

# 第 1 章

## 金型と金型材料

本章では、主要な金型と金型材料を述べる。本書の狙いは切削加工技術をわかりやすく解説することにあるので、金型材料の熱処理や用途といった問題よりも、金型の製作過程で行われる切削加工に軸足を置いてデータを紹介する。

初めに、金型と工業技術を述べる。金型材料については、JIS 鋼種の一般構造用鋼、機械構造用炭素鋼、機械構造用合金鋼、炭素工具鋼、合金工具鋼、高速度工具鋼、これらに焼入れ焼戻しを行った高硬度鋼と AISI-P 21 系プラスチック金型用のプリハードン鋼を紹介し、その他の金型材料ではマルテンサイト系ステンレス鋼、マルエージング鋼、熱伝導率が大きく冷却能に優れたアルミニウム合金や銅合金などの非鉄系金型材料、精密金型に使用されるフェロチックなどの複合材料や超硬合金を取り上げる。

金型材料として知られる材料が金型以外の用途に使用される反面、アルミニウム合金や銅合金のように金型には不向きと考えられがちな材料が金型用途に使用される例も多い。金型材料を明確に区分することは難しいが、切削加工が困難な特性をもつということに着目して捉えることとする。

## 1.1 金型と工業技術

### 金型とものづくり

20世紀後半になって、わが国は自動車、家電、切削工具、工作機械、船舶、半導体、その他の工業製品が世界中から高い評価を得て、自他共に認める技術立国、工業立国へと成長し、グローバル経済の発展に大きく貢献した。

その発展過程で金型技術の果たした役割は極めて大きい。金型材料、並びにそれらを切削して完成した金型に製作する加工技術は、商品としてマーケットに流通する大衆性はないが、消費者の目に触れないところで、わが国の工業や経済の発展を支えている。

金型によるものづくりは、一つの金型で数万、数十万という大量の部品や製品を生産する。一つひとつの品質が均一でネットシェープに作られる場合は、追加加工や仕上げ加工の切削が不要になる。切削工具も工作機械も不要なカッティングツールレス、マシンツールレスの生産形態が採られる。

しかし、金型による大量生産の上流には、金型製作の工程がある。そこでは高性能な金型材料と切削工具、工作機械に関する最先端のハードウェアとソフトウェアが求められる。金型の製作技術の優劣は、工業技術の盛衰を左右し経済発展にも大きく影響する。

### 金型の種類

金型の種類を大きく分類すると、プレス用金型、プラスチック用金型、ダイカスト用金型、鍛造用金型、鋳造用金型、窯業用金型、ガラス用金型、ゴム用金型、粉末冶金用金型などに分けられる。これらの金型のわが国の生産比率を図1.1に示す。以下に金型の種類を簡単に解説する。

#### (1) プレス用金型

プレス機械を使用して金属板などのプレス成形を行う金型である。**抜き型**、

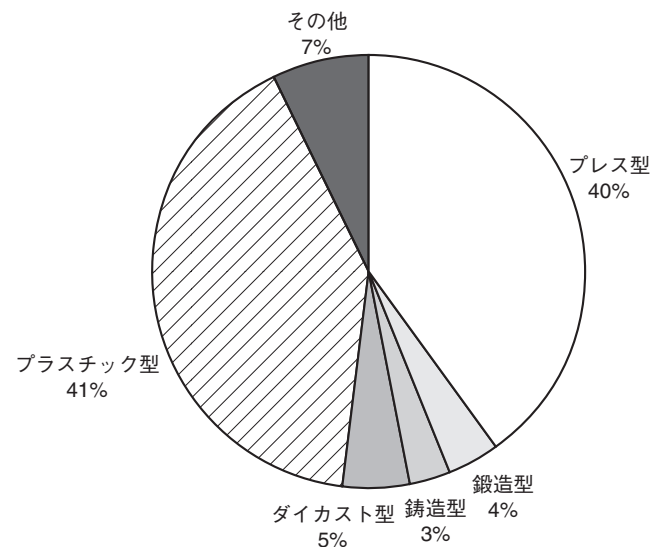


図 1.1 金型の種類とその生産比率<sup>1)</sup>

**曲げ型、絞り型、圧縮型**などがある。最近では、これらの型を複合させて成形加工を行う**順送型**などの**複合式プレス金型**がある。成形品の素材は鋼板、非鉄金属板などで、品目は自動車、家電、家庭用品、その他雑貨と幅広い。金型の約40%を占める。

#### (2) プラスチック用金型

射出成形機や圧延成形機でプラスチック系材料の射出成形や圧延成形を行うための金型である。

プラスチックの歴史は、1907年のベークランド (Baekeland) が実用化したフェノール樹脂にさかのぼる。1945年頃まではプラスチックといっても、このフェノール樹脂が主なもので、電球のソケットや洋傘の柄などに使用される程度であった。しかし、現代はプラスチック・エージと呼ばれるほどで、スペースシャトルからゴミ袋まであらゆる分野で使用されている。

プラスチックには、熱可塑性樹脂としてポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、塩化ビニルなどがあり、熱硬化性樹脂としてユリヤ、フェノール、

メラミンなどがある。自動車や家電をはじめとしてあらゆる分野で幅広く使用されている。

特にエンジニアリングプラスチック（エンブラ）と呼ばれる高機能樹脂は、強度、剛性、靱性ともに優れる。これに強化材として炭素繊維やガラス繊維を添加したFRP（Fiber Reinforced Plastics）は鉄の数倍の強度をもつ。最近では、炭素繊維入りFRPが航空機の機体重量の50%まで採用され、航空機の軽量化と燃費向上に貢献している。プラスチックは金属と並んで現代文明を支える柱に生長し日常生活に深く定着している。

プラスチックの用途を広め需要を高めたのが金型である。プラスチック用金型の需要は極めて旺盛で、プレス型と並んで金型の約40%を占める。用途、形状、種類も著しく増加し、**射出成型**のほかに**圧縮成型**、**真空成型**、**移送成型**、**吹込み成型**などがある。

### (3) ダイカスト用金型

ダイカスト機械にセットして使用する金型である。アルミニウム合金や亜鉛合金などの軟質金属のインゴットを素材とするダイカスト製品の成形に使用される。家電、自動車、日用雑貨などに幅広い需要がある。

### (4) 鍛造用金型

鍛造用ハンマー、鍛造用プレス機械で使用される金型である。鍛造金型で生産される鍛工部品、鍛工製品には、複雑形状のものとして自動車のクランクシャフトのようなものがあり、単純形状のものとしては、加工現場で使用する手工具類（ハンマー、ペンチ、スパナ）などがある。成形品の素材は棒鋼材や非鉄金属材料などである。自動車の重要保安部品や建設機械部品なども、鍛造型で作られるものが多い。

### (5) 鑄造用金型

金属材料の製法は溶解冶金法と粉末冶金法に大別される。鑄造用金型は前者で使用される。**砂型用模型**、**シェルモールド型**、**ロストワックス鑄造型**、**圧力鑄造型**、**重力鑄造型**などがある。

高温に過熱して熔融した鉄や鋼、銅合金、アルミニウム合金などの金属材料

の湯を鑄型に流し込み、または注入して、素材や製品としての所定の形状や寸法に製作する金型である。品目は自動車部品が多い。

### (6) 窯業用金型

窯業金型の代表的なものとして、煉瓦、ガイシなどの金型がある。窯業製品の成形に使用される金型である。

### (7) ガラス用金型

ガラス製品の金型で、ウイスキー、日本酒、ビールといったアルコール飲料、その他の用途のビン類の製ビンに使用される**吹き型**、皿やグラスなどのガラス製食器類を成形する**押し型**などがある。

### (8) ゴム用金型

自動車、自転車などの車輪用タイヤ、靴や靴底などの履物用ゴム製品の成形に使用される金型である。ゴムの生地を蒸気で加熱し、金型に挟んで成形加工する金型である。

### (9) 粉末冶金用金型

粉末冶金用プレス機械にセットして使用される金型である。金属やセラミックス、サーメットの微粉末を圧縮生成する。常温で成形する**コールドプレス**と、加熱して成形する**ホットプレス**があり、多くは前者である。圧縮成形された圧粉体は電気炉で真空焼結される。

この金型で生産されるものに、超硬合金、サーメット、セラミックスといった切削工具、含油軸受、焼結機械部品、バルブシート材といった機械構造部品用焼結材料、レアメタルの純タングステン、純モリブデンといった高融点金属、各種の磁性材料などがある。最近、粉末冶金法が高度に発達した結果、高Siアルミニウム合金、高速度工具鋼、超耐熱合金、チタン合金などの金属部品、金属製品の素材が粉末冶金法で作られるようになった。

## 1.2 一般構造用鋼と機械構造用鋼

表 1.1 一般構造用鋼圧延材 (JIS G 3101)<sup>2)</sup>

種類の記号	化学成分 (%)			
	C	Mn	P	S
SS 330	—	—	0.050 以下	0.050 以下
SS 400				
SS 490				
SS 540	0.30 以下	1.60 以下	0.040 以下	0.040 以下

### 金型用鋼の切削加工

金型技術の進歩は金型材料の技術革新によるところが大きい。鉄鋼メーカーは競って高級金型材料の開発に注力し、次々と高性能特性の合金工具鋼やプラスチック用金型材のプリハードン鋼を市場に供給してきた。

ここで述べる一般構造用鋼圧延材や機械構造用鋼は、新金属系金型材料にそのネームバリューを奪われて注目される存在ではなくなったが、現在も金型材料として多用されていることに変わりはない。

切削加工という視点で捉えると、これらの材料は切削データが豊富に蓄積されているので、新しい高級金型材料についての切削加工技術や金型製作の生産性向上、トラブルシューティングに対して確かな指針を与えてくれる。

### 一般構造用鋼圧延材

JIS 規格は、一般構造用鋼圧延材として表 1.1 の 4 鋼種を規定している。初めの「S」は鋼 (Steel) を表す S、次の「S」は構造用 (Structure) の S である。3 桁の数字は N/mm<sup>2</sup> 表示の引張り強度を表す。

一般構造用鋼圧延材は、工具摩耗が生じにくく、高速切削が可能で長い工具寿命が得られるが、ドリル切削では切りくずコントロールに難点がある。また、仕上げ面が白濁しやすい。高度な仕上げ面品位が必要な部品加工では、プリハードン鋼、合金工具鋼や高速度工具鋼、高硬度鋼の部品よりも被加工面の表面粗さや光沢が得られず苦慮することが多い。

### 機械構造用炭素鋼と機械構造用合金鋼

鋼種の JIS 規格について、表 1.2 に機械構造用炭素鋼 (以下で炭素鋼と表示) の化学成分、表 1.3 と表 1.4 に機械構造用合金鋼 (以下で合金鋼と表示)

表 1.2 機械構造用炭素鋼の化学成分 (JIS G 4051)<sup>3)</sup>

単位: %

種類の記号	C	Si	Mn	P	S
S 10 C	0.08~0.13	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 12 C	0.10~0.15	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 15 C	0.13~0.18	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 17 C	0.15~0.20	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 20 C	0.18~0.23	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 22 C	0.20~0.25	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 25 C	0.22~0.28	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030 以下	0.035 以下
S 28 C	0.25~0.31	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 30 C	0.27~0.33	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 33 C	0.30~0.36	0.15~0.35	0.90~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 35 C	0.32~0.38	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 38 C	0.35~0.41	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 40 C	0.37~0.43	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 43 C	0.40~0.46	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 45 C	0.42~0.48	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 48 C	0.45~0.51	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 50 C	0.47~0.53	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 53 C	0.50~0.56	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 55 C	0.52~0.58	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 58 C	0.55~0.61	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 以下	0.035 以下
S 09 CK	0.07~0.12	0.10~0.35	0.30~0.60	0.025 以下	0.025 以下
S 15 CK	0.13~0.18	0.15~0.35	0.30~0.60	0.025 以下	0.025 以下
S 20 CK	0.18~0.23	0.15~0.35	0.30~0.60	0.025 以下	0.025 以下