
第1章 プレス加工のあらまし

〔学習のねらい〕

私たちの身の回りには、プレス加工で作られた機械部品がたくさんあります。プレス加工技術は、切削加工技術などと並んで、工業製品の生産になくてはならない重要な技術です。ここでは、プレス加工とはどのような技術なのか、プレス加工によってどのような部品が作られるのか、そのあらましを学習しましょう。

(高石 和年)

(1) プレス加工とその歴史

図1は、自動車を例にとりて、プレス加工によって作られている部品を示したものです。ボディのパネルはいうに及ばず、シャーシ・クランク軸など、実にたくさんの部品がプレス加工によって作られていることがわかります。

この他、私たちの身の回りにある家電製品、カメラ・時計などの精密機械、食器・台所用品、さらには IC などの半導体にもプレス部品が多数使用されています。

プレス加工は、プレス機械と金型を使って、金属材料などに圧力をかけて打抜き・曲げ・絞りなどの成形を行う加工方法です(図2参照)。原理は、とても簡単なことですから、大昔から行われてきました。

プレス加工の歴史は、紀元前後にふいごと手づちを用いて、刀・剣・鎧などの武具をたたいて作ったのが始まりのようです。我が国では、武器、特に日本刀を作り上げることで、プレス加工技能が発展してきました。強じんで切れ味のよい日本刀を作るためには、刀をたたたく鍛錬作業がものをいうからです。火縄銃の銃身も鍛造で作られました。これらの作業は、機械を使用しない人力に

1か月目学習

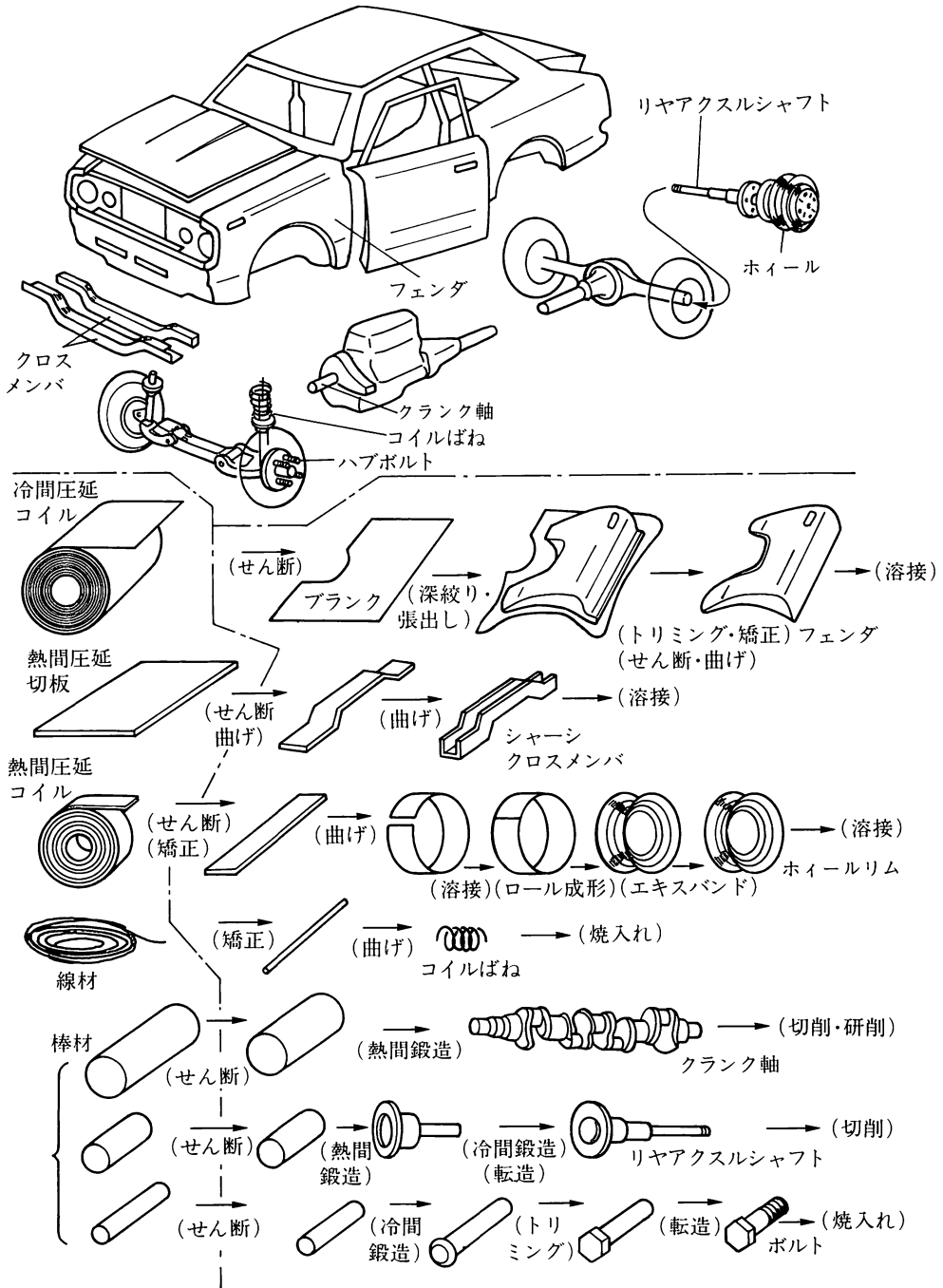


図1 プレス加工によって作られた自動車部品の例(出典：裳華房『塑性加工』)

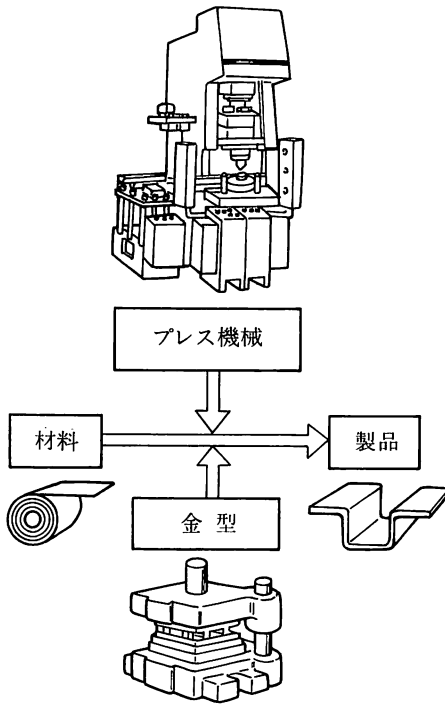


図2 プレス加工の構成

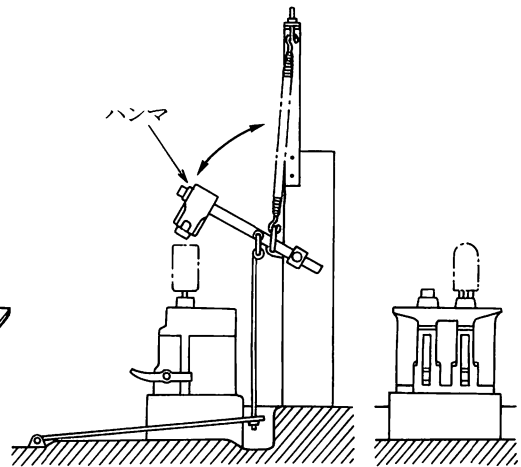


図3 イギリスで発明された
足踏み式の圧造機（1830年）

よるプレス加工というべきもので、ハンマと心金、あるいは金敷との間で鉄の材料をたたいて行ったものです。

この他、プレス加工の発達を促したものは、ねじ・ボルトで、やはりハンマによる鍛造で製作されました。産業革命以後、各種機械に用いられるボルトやリベットの鍛造を行うために、1830年に英国で、最初の足踏み式ドロップハンマ（圧造機）が発明されました（図3参照）。その後、欧米において鍛造機械を中心としてプレス機械が開発され、工業の発展とともに急速に普及していきました。

我が国でプレス機械を使った近代的なプレス加工が開始されたのは、開国後の明治時代以後になってからです。すなわち、明治42年に砲兵工廠にフランス製のドロップ式ハンマが設置されたのが最初で、兵器の製造に使用されました。

第二次世界大戦前は自動車産業の発展に伴い、フロントアクスルなどを製造するために、型打ちドロップハンマが外国から多数導入されました。小型のパ

1か月目学習

ワープレスは、大正10年にはすでに国産機が製造されています。

しかし、プレス機械が飛躍的に発展するのは戦後になってからです。精密加工を必要とする電気部品の製造のために、昭和24年頃からメカニカルパワープレスが多数生産され、さらに昭和20年代後半よりモータの鉄心（モータコア）の生産のために高速自動プレスが利用されるようになります。

また、自動車産業の発展にささえられて、ボディパネルを絞り加工するために大型のプレス機械が多数導入され、昭和30年頃より、現在自動プレスの主流となっているトランスファプレスが利用され始めました。これらの機械は、当初は輸入機が大半でしたが、現在は様々な優れた国産機が生産されています。

最近では、マイクロコンピュータや半導体の急激な進歩に伴って、各種自動プレス機械やプレス用ロボットなど、さらに一層高度な技術が開発されています。

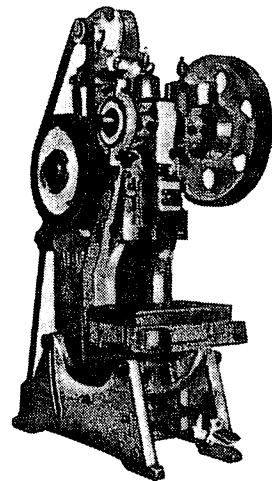


図4 昭和20年代の
国産小型プレス

(2) プレス作業とその特徴

プレス加工にはいろいろな種類がありますが、1台のプレス機械に金型を取付け、金型の中に材料をおいて1回ずつ加工するのが基本です。これを単発加工と呼びます。

これから発展して、生産性を上げるために材料送りとプレス機械の起動を自動化したのが、高速プレス・トランスファプレスなどの自動プレスです。

プレス加工は、

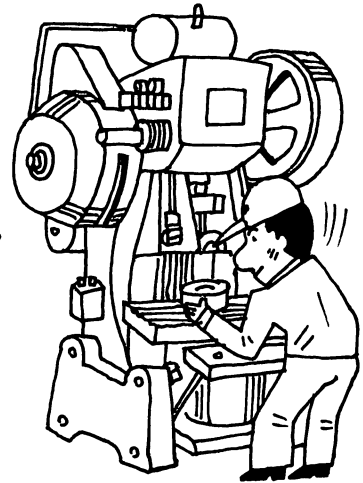
- ① 加工時間が短い。
- ② 材料のむだが少ない。
- ③ 製品の形状が常に同じである。

という優れた特徴があります。このため、多量生産にもっとも適した加工法で

す。しかしながら、最近は多品種少量生産の要求がふえ、さらに一層高度な技術が必要とされているため、これらの要求に応じたプレス機械が開発されています。

プレス作業とは、以下の一連の作業をいいます。

- ① 加工に使用するプレス金型を、金型置き場からプレス機械まで運ぶ。
- ② 材料を準備する。
- ③ プレス機械に金型を取付ける。
- ④ 要求どおりの形状・寸法精度をもつ製品ができるように、プレス機械と金型の調整を行う。



プレス作業

- ⑤ 金型の中に材料をおいてプレス機械を起動し、材料を成形して生産する。自動プレスの場合は、材料の供給を準備し、プレス機械の稼動状況を監視する。
- ⑥ 金型から成形された材料を取出す。
- ⑦ 予定生産数量終了後、プレス機械から金型を取外して、金型置き場に片づける。

(3) 金型

金型は、上型と下型とから構成され、一つのプレス部品を作るためには、部品形状に合わせた、少なくとも一対の金型が必要です。通常プレス部品は、幾つかの工程を経て作られますので、一つの部品を作るために複数の金型を作ることが多くなります。

金型は、特殊な工具鋼で精度よく作られた頑丈な鉄のかたまりで、プレス加工の種類に応じて、打抜き型・曲げ型・絞り型・鍛造型などがあります。

ワンポイントメモ

日本刀

日本刀は、我が国の鍛造技術が生んだ、鉄の最高傑作ともいえるものです。強じんで、硬く、美しく、切れ味のよい『かたな』は、千年を越える多くの刀工たちが工夫を重ねて、いま見られる形に仕上げたものです。

日本列島における鉄の製錬は、5世紀中頃に開始されたと推測されます。製鉄を行うための炉は、伝統的にふいごによって風を起こし、『たたら』と呼ばれる炉が用いられてきました。

刀剣は、花崗岩に含まれる不純物の少ない砂鉄を木炭で低温還元した玉鋼（たまはがね：和鋼）と呼ばれる鋼を作り、それを原材料として加熱しながら、何回も折っては重ね、打ってはまた元の長さに伸ばすという鍛錬作業を繰り返して、鍛えて作りあげるものです。最後は、焼入れしますが、粘土を塗って、刃の硬い部分と折れない軟らかい部分を作ります。このとき生れるのが、側面に見られる刃文です。

国宝、重要文化財に指定されている刀剣は、799口あります。

学習のまとめ

- ① プレス加工とは、プレス機械に金型を取付けて、鉄などの材料を加圧して成形する加工法です。
- ② プレス作業とは、プレス機械に金型を取付け、金型の中に材料をおいて、プレス機械を起動し、材料を成形して生産する作業をいいます。
- ③ 金型は、材料を直接加圧して成形する工具で、上型と下型とから構成され、特殊な工具鋼で精度よく作られています。打抜き型・曲げ型・絞り型・鍛造型などいろいろな金型があります。

第6章 プレス加工される材料 —銅および銅合金—

〔学習のねらい〕

非鉄金属材料は、鉄鋼材料にない特性をもち、広く使われている材料ですが用途の広い重要な金属材料です。

ここでは、非鉄金属材料の一種である銅と、銅合金である黄銅について学習し、これらの材料のもつ長所と短所を知り、プレス加工するうえでの注意点について知識を身につけましょう。

(高石 和年)

(1) 銅

a 銅の物理的性質

表1は、銅の物理的性質を示したものです。銅(copper)は、比重8.96、溶融点1083°Cの赤黄色の金属ですが、大きな特徴は熱や電気の良い良導体で、電気伝導率と熱伝導率の高いことです。このため、

表1 銅の物理的性質

電気製品の接点など、電気用の導電材料として欠かせません。さらに、空気や海水および多くの薬品に対し耐食性が優れ、光沢が美しいので、装飾品などにも広く使用されています。

比 重 (20°C)	8.96
融 点	1083.0±0.1°C
融 解 熱	50.6 cal/g
熱伝導率 (20°C)	0.94 cal/cm·s·deg
抵 抗 率 (20°C)	1.673 μΩ·cm

銅の製造過程は、銅鉱石から溶鉱炉、転炉によって粗銅(98~99.5%程度の銅を含み、不純物が多い)を作り、さらに電気分解によって精製します。これを電気銅と呼びます。

電解精錬したままの電気銅は、不純物が残っているので、純銅として使用するとき、用途によって、無酸素銅・タフピッチ銅・りん脱酸銅を用います。

銅塊を熱間（約750～850℃）で粗圧延した後、冷間圧延によって仕上げたものが銅板で、空気や海水および多くの薬品にたいして、軟鋼板より耐食性が優れています。

b 銅の機械的性質とプレス加工上の注意点

表2は、JIS規格による各種の銅・銅合金の機械的性質を示したものです。

表2 主な銅および銅合金の機械的性質

材種(材質)および板厚			引 張 試 験 値						
JIS 記号	名 称	試験片 の板厚	試験片 形 状 JIS号	引張強 さ σ_B MPa	降伏強 さ σ_Y MPa	降伏比 σ_Y/σ_B	全伸び ϵ_B %	一様伸 び ϵ_u %	n 値
C1011 -O	無酸素銅 -O	0.5	5	237.3	57.8	0.24	55.2	41.2	0.46
C1020 -½H	無酸素銅 -½H	0.6	5	270.7	231.4	0.86	31.7	20.3	0.15
C1100 -O	タフピッチ 銅-O	0.30	5	231.4	72.6	0.31	48.4	—	—
C1100 -½H	タフピッチ 銅-½H	1.0	5	268.7	235.4	0.88	35.0	19.4	0.17
C1220 -O	脱 酸 銅 -O	0.30	5	243.2	74.5	0.31	47.3	—	0.38
C2051 -O	雷管用銅 -O	0.44	5	225.6	43.2	0.19	59.1	40.5	0.48
C2200 -O	9/1丹銅 -O	1.0	5	279.5	104.0	0.37	55.2	47.7	0.53
C2600 -O	7/3黄銅 -O	0.7	5	321.7	89.2	0.28	75.6	69.4	0.55
C2600 -H	7/3黄銅 -H	0.5	5	471.7	395.2	0.84	29.9	20.5	0.19
C2680 -O	65/35黄銅 -O	0.7	5	343.2	122.6	0.35	62.7	52.2	0.52
C2680 -¼H	65/35黄銅 -¼H	0.13	5	390.3	205.0	0.53	45.0	43.0	0.35
C2801 -½H	6/4黄銅 -½H	0.8	5	415.8	277.5	0.67	40.8	31.3	0.27
C2680 -EH	65/35黄銅 -EH	0.8	5	530.5	517.8	0.98	14.4	6.2	—
C5191 -O	りん青銅 2種-O	1.20	5	382.5	176.5	0.46	75.6	67.2	0.35
C5191 -¼H	りん青銅 2種-¼H	1.00	5	471.7	447.2	0.95	41.0	31.4	0.09

2か月目学習

銅・銅合金とも強度によって、軟質(O材)・1/4硬質(H材)・1/2硬質・硬質の4種類の材質に分類されています。

銅の機械的性質は、銅の純度や熱処理および質別によって異なりますが、もろさがなく加工しやすい材料です。しかしながら、常温で加工されることによって硬くなります。これを加工硬化と呼びます。加工が進むにつれて、強さは増しますが、伸び・絞りが急に少なくなってきます。

そこで、加工度が大きいときは、加工の途中で焼なまし(焼なまし温度：360～400°C)をする必要があります。

JIS記号は、無酸素銅がC1011・C1020、タフピッチ銅がC1100、りん脱酸銅がC1220です。

(2) 銅合金

a 銅合金の性質と特徴

銅合金には、銅(Cu)と亜鉛(Zn)の合金である黄銅(brass)と、銅(Cu)とすず(Su)の合金である青銅(bronze)とがあります。

黄銅は、俗に真ちゅうと呼ばれるものです。銅の特性を失わず、機械的性質が優れ、銅よりも耐食性がよくて黄金色の美しい外観を有し、価格も比較的安いので、板金加工用材料として広く用いられます。

銅と亜鉛の混合の割合によって性質が変わりますが、亜鉛が30%くらいのを七三黄銅、40%くらいのを六四黄銅といいます。七三黄銅は、黄金色で軟らかく、展延性に富み、曲げや絞り加工が容易であり、一般板金加工用材料として用いられます。六四黄銅は、加工性は七三黄銅より劣りますが、浅い絞り加工などに用いられます。亜鉛を5～20%含むものを、色合いから丹銅といいます。

青銅の代表的なものには、すずを3～8%、りんを0.2%程度含むりん青銅(phosphor bronze)があります。強度が高く、耐摩耗性があり、ばね・軸受に用いられます。

JIS記号は、七三黄銅がC2600、六四黄銅がC2801、りん青銅がC5101(1種)・

C5191(2種)・C5212(3種)です。

b 黄銅の加工上の注意点

黄銅は銅以上に、加工されることによって急に硬くなります。特に、加工度の大きいときは、加工の途中で500～600℃で焼なましをする必要があります。しかしながら、焼なまし温度があまり高いと、成形性は悪くなります。

また、常温での加工率が大きいと、ある時間を経てから、使用中あるいは貯蔵中に自然に割れることがあります。この現象を時期割れ、あるいは置き割れといいます。これは加工中に材料内部に生じた残留応力によるものです。

これを防ぐには、加工後に焼なましを行って残留応力を除去しておきます。七三黄銅ならば250～300℃、六四黄銅ならば225～250℃程度で焼なましを行います。

ワンポイントメモ

無酸素銅とタフピッチ銅

純銅には、無酸素銅・タフピッチ銅・りん脱酸銅があります。電解精錬したままの電気銅には、不純物が多く含まれていますので再び精錬します。無酸素銅は真空溶解で酸素を少なくしたもので、もっとも高級な純銅です。水素雰囲気中でのぜい性がなく、延性・耐食性に特に優れています。

タフピッチ銅は、反射炉で再精錬したものです。純度は無酸素銅に劣り、0.01～0.6%程度の酸素を含みますが、導電性がよく延性に優れるため、電気材料としてもっともよく使用されています。タフピッチ (tough pitch) というのは、電気銅を脱酸するときに、赤松の丸太を溶解した銅の中に入った、松やに (pitch) から生じる高還元性のガスを利用することから、名付けられたものです。

りん脱酸銅は、りんを脱酸剤として用いた銅で、りんが残っています。