法が規定されている。

[引張り試験]

引張り試験は試験片を徐々に引張り、降伏点又は耐力、引張り強さ、伸び、絞りのすべて又は一部を測定する。この引張り試験は機械的性質を求める最も重要な試験である。荷重を試験片の断面に均一に作用させ、破断に至るまでに十分に変形を生じさせることができ、その結果から他の試験における性質を定性的に推定できる。

[疲労試験]

材料に弾性限度内の低い応力を繰返し加えると、引張り強さよりもはるかに小さい応力で破壊する。この現象を疲労あるいは疲労破壊と呼んでいる。疲労試験はこのように材料の繰返し応力に対する疲労強さを求める試験である。加える負荷応力の種類によって曲げ、引張り・圧縮、ねじり、また、ねじりと曲げの組合せなどがある。試験方法は、試験片に負荷荷重を加え、破壊するまで繰返す。鉄鋼材料の場合、10回の繰返しで破壊しなかった応力を持って疲労限度とする。この疲労限度が機械設計には重要な役目を果たす。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

材料試験は、人間が生活するために必要なものをつくるには、必要な部材や、部材の寸法をどのように決めるのがよいか、そして、その寸法を決めるための法則を確立するためには、材料の強さを調べる必要があるという認識から始まっている。

これまで長い年月を経て、疲労破壊が最初に意識されたのは、イギリスのコメット号の度重なる墜落事故からであり、1985年に起きた日航ジャンボ機墜落事故もまた、金属疲労による疲労破壊が原因とされている。最近では、原発の炉心隔壁(シュラウド)でひび割れや、地下鉄車両の台車の亀裂、2007年に起きたジェットコースターの脱線事故など、破壊現象が疲労原因によるものも多発している。今日の機械や構造物の破壊事故原因の多くが、金属疲労が何らかの形で関与しているといわれている。疲労破壊は一見突然起こるように見えるが、疲労過程途中の材料表面や破断面を顕微鏡等で観察すると、き裂がきわめて小さい部分から発生し、それが拡大伝ばして破壊に至ったことがわかっている。

こうして、機械や構造物がどの程度の強さを持ち、耐久性を備えているのか、機械的検査の重要性が再認識され、あらゆる分野でその需要は高まっている。

■ 技術の利活用状況

[硬さ試験]

以下に各種の硬さ試験方法について示す。

ブリネル硬さ試験方法	試験片に鋼球圧子を押込むものであり、くぼみが大きく正確な測定が行いやすい。他の硬さ試験機に比べて、試験荷重が大きく、また、くぼみも大きく試料の平均的硬さを求めるのに適している。したがって、素材、圧延材、鍛造品、鋳物などの硬さ試験に向いている。
ビッカース硬さ試験方法	試験片に四角錐のダイヤモンド圧子を押込み、そのときできたくぼみの対角線の長さを顕微鏡で測定し、その断面積を求める。試料や目的に応じて試験荷重が自由に選べる。小さい試料や薄い試料、脱炭層、残留オーステナイトなどの非常に微小な部分、又は浸炭層、窒化層など表面からの硬さ分布など細かく求めることができ、微小試料の検査には最も威力を発揮している。
ロックウェル硬さ試験方法	試験片に超硬合金球圧子を押し込み、このときのくぼみを測定する。広い範囲の硬さ測定に利用されている。個人誤差や測定誤差が少なく、しかも圧痕が比較的小さく、熱処理した仕上げ品の硬さ測定に適している。
ショアー硬さ試験方法	ダイヤモンドを先端につけたハンマを一定の高さから試験片に落下させ、ハンマの跳ね返り高さを測定する。試験片に傷を付けることなく簡単に測定ができる。しかしながら、測定条件に左右されやすく、個人誤差、測定誤差が出やすいので精度良く測定するには、熟練が必要である。

[引張試験]

引張試験は以下の手順で行う。

1. 旋盤で材料試験片を作成(寸法は JIS で決められている)
2. 試験片の種類や材質を確認してから、試験機に固定
3. レバーを少しずつ動かしながら、徐々に荷重を加える
4. このときの荷重と伸びの関係が試験機に表示される
5. 材料が二つに破断するまで、荷重を加える

実験で得られた荷重と伸びの関係や、実験前後の断面積や長さの変化などから、「降伏点」「引張強さ」「伸び」「絞り」などの試験片の機械的性質を求める。

[疲労試験]

疲労試験は、材料を繰り返し曲げたり、ねじったり、引っ張ったり、圧縮したりして、疲労破壊させるもので、疲労限度や疲労寿命などを求める試験である。繰り返し応力をどのようにして与えるかによって、平面曲げ疲れ試験機、回転曲げ疲れ試験機、ねじり疲れ試験機、引張・圧縮疲れ試験機などがあり、中でも一番使われているのが、回転曲げ疲れ試験機である。

■ 今後の展望・課題

破壊現象の中でも、疲労破壊の場合は、眼に見えないで突然おきるため、事故を予測することは難しい。また、原因となる繰り返し負荷応力のもとでは、疲労強度に影響を与える因子は非常に多い。したがって、これらの因子を一つずつ解決し、疲労寿命を改善し、長寿命化させることは難しい。しかしながら、金属学的な因子、材料学的な因子、表面状態に関連した因子、使用状況に関する因子などを検討し、疲労寿命の向上を図ることは、大切なことである。

今後は、これらの因子について、物質の科学的特性、過去のデータなどを活用して、体系的なデータベースを構築し、早期発見、予防、対策に反映させていくことが必要である。

(3) 金属学的検査**測定検査****■ 技術の概要**

金属組織試験には、光学顕微鏡や電子顕微鏡を用いて行うミクロ的な試験と、目視や低倍率の拡大鏡を用いて行うマクロ的試験法がある。

[ミクロ組織試験]

金属及び合金の諸特性は、基本的には添加元素の種類と量によって決定されるが、熱間あるいは冷間加工、熱処理などによる微視的な組織の変化もまた密接な関係がある。微視的に金属組織を観察することにより、鑄造や鍛造あるいは熱処理、溶接などの適否、また、結晶粒の大きさ、非金属介在物の有無と分布など広範囲にわたって材料の性状が判断できる。

一般的な金属組織試験法は、

- (a) 試料の採取 : 検査の目的に合った部分から採取する。
 - (b) 研磨及び琢磨 : 試料面を平滑にし、かつ鏡面にする操作。
 - (c) エッチング : 電気的、化学的な方法によって金属組織を現出させる。
 - (d) 検鏡 : 顕微鏡を用いレンズを通しての組織観察及び写真撮影を行う。
 - (e) 組織判定 : 組織を解析し欠陥との関係、熱処理操作の良否など判定する。
- 以上のような行程で組織検査を行う。

[マクロ組織試験]

マクロ的組織試験方法には、試料全体の組織を判定するため、目視あるいは低倍率(20倍以下)の拡大鏡を用いる方法と、研磨を行いエッチングして観察するマクロエッチング試験法がある。

● マクロ組織試験法

鋼の断面を塩酸、塩化銅アンモニウム、王水などを用い、エッチングして樹枝状結晶、インゴットパタン、中心部偏析、多孔質、ピットなど鋼中に存在する欠陥組織をマクロ的に試験する方法である。被検面の粗さは原則として、JIS B0601に規定されている12.5~25Sに仕上げ、検鏡面が小さい場合は塩酸、大きい時は塩化銅アンモニウムを用いる。処理方法はエッチング液を70~80℃程度に加熱し、組織の出現状況を観察しながら適当な時間浸漬する。組織が出現したら液から取り出し水洗、中和、乾燥して観察する。

● 弱酸エッチングによるマクロ組織試験

金属組織試験と同様にフェルトによる琢磨仕上げを行う。エッチングは3~10%ナイトルを用いて組織を現出させる。この方法によって偏析、白点傷などの材料欠陥、高周波焼入れや炎焼入れ層、浸炭、溶接部の組織変化、研磨焼けなどが観察できる。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

各種試験によって、材料特性を調べることは重要である。

製品を製造する場合には、素材の材料特性を調べておく必要があり、素材の特性を知らずに物を作れば必ずトラブルになる。材料の物性、機械的特性のデータは設計には必要不可欠な知識であり、製品のコストダウンを行うには、材料の特性を知っておくことは必要条件である。同時に、使用環境時の状況を考慮しつつ、材料の寿命の把握も必要である。材料にも機械にも寿命があり、製品は部品の寿命で耐用年数が決まる。

■ 技術の利活用状況

マクロ組織試験は、鋼の表面又は断面の欠陥や性状及び組織を腐食して肉眼で観察する試験である。また、ミクロ組織試験は、顕微鏡で鋼の組織を観察し、鋼の性状を判定する試験である。また、この試験は鋼の顕微鏡組織試験とも呼ばれており、試験に用いられる顕微鏡は、金属顕微鏡の他に電子顕微鏡も用いられる。

■ 今後の展望・課題

金属学的検査は、検査対象物を傷つけたり、壊したりすることなく行う非破壊検査の部類にあたる。これらの検査は、フローからストック市場に目が向けられ、既存構造物の疲弊把握や設計面・施工面での社会的なトラブル、安全・安心意識の高まりから、ニーズが広がり、注目されている。

(4) 非破壊検査**測定検査****■ 技術の概要**

非破壊検査とは、素材・部品・構造物等の品質を保証する手段の一つとして用いられる手法をいう。材料、製品、構造物などの種類に関係なく、検査対象物を傷つけたり、壊したりすることなく、それらの表面及び内部における傷の有無・状態を知るために行う試験をいう。

一般に、「非破壊試験」とは検査対象物に傷の有無を調べる試験のことをいい、「非破壊検査」は実施された試験結果をもとに、検査対象物が用途目的に適合しているか否かを判断することをいう。

試験方法としては、最も簡単な目視検査をはじめとして、放射線透過試験、超音波探傷試験、磁粉探傷試験、浸透探傷試験などがあり、どの非破壊試験を行うかは被検査物の材質や検出したい欠陥、経済性を考慮して決定する。非破壊試験は次のような場面で使用されている。

① 製造技術の改良

仕様に定められた品質の製品を製造するために、予備的に製造された製品について、非破壊試験を行う。その結果から製造条件を決定し、初期の目的とした品質の製品が得られるような製造技術を確立する。

② 製造コストの低減

非破壊試験を実施するためには費用がかかり、製造コストを上昇させるように考えられがちである。しかし、製造工程中の適切な時期に非破壊試験を行い、不良品を早期に発見し、廃棄処分にすることができれば、以後の工程にかかる費用がかからなくて済み、生産コストの上昇を抑えることができる。

③ 信頼性の向上

素材から最終製品まで非破壊検査を適用し、設計、素材、製造技術の良否を判断し、その中で破壊事故につながる可能性の因子を取り除くことにより、製品の破壊事故を未然に防止することができる。また、全数検査が可能であるために、製品の品質に対する信頼性も向上させることができる。

④ 保守検査

使用中の機器について定期的に非破壊試験を行い、欠陥のあった箇所は欠陥が大きくなっていないかを調査し、欠陥の存在しなかった箇所については欠陥が発生していないかを調査する。また、石油タンクやガスタンクなどは腐食によって肉厚が減少していないかどうかを調査し、使用に耐えうるかどうかの判断の資料とする。

[主な非破壊試験方法]

試験方法	内容
磁粉探傷試験	鉄鋼材料などの強磁性体を磁化すれば試験体中に磁束の流れを生じ、これを妨げるような欠陥が試験体表面、又は表面近傍に存在すると磁束の一部が表面に漏洩する。このことを利用して欠陥を検出する試験方法である。 割れのような線状欠陥の検出能力が浸透探傷試験(PT)より優れているため、船舶・海洋構造物・各種化学プラント・各種機械類等の製造時のみならず供用中の検査にも使用される(磁粉二探傷試験の通用はその原理から強磁性体材料に限られる)
浸透探傷試験	試験体の表面に開口した欠陥に浸透液を浸透させ、表面の余剰な浸透液を除去した後に現像液を塗布することにより、欠陥内部の浸透液を吸い出して欠陥指示模様を形成させる方法で、鋼・アルミニウム・銅などの金属材料に限らず、セラミック、ガラス等の非金属材料にも適用可能である。 電源や特別な装置を必要としないことから場所を選ばず、手軽な方法として表面欠陥の検出によく利用されている。 なお、微細な割れのような線状欠陥の検出精度は磁粉探傷試験方法の方が優れているが、磁粉探傷試験は磁性体材料にしか適用できない。
過流探傷試験	電磁誘導原理によって欠陥を検出する試験方法である。具体的には試験体に隣接して置いたコイル中に交流を通じることにより生じる電磁場が、導体である試験体中に誘起させた渦電流の発生状況を把握することにより試験体中の欠陥を検出するものである。 一般的には、管材(チューブ)の調査に多用される試験技術であり、検査方式としては、小領域に生じた欠損を調査する自己比較方式と、全体的な減肉を調査する標準片との対比による絶対値方式の2種類ある。検査対象となる試験体(管材)は非磁性体材料が一般的である。
超音波探傷試験	超音波の反射作用を利用して試験体中の欠陥を検出する試験方法である。具体的には試験体の表面(探傷面)から超音波パルスを入射させ、試験体の底面や欠陥などにより反射し、再び戻ってきた超音波パルスを受信する。超音波の伝播時間から反射源の位置を求め、他方受信した超音波パルスの大きさから反射源の大きさ等の状況を推定する。
放射線透過試験	X線やγ線などの放射線の透過作用を利用して試験体中の欠陥を検出する試験方法。試験体中に割れや空洞等の欠陥があれば健全部に比べ透過放射線の吸収が少なく、その分背面のフィルムに到達する放射線強度が強くなり、結果として得られるフィルム上の濃度変化によって欠陥の存在を識別する方法。 放射線透過試験は、内部欠陥の検出に優れており、平面的ではあるが、欠陥像として視覚に訴えることが可能で、他の試験方法に比較して記録性にも優れている。
AE(アコースティック・エミッション)技術	圧力容器の耐圧試験時のモニタなどに用いられ、金属が割れ、又は、破壊するときに発する弾性波(振動・超音波)を多数の探触子で検出、解析して割れの発生時期、その位置を検出する方法である。近年の超音波技法にともない、この方法を用いて破壊の情報を知ろうとする計測技術が確立されている。
ひずみ測定	いろんな形あるものは、きず等の不具合をもっている。そして、そこに外から力が加わると、変形破断等の大災害につながる。つまり、力が加えられたときのひずみや応力を測定することが重要になる。そして応力の直接測定は難しいので、ひずみを測定し、換算することになる。最近では破壊力学を用いた余寿命評価にも、ひずみ測定が行われている。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

人類が将来にわたって安全で快適な生活を送るためには、地球規模での自然環境を維持することが不可欠である。このためには、工業製品や各種設備について、それらの安全性を確認しながら可能な限り長期間にわたって利用することにより、廃棄物を極力減らす努力の積重ねが必要となる。

非破壊試験は、素材からの加工工程及び完成時の製品の検査、設備の建設時の検査などに適用することにより、製品や設備の信頼性を高めて寿命を長くすることに役立っている。また保守検査の一環として非破壊試験を適用することにより、使用中の設備

などを長期にわたって有効に活用することを可能とする。

非破壊試験は、廃棄物を少なくして自然環境を維持するために非常に有効な技術であり、社会の安全を確保するための技術であり、今後ますますその重要性が高まると考えられる。

■ 技術の利活用状況

非破壊検査は、生産ラインにおける品質管理又は製品・構造物の品質保証、さらには予寿命診断等を行う上で必要不可欠な技術である。

非破壊検査の歴史は古く、例えば、果物の熟れ具合を熟練した人なら、たたいた音や外観だけで選別できるのも一種の非破壊検査法である。しかし、近代的な意味で工業分野に非破壊検査が適用されたのは 1925 年頃にアメリカの火力発電所で使用される鋳造品の検査に用いられたのが最初である。

わが国においては、1930 年代の半ばに国産の線装置が製造されたのを契機として適用されはじめたが、工業分野に非破壊検査が広く浸透したのは、戦後、船舶建造法においてリベット締めにならわって溶接工法が適用されてからとなる。

非破壊検査の対象は、原子力・火力発電設備、石油プラント設備、貯槽・圧力容器、船舶・車両・航空機等の輸送機器、橋梁等の土木建築物、ガス・水道などのインフラに至るまであらゆる物に適用されている。また、鉄鋼材料以外にも、コンクリート、セラミックス、FRP 等の非金属も検査対象としてあげられる。

■ 今後の展望・課題

内部欠陥や表面の微小欠陥を性格に検出することは本来難しい問題であり、非破壊試験技術の信頼度が高まってきてはいるが、過信は禁物である。

非破壊検査では、試験結果の精度はその検査に従事する検査技術者の技量に依存するところが大きく、検査技術者の技量レベルを常に一定以上の水準に維持する必要がある。

材料・機器・構造物の健全性を調査するに当たっては、傷の種類、発生位置及び発生要因など周辺条件を考慮し、最適な検査法を選定・適用する必要がある。検査対象物に対して、一つの検査法を適用することで全てを満足することはできないため、それぞれの検査法の特性を十分理解して、二種類以上の検査法を組み合わせるとか、重複して検査を行なうのが一般的である。

また、安全面においては、放射線透過試験による放射線被ばく障害に対して、文部科学省・厚生労働省から「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」「電離放射線障害防止規則」などが定められており、有資格者の管理下で作業を行う必要がある。

非破壊試験の検査にあたっては、非破壊検査技術者による検査の計画、実施、管理を行うことが望ましい。

8. 保守管理

(1) 生産工程管理 保守管理

■ 技術の概要

生産工程管理とは生産の3条件であるQCD（品質・値段・納期）を達成するために、生産システムの構成要素を総合的に計画、統制、調整していく活動である。

[生産形態・生産方法の選定]

実際の生産現場では、種々の生産形態の中から製品の構成、特性や生産量によって、最適の生産形態が採用されている。在庫の抱え方によって受注生産と見込み生産があり、品種と生産量による生産の形態として「多品種少量生産」「中品種中量生産」「少品種多量生産」などがある。

また、販売予想量や需要量の多少に基づき、注文に従い個別に製作する個別生産、同一製品や部品を適当な数量にまとめてその分を定期的に繰り返して連続的に生産するロット生産、生産数量が非常に大きく継続的に多量生産する連続生産が考えられている。

注文の型	品種と生産量	加工品の流し方	組立の方式
受注生産	多品種少量生産	個別生産	ライン生産
見込み生産	中品種中量生産	ロット生産	セル生産
	少品種多量生産	連続生産	

[生産管理]

生産計画とは、需要予測と顧客ニーズを把握した上で、生産する製品、納期、数量、場所、工数を計画することである。

① 工程計画

設計図に基づき工程と内容の検討、各工程に必要な3M（人、設備、資材）を決める。

② 日程計画

工数計画に基づき日程を計画する。

③ 工数計画

工程計画に基づき人、設備が充足するか検討する。外注の依頼も検討する。

④ 資材計画

手順計画に基づき資材の種類、量を検討、手配する。

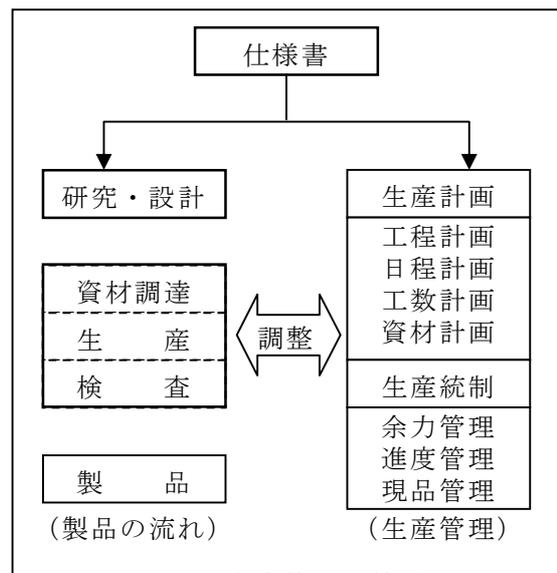


図1 生産管理の体系

出典：ハンディブック機械 萩原 芳彦／オーム社

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

生産管理の考え方、体系、機能などは、全て製造工程の現場で生まれ発展してきたものである。

明治初期、生産管理の草創期にアメリカにおいて、技術者・テラー、職人・グルブレス 2 人の先駆者の研究が基になっている。テラーは、作業を細かく観察し、一連の作業を細かな作業に分解し、その作業ごとに経過時間を測定した。これを「時間研究」と呼び「標準出来高」、「標準作業」を設定し、これが「作業管理」なる体系を確立していく。一方、グルブレスは、職人による出来高の相違は、作業のやり方、特に動作の無駄に起因していることを発見し、「動作研究」を実施し「基本動作」を開発した。これらの研究が、今日においても、作業測定技法と方法改善技法の 2 大柱として通用している。

1970 年代に入って、マイコンの出現によって産業用ロボットや NC 工作機械など工場の製造現場が大きく発展し ME 革命をもたらした。この ME 革命は、従来の自動制御の技術も一変して高度な自動化による生産方式の開発へと発展していった。

また、一方で、製造業から始まった ME 革命は、流通業、サービス業へも浸透し、産業構造の変革、多様化時代の到来となる。多様化の影響により、製造業は、製品の多様化、ライフサイクルの短縮、開発競争の激化、納期の短縮化などの変化に対応した、生産方式、生産形態、製品構成、生産管理の再構築が求められている。

製造工程では、CNC 工作機械、MC、産業用ロボットなどが主役で稼働する FMS（フレキシブル生産システム）の開発が盛んになり、多品種少量生産の自動化方式が進んでいく。

設計部門では、CAD/CAM の構築が進展し、設計や生産面での CAE の導入により、製品や部品の開発期間、試作期間、設計改善期間が大幅に短縮され、製品の性能評価がシミュレーションによって得られるようになっていく。

FMS の方は、自動搬送システム、自動倉庫、自動点検システム、FA（ファクトリー・オートメーション）コンピュータ、工場用 LAN、ホストコンピュータなどのシステムとつながり FA へと進展している。

■ 技術の利活用状況

消費者の満足を得るためには、需要の三要素（品質・値段・納期）を考慮した製品仕様が決められ、生産計画が立てられる。計画どおり実施させるため、品質を安定させ、原価を低減し、定められた納期に完成するように、作業日程や工程を管理する生産統制が行われている。

具体的な生産方式としては、ライン生産方式が、特定の製品を流れ作業で大量に生産することによって、大幅にコストを下げることができるといったことから、これまで多くの企業によって利用されてきた。

しかしながら近年は、多品種少量生産の時代ニーズを受け、生産性の向上につながる「セル生産方式」、「かんばん生産方式」などを導入する企業が増加している。

[セル生産方式]

組み立て製造業において、1 人ないし数人の作業者が、部品の取り付けから組み立て、加工、検査まで 1 つの製品を作り上げる自己完結性の高い生産方式である。従来の長いコンベア生産方式に替わる新しい生産方式で、作業者と作業者の間の仕掛品がなくなり、作業者の熟練をムダなく生産に活かす方法である。部品や工具を U 字型などに配置したセルと呼ばれるライン（作業台、屋台）で作業を行う。

セル生産方式はコンベアによる生産に比べると次のような利点があるとされている。

- ・ 部品箱の入れ替えやセルでの作業員の作業順序を変えるだけで、生産品目（製品バリエーションなど）を容易に変更できることで、多品種少量生産に向いている。
- ・ セル内人数の調整やセル数の増減によって、生産量の調整など変化に対応しやすい。
- ・ 作業員のモチベーションが上がる。
- ・ セル生産ではあるセルが停止したり不良品を出したりしても、ほかのセルは独立して稼働しているので無駄（仕掛かり在庫）が少ない
- ・ すべての仕事を担当者がスルーで受け持つ（丸持ち）ので、問題点や改善点が見えやすく、改善提案が多数期待でき生産性、品質の向上が図れる

一方で、セル生産は、熟練するまでに時間がかかり、作業効率が作業員個人のやる気に依存するため、工員の長期雇用が前提となる。

セル生産は、1990年に入って、エレクトロニクス製品の組み立て生産工程で採用されるようになった。当初は、比較的小型の製品に向いているとされていたが、その後工作機械や自動車などの分野でも導入が進み、アパレル分野ではセル生産方式のイージーオーダー縫製工場も登場している。

【かんばん方式（just-in-time）生産】

量産工場に用いられ、各工程に「必要なものを必要なときに必要な量だけ」かんばん（支持票）と呼ばれる情報伝達ツールを使って“後工程引き取り”を実施する工程管理手法である。

かんばんとは、生産工程の各工程間でやり取りされる伝票で、後工程から前工程に対して引き取りや運搬の時期、量、方法、順序などを指示したり、前工程へ仕掛け（生産着手）を指示したりするもの。

ポイントは後工程（部品を使用する側）が「何を、いつ、どれだけ、どんな方法で欲しいか（使ったのか）」の情報を出し、それに応じて前工程（部品を供給する側）が生産を行うことである。すなわち、生産量や生産開始時期は、使用量や使用時期に応じて自律的に調整される仕組みになっている。この効果として、作り過ぎ・運び過ぎの無駄を抑制して部品（中間品）在庫を圧縮するとともに、最新の部品在庫を使用することによる品質向上、工程の遅れなどを検知する“目に見える管理の道具”としても効果があるとされる。

1954年にトヨタ自動車工業の本社機械工場の一部に導入され、後に、指示書に変えて現品票（前工程が現品に付けて送ってくる伝票）を応用した“かんばん”が使われるようになり、「かんばん方式」と呼ばれるようになった。

近年、遠隔地の工程との情報交換などを目的に、ITを駆使した「電子かんばん」（e-かんばん）も登場している。

■ 今後の展望・課題

生産管理は、一般に多くの目的を同時に満たす計画をたて、生産結果が計画どおりであったか、生産過程において何か不都合はなかったか、といった管理活動を行なうことである。生産に関する情報処理の迅速化と正確性、処理に従事する人の能力、とくに、新しい技術にすみやかに対応しうる力が必要である。CIM・IMS（計算機を用いる受注、生産、購買、販売の統合システム）、FMS（需要変動に対応しうる生産システム）、EOS、MRP（原材料の自動発注システム）など、新しい生産システム、生産管理システムにより、激変する経営環境に対応しようとしている。

また、常にシステムに人間的要素を考える必要があり、人の感覚、判断、決定、ミス、行動についての研究も必要である。

(2) 品質管理**保守管理****■ 技術の概要**

品質管理とは、顧客のニーズに合った品質・機能を持つ製品を、より経済的につくり続けるために、製造工程にあって、その製品の仕様どおり製造が維持され、改善を図ることができるように維持することをいう。

また、製造部門にとどまらず、全社的な企業活動の管理をも含めた生産全体の経営管理にも活用されている。このような品質管理を全社的な品質管理(total quality control: TQC)という。

[品質の定義]

品質については、製造原価を抑えつつ、品質特性の高いものを目指し、各段階に置いて、品質の基準を具体的な数値として設定し、品質基準として定めておく。

企画品質	商品企画段階で決まる品質で、顧客の要求している品質を定義し、製品コンセプトに盛り込む品質のことである。
設計品質 (ねらいの品質)	設計図において規定された品質で、設計者が販売面、技術面、原価面などを考慮して決めたものである。運用上のバランスを加味したものが品質目標である。
製造品質 (できばえの品質)	実際に製造されたものの品質で、適合品質ともいわれ、設計品質と多少の違いがある。 設計品質の決定の際には、製品の商品価値(すなわち売価)、工程能力(技術的な能力)、原価などを考慮するが、実際には能率の影響で製造品質が変動する。このような品質が品質標準となる。作業標準どおりにやれば作れる品質である。
使用品質	顧客(消費者)に製品が渡って、実際に顧客がその商品を使用したときの品質で、一般的には製造品質と使用品質は一致しない。

[品質保証]

品質保証は、『消費者の要求する品質が十分に満たされていることを保証するために、生産者が行う体系的活動』である。

そのための手段として、製品やサービスの品質に対し、一定以上の水準を確保することが求められる。このお客様に保証する品質を保証品位という。

従来は品質保証のためには、第一に消費者の要求品質を正しくつかむこと、第二には要求品質又は使用品質を十分に反映するように、製造した品質が設計品質に適合するように製造工程を管理するとともに、検査により保証を確認することが必要とされた。

最近では、欧米で一般的な ISO9000 シリーズの品質管理システムにおける品質の役割の 1 つとして、信頼感を与えるための手段としての重要性が認識されつつある。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

近代的品質管理は 1920 年代から第二次世界大戦中にかけてアメリカで生みだされた。ベル研究所のシューハートは大量の製品の品質を全体的にまとめて作り込む方法がないかを考察し、品質管理に統計的方法を応用することを発案した。その後、アメリカ軍は戦争に用いられる膨大な数の兵器の品質を確保するために、シューハートの考え方を採用し、これを軍の規格にした。大量に作られる製品の品質を確保するにはどうしたらよいか、アメリカの軍はこれを「統計的品質管理によって品質を確保する」というシューハートの理論に求めた。これが品質管理の実質的な出発点である。

わが国の品質管理は、よいモノを買うための品質管理ではなく、よいモノを作るための品質管理として出発した。第二次世界大戦により荒廃した日本を立て直す道は工業立国であった。安定して製品を輸出するためには、品質のよいものでなければならない。生産者の立場での品質管理は改善と市場に重点が置かれ、不良の原因を解析し、

工程の改善を行って不良防止をはかることが品質管理のおもな活動となる。このような品質管理は日本で発展したため日本的品質管理とよばれることがある。

■ 技術の利活用状況

品質管理活動の進め方は、一般に、Plan - Do - Check - Action (PDCA) の サイクルを回すことによって行われるが、PDCA とは、Plan(プラン、計画)-Do(ドゥ、実行)-Check(チェック、効果確認)-Action(アクション、処置)の英単語の頭文字をとったもので、これを書き表した輪のことを「管理のサイクル」(日本ではこう呼ばれることが多い)と言い、これを輪のごとく、回していくことによって品質向上をめざしていく。



管理のサイクル

また、品質管理は、統計学的な手法によって、QC の七つ道具といわれる管理方式で行われる。

[QC の七つ道具]

種類	目的	イメージ図																																	
ヒストグラム	ばらつき管理 ばらつき状態の規則性を明確化できる。																																		
グラフ・管理図	管理図 工程の異常を偶然に起きるばらつきと区別して発見するのに役立つ。																																		
チェックシート	漏れの防止 現状把握、解析、管理に有効である。	<p>チェックシート 工程名: スペシャルケーキ製造不良</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>月日</th> <th>チェック項目</th> <th>件数</th> <th>チェック</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">4月5日</td> <td>形の崩れ</td> <td>6</td> <td>/// /</td> </tr> <tr> <td>大き過ぎ</td> <td>2</td> <td>//</td> </tr> <tr> <td>小さ過ぎ</td> <td>1</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td>トッピングミス</td> <td>3</td> <td>///</td> </tr> <tr> <td>味覚悪い</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>色具合悪い</td> <td>3</td> <td>///</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">4月8日</td> <td>形の崩れ</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>大き過ぎ</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トッピングミス</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	月日	チェック項目	件数	チェック	4月5日	形の崩れ	6	/// /	大き過ぎ	2	//	小さ過ぎ	1	/	トッピングミス	3	///	味覚悪い	0		色具合悪い	3	///	4月8日	形の崩れ			大き過ぎ			トッピングミス		
月日	チェック項目	件数	チェック																																
4月5日	形の崩れ	6	/// /																																
	大き過ぎ	2	//																																
	小さ過ぎ	1	/																																
	トッピングミス	3	///																																
	味覚悪い	0																																	
	色具合悪い	3	///																																
4月8日	形の崩れ																																		
	大き過ぎ																																		
	トッピングミス																																		
パレート図	重点管理 不良原因の項目のうち、いちばん多い原因を判別するために有効である。	<p>▶ 図表 パレート図</p>																																	
層別	層別管理 品質のばらつきを起こさせる原因が材料なのか機械であるかなど原因別に分けて、その原因を明らかにすることに有効である。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>A工程</th> <th>B工程</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>汚れ</td> <td>//</td> <td>///</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>きず</td> <td>///</td> <td>///</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>不良</td> <td>/</td> <td>//</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>/</td> <td>///</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>7</td> <td>13</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	項目	A工程	B工程	合計	汚れ	//	///	5	きず	///	///	8	不良	/	//	3	その他	/	///	4	合計	7	13	20									
項目	A工程	B工程	合計																																
汚れ	//	///	5																																
きず	///	///	8																																
不良	/	//	3																																
その他	/	///	4																																
合計	7	13	20																																

<p>特性要因図</p>	<p>原因の体系化 結果に至るたくさんの原因が、どのような因果関係になっているかがわかる。</p>	
<p>散布図</p>	<p>互いの関係をみる 対応して変化する2つの量の相互関係を明確化することに有効である。</p>	<p>▶ 図表 散布図 (正の相関)</p>

出典：図：FK PLAZA(<http://fk-plaza.jp/index.htm>)

■ 今後の展望・課題

最近では、顧客に対して信頼感を与えることに対する重要性が増してきた。納品した製品の品質や性能について、製品のライフサイクルを通じて一定の条件を満たすことを保証しなくてはならなくなった。

欧米で一般的な ISO9000 シリーズの品質管理システムは、品質について信頼感を与えるための手段として、重要性が認識されつつある。ISO9000 シリーズによる品質監査は、購入者が明確に示した品質要求を確実に作り込めるようなシステムを作り、それが維持されているかどうかを第三者が継続的に審査するもので、主に製造品質に近い品質を保証するものである。品質管理技術のハウトゥ化が進んでいる最近の傾向を考えると、今後ますます重要性は増すものと考えられる。

(3) 機械保全 **保守管理**

■ **技術の概要**

機械保全は、設備などの寿命や性能を維持することを目的とし、生産性の向上のための費用低減と信頼性の確保の両立を求めるものである。

保全形式は、大きく予防保全と事後保全に分類できる。予防保全には検査・診断・監視・点検、事後保全には交換・補修・調整などの処置に大別される。効果的な設備保全管理を行うためには、設備に適した保全方式を選択する必要がある。

現場での保全の具体的な活動として、①劣化を防ぐ活動、②劣化を図る活動、③劣化の復元活動の3つが必要である。

①劣化を防ぐ活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 正しい操作(ヒューマンエラー防止)、正しい調整、調節(工程不良防止) ・ 基本条件整備(清掃・点検・給油・増締め) ・ 異常の早期発見・異常の予知 ・ 自主保全データの記録(再発防止)
②劣化を図る活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日常点検(パトロール点検、運転中「5感」点検) ・ 定期点検(停止時・定期修理時開放点検)、定期取替
③劣化の復元活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小整備(簡単な部品交換、異常時の応急処置など) ・ 故障・不具合の迅速かつ正確な連絡 ・ 突発故障修理の援助

さらに、これらの活動を行う上で、以下の4つの力を持つことが必要である。

- ① 異常発見能力 : 異常を異常として見る目を養う
- ② 異常処置・回復能力 : 発見した異常を迅速に正しく処理する
- ③ 条件設定能力 : 正常／異常の判定基準を定量的に決める
- ④ 決め事の維持管理能力 : 決めたルールをキチンと守る

■ **技術が求められる社会的・技術的背景**

自動化技術やメカトロニクス技術を駆使して作られた高価で高度化・複雑化した近代的生産設備が増えるにともない、従来以上に、設備機器に対するメンテナンスの重要性が高まっている。安定操業を行なう上で、確実な保全を行なっていく必要がある。

本来、設備機械を常に最高状態で稼働するには動きに異常を起こさないことがある。しかし、機械は運転状況の環境、周囲の環境によって異常を起こす要因と常に接しているため、稼働に有害な性能低下や故障停止を招くことになる。このような事態を招かぬためにも機械が傷んでいる異常の情報を早期に収集し、故障を未然に防ぐ予防保全が重要であり、点検や監視、診断技術など保全技術が求められている。

■ **技術の利活用状況**

機械保全技術の利活用状況において、特に留意すべき設備・装置について、以下にポイントを取りまとめる。

[保全方法]

設備・装置など	保全内容など
電気配線設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産設備やこれらを制御する管理システム等の電気配線設備の点検あるいは装置の障害時の診断などを実施する。
キー・軸・軸受け	<ul style="list-style-type: none"> ・ キーとは、軸と歯車など、軸からの動力を他の機械要素に伝えるための機械要素である。 ・ 軸は、回転運動で動力を伝達する機械要素品であり、すべり軸受けは、軸と軸受けとが薄い油膜を介して相対滑りをする軸受けである。 ・ すべり軸受けの点検としては、軸受けの温度・騒音・振動の点検、潤滑油の量・圧力・温度の点検を行う。

締結用装置	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の部品を締め付け、部品が動かないように固定する装置であり、ねじは締結の代表的手段となる。 ・装置の点検としては、ねじの表面状態を点検するとともに、ねじにゆるみが起きないように増締め点検を行う。また、テストハンマー法によりナットの側面をハンマーでたたき、その時の打撃音や手の感覚で状態を判断する。
回転機械	<ul style="list-style-type: none"> ・発電用タービンから大型ガス圧縮機、粉体・粒体機器まで、多くの機械が回転運動を利用した回転機械である。 ・損失が少なく、滑らかな回転運動を実現するためには、回転機械の日常、定期的なメンテナンスが必要である。また、特に最近の回転機械の高性能化により「振動の問題」に直面し、迅速かつ高度な対応が求められている。
油圧・空気圧装置	<ul style="list-style-type: none"> ・油圧・空気圧装置は、動力伝達の媒体として、加圧した油や圧縮空気を使った機械システムをいう。流体を圧縮するポンプや圧縮機、圧縮された作動流体を蓄積するアキュムレータ、作動流体を導く管路、圧力や流量を調整する調整弁、仕事をするアクチュエータなどで構成される。これらの装置は、生産現場の選別、搬送、加工・組立、検査など多くの用途に利用されている。 ・空気圧装置では、潤滑、調整、点検、取替えなどの日常保全活動、計画的な点検修理・交換が必要である。 ・油圧装置では、油温、油面、油漏れ、圧力、ポンプ音の日点検、その他、定期点検を実施することが必要である。
振動診断	<ul style="list-style-type: none"> ・回転機器はその振動状況を知ることにより、その機械が健全であるか否かの診断が可能である。 ・診断用振動計を用いて定期的に簡易診断を実施し、設備の劣化傾向を把握することによって、異常の早期発見を行う。 ・回転機械の振動診断を行なう場合は、検査員が現場で測定を行っていたが、インターネットを利用したリモート診断サービスも実施されている。
潤滑診断	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の摩耗故障期の有効な保全方式は、状態監視保全であり、機械故障の予兆を知り、適切な保全を行うことであり設備の損傷の初期状態を知るには潤滑診断法が有効である。 ・潤滑診断としては、フェログラフィ、SOAP 法があるが、生産現場で測定することはできず、分析には時間と費用がかかる。機械の摩耗状態を簡易的に測定する手段として潤滑油鉄粉濃度チェッカーの簡易診断機とオンラインでの診断技術も開発されている。

また、機械保全には「機械保全技能士」という国家資格があり、工場の設備機械の故障や劣化を予防し、機械の正常な運転を維持し保全する能力を持つものを認定することになっている。機械保全には①機械系保全作業、②電気系保全作業、③設備診断作業の3つの資格があり、それぞれ1級・2級・3級の設定がある。

■ 今後の展望・課題

21世紀は環境の世紀と言われる。地球環境問題への対策を進める上で、メンテナンスの重要性はますます顕在化している。バブル経済が破綻し、低成長経済に移行した現在では設備の使い捨ての時代から、今ある設備をいかに上手にメンテナンスし、生産を続けるかという時代が変わった。摩擦低減による省エネルギーや摩耗防止による省資源化、さらには、これらの結果がもたらす機械部品の長寿命化や故障防止による設備の安定化など、メンテナンス技術に大きく貢献するトライボロジーに期待と注目が集まっている。

一方で、生産活動のグローバル化にともない、メンテナンス技術者の資格制度もISOで検討されており、メンテナンスという地道な業務に携わっている人々が世の中から評価される時代になりつつある。

(4) 金型保守・保管**保守管理****■ 技術の概要**

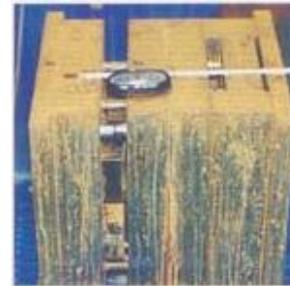
金型が製作された後は、量産部門でプレス機械や射出成形機に取り付けられて、その威力を発揮する。

金型の部品は、熱処理された鉄鋼などを使用しているため、一般の機械と比較すれば頑丈にしかも耐久性があるように設計されている。しかし、高速で量産加工されるために、摩耗が発生したり、焼き付けが起きたりする可能性がある。したがって、通常は、ある一定の期間ごとにメンテナンス・分解掃除や保守管理を行う。

定期的なメンテナンスをしっかりと行っていれば、金型は長持ちし、いつまでもよい品質の部品を生産することができる。

また、金型の保管方法も重要で、錆が発生しないように配慮をしないと、梅雨時や湿度の高い国ではあっという間に赤錆だらけになってしまう。錆止めスプレーや防錆シート、専用保管箱などを使用して大切に保管することが重要である。

- 摂氏 0 度で冷却し、6 時間維持後、摂氏 40 度・湿度 90% 状況下にて 1 週間放置したもの。0 度から 40 度への昇温に際し、金型表面には結露が発生、これが錆の原因となる。

**■ 技術が求められる社会的・技術的背景**

金型は、素材、機械加工、放電加工、熱処理及び表面処理の高度な加工技術が蓄積された工具である。鋳造や成形過程での効率的な管理技術の適用により、高精度で高品質な金型を用い、安定した製品づくりが行われている。逆にとらえれば、金型の安定化は、素材や加工、熱処理、操業過程の溶接や補修及びメンテナンス技術の良否に著しく左右される。

今後は、生産性の向上を目標とした、金型の寿命向上及び対策による安定化には、材料の選択や各種加工工程の改善、保守・保管方法の配慮・工夫などが重要となる。

■ 技術の利活用状況

プラスチック射出成形金型の場合には、キャビティの分割面に「やに詰まり」(溶けたプラスチックから発生するタール成分や揮発性の物質が蓄積して固まったもの)が発生するので、金型にもよるが、2 週間から 2 ヶ月に 1 回ぐらいのペースで分解掃除を行う。また、スライドコアなどの摺動する部品の焼き付きや部品同士が接触する面の摩耗なども確認して交換や補修をする。

プレス金型の場合には、パンチやダイが摩耗するので、パンチの先端の再研磨を定期的に行う。また、ベアリングやガイドなどの分解掃除や注油などを行う。

金型の保管方法としては、錆止めスプレーや防錆シート、専用保管箱などの使用がある。

● 金型輸送・保管ボックス

気化性防錆フィルムで包んだ金型をポリプロピレン製専用ボックスに収納することで、輸送途中や保管時に発生する錆、ホコリを大幅に削減できる。

気化性防錆フィルムを使用すれば、防錆目的の油塗布、使用時の油除去が不要となるので防錆コストが少なくすむ(1 回のフィルム挿入で約 5 年の防錆効果)。

■ 今後の展望・課題

製品の生産終了後も、製品保守用部品の供給は必要となる。こうした場合、金型を保管しておくのか、その金型で加工する部品をストックして置くのかなど判断が求められる。

保守部品供給年数を踏まえ、部品機能の重要性／過去の類似部品の供給実績／型保管に要する費用／部品機能による部品での保管の可能性／簡易型での品質・製作コスト等を考慮して、型保管・廃却を決定する。

【複製・引用・参考資料一覧】

1. 設計製図

(1) 製品設計・部品設計

「経営革新を支える製品設計と生産システムとの関係について」/ITコーディネイター京都
(<http://www.ITc-kyoto.jp/ITc/index0175.html>)

初歩から学ぶ設計手法 大富 浩一著/工業調査会

レンズ設計 収差係数から自動設計まで 高橋 友刀著/東海大学出版会

CADから飛び出す3次元モデル/日経ものづくり 2005年8月号

(2) 設備設計

機械工学便覧 生産システム工学 日本機械学会編/丸善

現場で役立つ機械設計の実務と心得 渡辺康博著/秀和システム

(3) 治工具設計

モノづくりのための治具設計 酒庭 秀康著/日刊工業新聞社

IT時代のジグ活用術 佐藤 善治著/日刊工業新聞社

治具・取付具の作り方・使い方/大河出版

(4) 金型設計

日本金型工業会(<http://www.jdma.net/>)

プラスチック成形用金型/中小企業事業団

(<http://www.techno-qanda.net/dsweb/View/Collection-1982>)

最新金型加工技術 2005年版/機械と工具 5月号別冊

金型のできるまで 吉田 弘美著/日刊工業新聞社

金型がわかる本 中川 威雄著/日本実業出版

(5) 生産システム設計

これからの生産管理がわかる本 篠 康太郎著/PHPビジネス選書

ハンディブック機械 萩原 芳彦/オーム社

機械工学便覧 生産システム工学 日本機械学会編/丸

(6) 機械制御

機械工学科の学生のための初級メカトロニクス/(独)海上技術安全研究所 平田宏一
(<http://www.nmri.go.jp/eng/khirata/mechatro/index.html>)

基礎 制御工学 森 政弘・小川 広鑛共著/東京電気大学出版局

よくわかる機械制御の基本とメカニズム 城井田 勝仁著/秀和システム

ロボットのしくみ 城井田 勝仁著/日本実業出版社

精密測定機器の選び方・使い方 編集委員長・大園成夫/日本規格協会

2. 改質加工

東大阪市技術交流プラザ(<http://www.techplaza.cITY.higashiosaka.osaka.jp/word/>)

イオン注入による表面改質(<http://www.aichi-inst.jp/html/news/news94/94112.html>)

はじめての表面処理技術 西平 宣弘・三尾 淳著/工業調査会

新素材・新材料のすべて [工業材料] 編集部 編/日刊工業新聞

最新・接合加工技術とその応用 日本機械学会 編/日刊工業新聞

3. 除去加工

(1) 電気化学加工

工作機械(<http://kk.jisw.com/>)

最新・接合加工技術とその応用 日本機械学会 編/日刊工業新聞社

ハンディブック機械 萩原 芳彦/オーム社

(2) 機械加工

最新・接合加工技術とその応用 日本機械学会 編/日刊工業新聞社

はじめての工作機械 ニュースダイジェスト

ハンディブック機械 萩原 芳彦/オーム社

工作機械の基礎のきそ 横山 哲男著/日刊工業新聞社

(3) その他の加工

工作機械 (<http://kk.jisw.com/>)
 東大阪市技術交流プラザ (<http://www.techplaza.city.higashiosaka.osaka.jp/word/>)
 最新・接合加工技術とその応用 日本機械

4. 変形・成形加工**(1) 塑性加工**

日本金属プレス工業会 (<http://www.nikken.or.jp/>)
 東大阪市技術交流プラザ (<http://www.techplaza.city.higashiosaka.osaka.jp/word/>)
 最新・接合加工技術とその応用 日本機械学会 編/日刊工業新聞社
 基礎塑性加工学 川並 高雄他著/森北出版
 プレス技術 vol. 45 2007. 1/日刊工業新聞社

(2) 射出成形加工

選ぶ・造る・使う 中村次雄/工業調査会
 射出成形 基礎の基礎 横田明/日刊工業新聞社
 はじめての金型技術 松岡甫篁・小松道男著/工業調査会
 型技術 2007 5 vol. 22 No. 6/日刊工業新聞社

(3) 鑄造

鑄造 コロナ社・堤信久著
 日本鑄造協会 HP (<http://www.foundry.jp/what.html>)
 日本鑄物工業会 HP (<http://www.chuokai.or.jp/kumiai/jcifa/index.html>)

5. 付加加工**(1) 溶接・接合**

アーク溶接技術/特許庁
 (<http://www.jpo.go.jp/shiryousonota/map/kikai03/frame.htm>)
 溶接 (<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%BA%B6%E6%8E%A5>)
 最新・接合加工技術とその応用 日本機械学会 編/日刊工業新聞社

(2) 被覆加工

東京都鍍金工業組合 (<http://www.tmk.or.jp/>)
 城南電化協同組合 (<http://www.jod.or.jp/index.htm>)
 機械設計 2004Vol. 48No. 8「最近の表面改質技術の効果的活用」/日刊工業新聞社
 めっきとハイテク 日本化学会/大日本図書
 はじめての表面処理技術 西平 宣弘・三尾 淳著/工業調査会

6. 組立・仕上げ**(1) 組立**

機械工学便覧 生産システム工学 日本機械学会編/丸善
 ものづくり機械工学 寺田嘉太郎・時末光編著/日刊工業新聞

(2) 仕上げ

はじめての金型技術 松岡甫篁・小松道男著/工業調査会
 金型製作の基本とノウハウ ツールエンジニア編集部/(株)大河出版

7. 測定検査**(1) 測定**

光学・精密測定機器データベース/日本光学測定機器工業会
 (<http://www.prodb.jp/j-oma/>)
 精密測定機器の選び方・使い方 大園 成夫編集委員長/日本規格協会
 機械工学便覧 加工学・加工機器 日本機械学会編/丸善

(2) 機械的検査

東部金属熱処理工業組合 (<http://www.tobu.or.jp/yasashii/yasashii.htm>)

高エネルギー加速器研究機構 (<http://www.kek.jp/newskek/2002/sepoct/neutron.html>)
最新・接合加工技術とその応用 日本機械学会 編／日刊工業新聞社
明解・材料試験のABC 香住浩伸著／技術評論社
金属材料の組織変化と疲労強度の見方 藤木榮著／日刊工業新聞社

〈3〉 金属学的検査

東部金属熱処理工業組合 (<http://www.tobu.or.jp/yasashii/>)
金属材料試験のおはなし 中込 昌孝著／日刊規格協会

〈4〉 非破壊検査

非破壊検査 (NDT) (<http://www.nichizotech.co.jp/jigyuu/0203.html>)
(社)非破壊検査協会 HP (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsndi/aboutus/aboutus02.html>)
精密測定機器の選び方・使い方 大園 成夫編集委員長／日本規格協会
溶接ニュース 05年4月12日号 日本非破壊検査工業会 福永功

8. 保守管理

(1) 生産工程管理

生産管理の基本的考え方 (http://www.a-lab.jp/a/topics/u3_sekou/kiso-seisan.html)
生産管理の発展と展望 高橋 弘行
(<http://www2.chuo-u.ac.jp/tise/kyouyou/7takaha1992080/index.html>)
これからの生産管理がわかる本 篠 康太郎／PHP ビジネス選書
ハンディブック機械 萩原 芳彦／オーム社

〈2〉 品質管理

品質管理講座 (<http://www1.harenet.ne.jp/~noriaki/link72.html>)
ハンディブック機械 萩原 芳彦監修／オーム社

〈3〉 機械保全

潤滑管理最前線／出光 HP
(<http://www.idemitsu.co.jp/lube/mission/solution/control.html>)
ジュンツウネット 21／潤滑通信社 HP
(<http://www.idemitsu.co.jp/lube/mission/solution/control.html>)
機械系技術用語 機械保全技術研究会編／電気書院
わかりやすい機械要素 (上下巻) 日本メンテナンス協会編／日本プラントメンテナンス協会

〈4〉 金型保守・保管

はじめての金型技術 松岡甫篁・小松道男著／工業調査会