

鍛造プレスとは

<入門編>

(1)鍛造加工とは 【P.1～P.3】

(2)熱間鍛造、温間鍛造、冷間鍛造の分類と実例紹介
および板鍛造の実例紹介 【P.4～P.13】

(1) 鍛造加工とは

金属材料に圧縮応力を作用させて、流動させて必要とする形状に変形させることが「鍛造」である。鍛造の歴史は、紀元前のエジプトやメソポタミアでのコインなどの金、銀、銅の自由鍛造から始まり、武器、農機具の鍛冶など人類の技術の進歩に伴い高度化している。近年では、冷間領域から熱間領域まで幅広い温度領域で素形材の生産技術として自動車を始め様々な産業領域で使用されている。

鍛造により形状の付加と同時に材質の改善が可能である。この材質改善を「鍛錬」と言う。鍛造により材料に大きな変形を加えることで、材料の不均一な内部組織を緻密で均質な組織に変えて機械的性質を改善する。また切削加工と異なり材料の鍛流線を切断しないため機械的性質が向上する。

冷間領域での鍛造においては、材料硬度の上昇(加工硬化)での強度UPも行える。鍛造で得られる製品の重量(体積)は、材料と同じになる。切削加工などのように製品形状を得るための材料の除去がないため歩留まりに優れている。

図1に他の加工法と鍛造加工の比較を示し、図2に冷間、温間、熱間のそれぞれの特徴を示す。

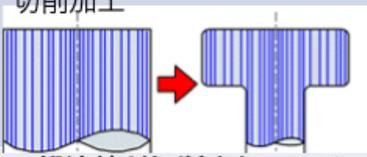
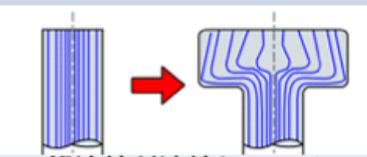
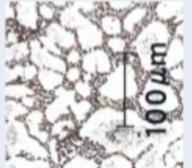
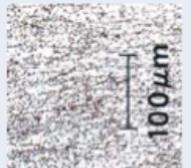
	他の加工法	鍛造加工
※1 鍛流線	 <p>切削加工 鍛流線が切断されている</p>	 <p>鍛流線が連続している。</p>
機械的性質	鍛造加工に比べて弱い	強い
製品硬度	素材硬度と同等	素材硬度より上昇 (加工硬化)
歩留まり	加工代多い (切削加工に対して)	高い
※2 組織	 <p>アルミの鑄造組織</p>	 <p>アルミの鍛造組織</p>
<p>※1 : 株式会社共立精機殿HPより http://www.kyoritsu-seiki.com/index.html ※2 : BBSジャパン株式会社殿HPより http://www.bbs-japan.co.jp/jp/index.html</p>		

図1. 他の加工法と鍛造加工の比較

	成形温度	荷重	寸法精度	金型寿命
冷間鍛造	室温	高い	◎	○
温間鍛造	200 ~ 900℃	冷間と熱間の中間	○	○
(亜熱間領域)	900 ~ 1150℃	低い	△	△
熱間鍛造	1150 ~ 1250℃			

図2. 冷間、温間、熱間鍛造の特徴の比較 (鉄鋼材料)

1. 基本工法

鍛造加工の基本的な工法を、図3に示す。
これらの工法を組み合わせることで、図4に示すように製品を成形する。

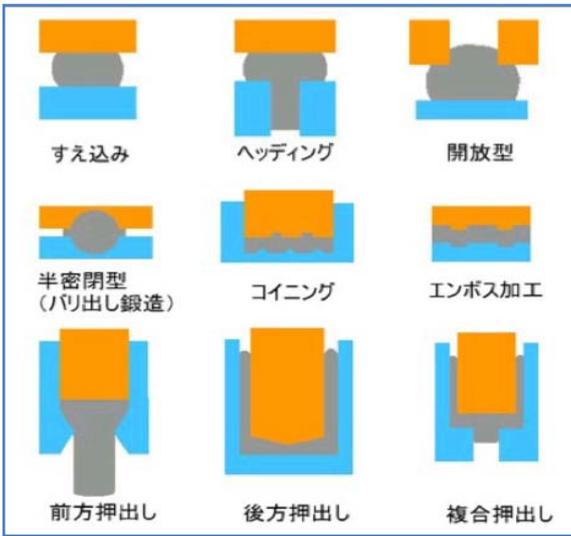


図3. 鍛造加工の基本工法

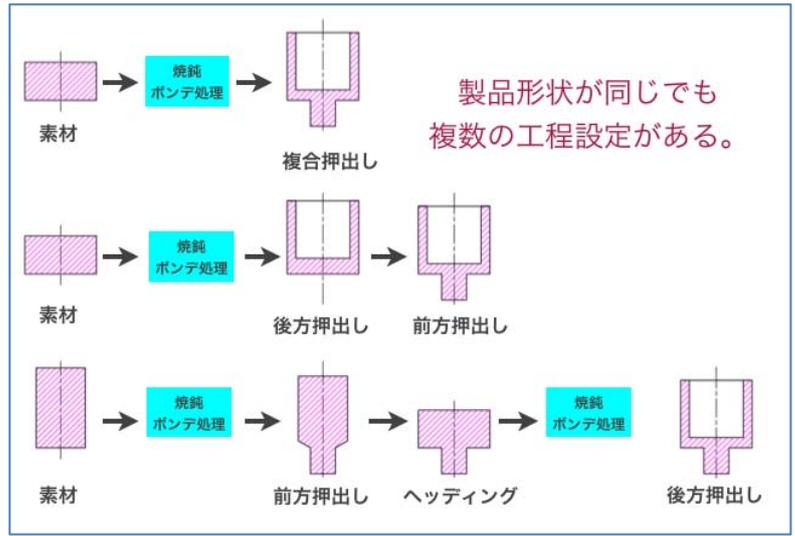


図4. 鍛造加工の工程レイアウト例

2. 鍛造加工の全体の流れ

鍛造加工では、素材である丸棒(板材)から必要な重量、サイズにする切断(打ち抜き)と、冷間鍛造では、焼鈍・潤滑処理、温熱間鍛造では素材加熱のような前処理工程が必要である。図5に鍛造加工の全体の流れを示す。

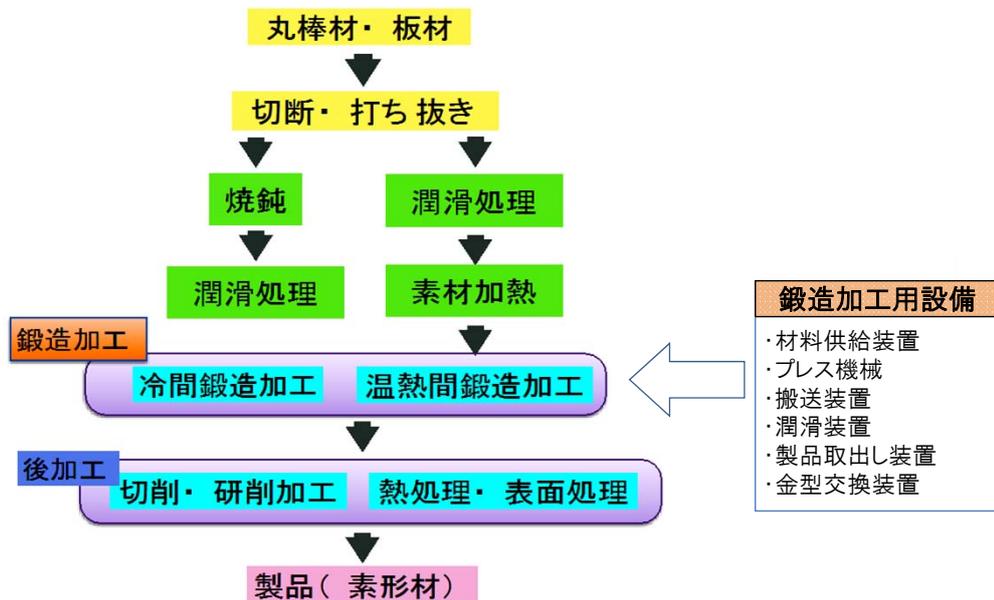


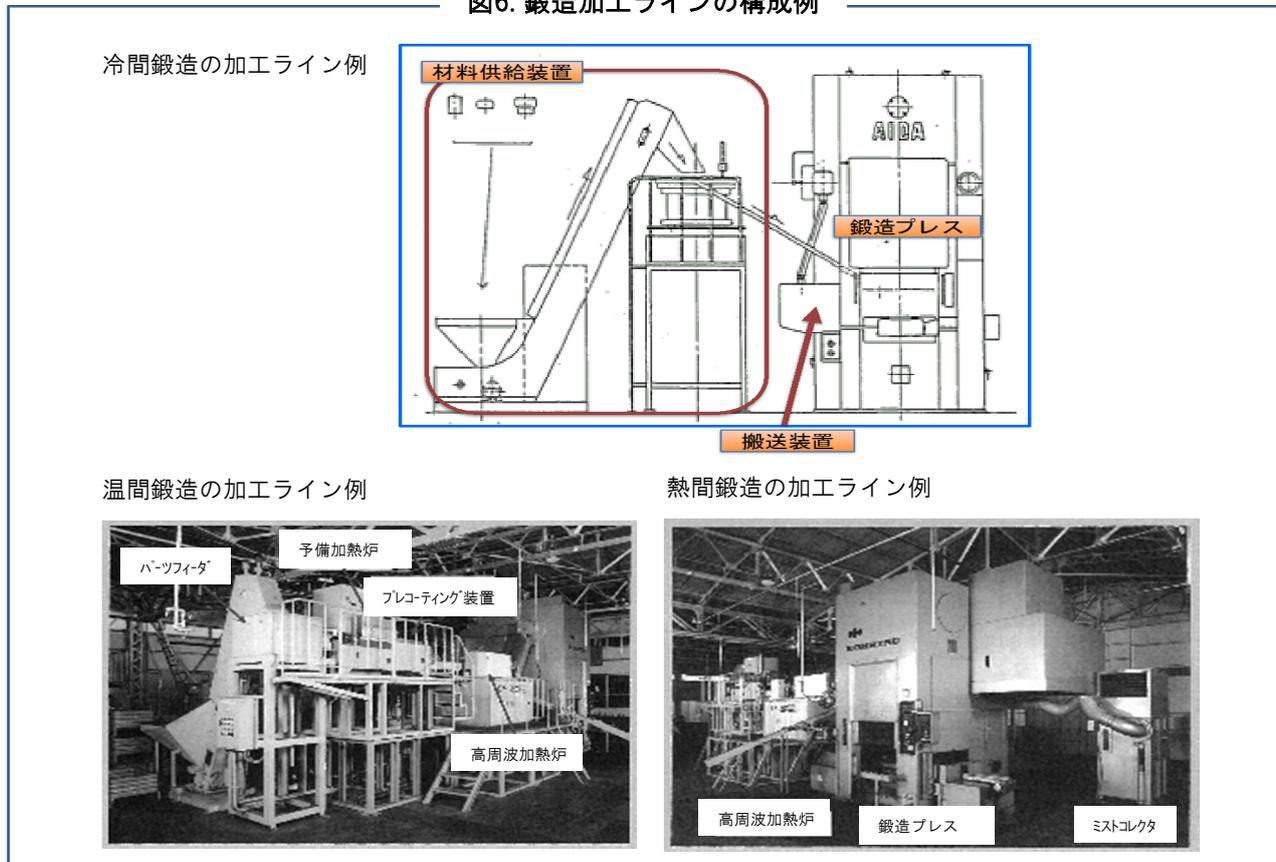
図5. 鍛造加工の全体の流れ

実際の鍛造加工では、プレス機械以外の材料供給装置、搬送装置、潤滑装置、製品取出し装置、金型交換装置等が必要になる。

3. 鍛造加工設備

鍛造加工はプレス機械だけでなく、材料のプレス機械への供給装置と製品の取出装置が必要である。図6は鍛造加工設備の加工ラインの参考図である。

図6. 鍛造加工ラインの構成例



4. 焼鈍・潤滑・素材加熱

焼鈍 冷間鍛造加工では、素材の成形荷重の低減や成形性の向上のために焼鈍が行われる。近年注目されている板鍛造では、板材を素材とすることで、この焼鈍を省略できることが多い。焼鈍の目的は、特に冷間鍛造加工の前に素材を柔らかくして、変形しやすくするために行う。(変形抵抗を下げる。)

焼鈍の種類としては、完全焼鈍、球状化焼鈍がある。また鍛造加工工程の途中で加工硬化を除去して変形しやすくするために行われるのは、中間焼鈍である。

潤滑 焼鈍後には、潤滑処理を行う。成形中の潤滑剤の補給が不可能なため、冷間鍛造で潤滑に求められる特性は、以下の4項目である。

- ・ 材料表面の広がり大きい
- ・ 接触面圧が高い
- ・ 接触面温度が高い
- ・ ノックアウト時にも潤滑機能を保つ

これらの特性を満たす潤滑処理として、ボンデ処理が一般的に使用されている。多工程の冷間鍛造加工では、成形中の加工硬化により次工程の成形が困難になる場合がある。その時には再度、焼鈍と潤滑処理を行う。

温熱間鍛造では、成形前に素材の温度を上げることで成形荷重の低減や成形性の向上を行う。潤滑は、プレス機内での成形中にノズル等でのスプレー方式で行われることが多い。

この潤滑は、金型の冷却も兼ねている。

使用される潤滑剤は、一般的には水溶性の黒鉛系が用いられることが多い。

(2) 熱間鍛造、温間鍛造、冷間鍛造の分類と実例紹介 及び板鍛造の実例紹介

1. 鍛造の概要

鍛造には、主に冷間 (Cold forging)、温間 (Warm forging)、亜熱間 (Semi hot forging)、熱間鍛造 (Hot forging)があり、他にも粉末鍛造 (Sinter forging)、溶融鍛造(Casting)、超高温鍛造(Ultra hot forging)などがある。

歴史的には熱間鍛造は古く、鉄鋼材料については鋳造より古いとされている。近代的熱間鍛造技術は1866年に欧州から導入されたのが最初で、冷間鍛造、ファインブランキングは1960年に当時の先端事例が紹介された。また関連設備も1962年から国内生産されるようになり、以降自動車産業をはじめとして電気、電子機器など広範囲な分野で大量生産に向けた工法として急速に普及、拡大してきた。

一方、温間をはじめとするその他鍛造は歴史的には新しい技術であり、1980年代からの自動車産業の拡大に伴い高精度、無加工化、省エネ、コストダウンのため、複合鍛造化や閉塞、背圧、分流鍛造、板鍛造といった新たな工法とともに実用化され拡大してきている。(図1)(図2)

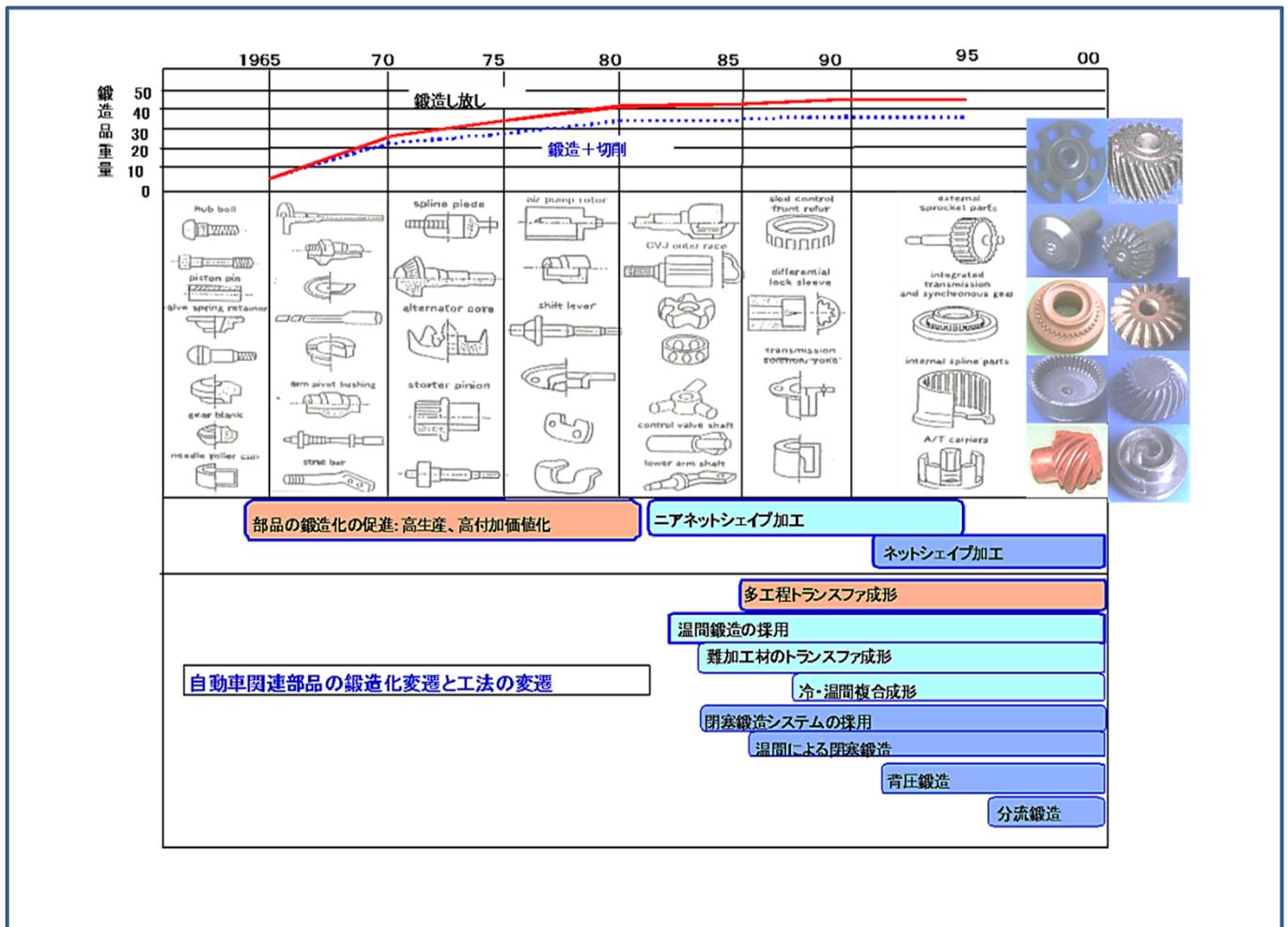


図1. 自動車関連部品の鍛造化変遷と工法の推移

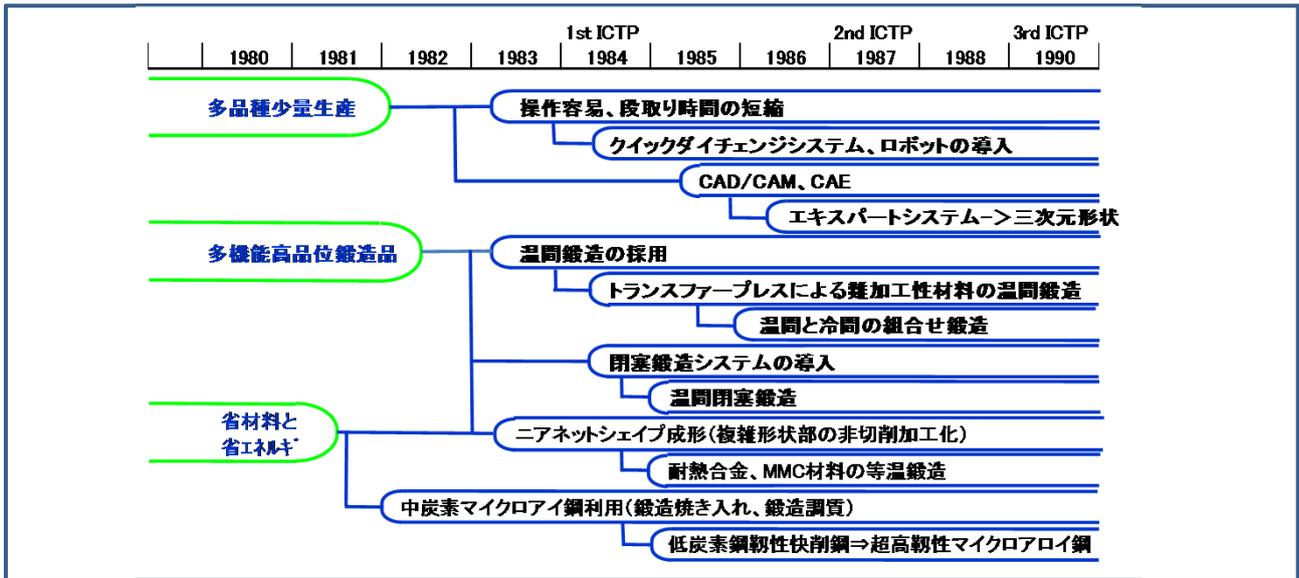


図2. 鍛造に対する技術的要求の推移 1990年 第20回冷間鍛造実務講座 「鍛造加工における精密化と合理化技術の最新動向」より引用

2. 鍛造の種類と特徴

鍛造は、金属または非鉄金属材料を 打撃・加圧することにより、目的の形状を造ることをいう。また、鍛造の目的は 1) 材料組織、強度の改善(鍛錬)と 2) 成形 の2つである。

鍛造方法の選定に当たっては、

- 1) 製品(部品)の要求特性
- 2) 部品製造プロセス上の要求特性を満足するように夫々の利点、欠点を理解し材質、加工温度、熱処理、製造プロセス等を検討、決定する必要がある。(表1)

鍛造加工は加工温度域により冷間(Cold forging)、温間(Warm forging)、熱間鍛造(Hot forging)等に分類され夫々の利点を生かした使い分けがなされている。

鉄鋼材料を加熱していくと、温度上昇と共に、変形抵抗は減少し、高張力材料でも変形しやすくなる。加熱により変形抵抗が低くなる上、再結晶により常に元の変形能を回復しながら加工が行われるため、室温では加工できない材料が加工できたり、一度に大きな変形を与えることができ、複雑な形状の製品の製造が可能である。

(鍛造加工技術・技能マニュアルより引用)

図3に代表的な加工温度領域と変形抵抗(荷重)の関係を示す。

【加工温度領域】目安
 冷間加工: 室温~200℃
 温間加工: 200~700℃(一般的)
 600~900℃
 熱間加工: 1150~1250℃

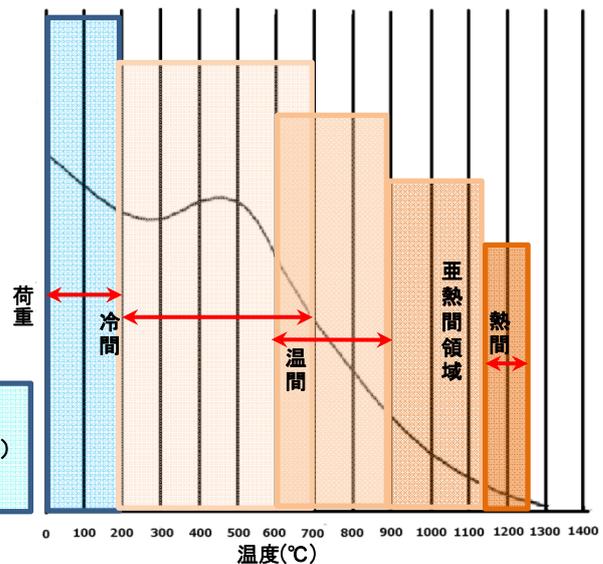


図3. 加工温度領域と変形抵抗(荷重)の関係

以下 夫々の鍛造加工の特徴について述べる。

① 冷間鍛造

材料を加熱しないで室温で行う鍛造をいう。下記の熱間鍛造に比べ変形抵抗が高く、変形能が小さいという悪条件が重なり、型工具の破損や製品の割れの危険があるため、一度に与え得る変形量が小さくなるが、得られる製品の表面はきれいで寸法、形状精度もよいため、後仕上げの必要がなく、高精度に適した加工法である。

強さと変形能を兼ね備えた素材や強い型工具の開発により、冷間鍛造の適用が広がっている。成形の際の加工硬度が製品の強化にも役立つ。

型寿命は、数千から数十万個以上と熱間鍛造より長い。鍛造後の熱処理による強化の際ひずみが生じ、折角得られた高い精度が悪化することがあるため、低熱処理ひずみ材や低ひずみ熱処理法の開発が進められている。(鍛造加工技術・技能マニュアル引用)

冷間鍛造の特徴

長所

- 1.材料歩留りが高い
- 2.生産性が高い
- 3.機械加工費の低減
- 4.強度と靱性を高くすることができる
→安価な材料に変更可能
- 5.熱処理の省略が可能
- 6.ネットシェイプ鍛造ができれば
生産性、品質、コストの点で 極めて有利

短所

- 1.材料の流れが悪く変形抵抗が高い
- 2.前処理として焼鈍、潤滑処理(ボンデ)が必要
- 3.成形できる形状に限界がある
- 4.成形荷重が高くなるので高価な
大きな設備が必要
- 5.豊富な経験と技術が必要

② 熱間鍛造

熱間鍛造は高温領域、約1150~1250℃で塑性変形させる作業である。鍛造荷重は鍛造温度に反比例し、高温にすると荷重は軽減されるため、形状が複雑で変形量の多い大型鍛造部品の成形にも使用される。

設備は加圧能力的には冷間鍛造プレスに比べ小さくなるが、全体としては多工程成形を考えると大きなものとなる。高温で鍛造するため、熱による膨張、鍛造による反り及びスケールの発生等が影響し、最終寸法に対して機械加工代を考慮した寸法にする必要があるが、最近では型鍛造においてバリ出し鍛造から熱間での精密閉塞鍛造が進んでおり、成形後の機械加工工程の省略や短縮という合理化が可能となってきている。

鍛造方法はベアリングやギヤ等の縦打ち、コンロッドやクランクシャフト等の横打ちがあり、熱間鍛造において高速化が要求されるなか、縦型ではクランクプレス、横型ではヘッダ(フォーマ)が代表的な機械である。(鍛造加工技術・技能マニュアル引用)

熱間鍛造の特徴

長所

- 1.大きな変形が可能であり、工程数が少なく変形可能である。
- 2.使用材料の制約は無く、どんなものでも変形可能である。
- 3.材料の前処理等が不要で他の工法に比較しライン設備が比較的安い。

短所

- 1.一般的にはバリ出し鍛造であるため材料歩留りが良くない。
- 2.他の工法に比較して寸法精度が劣る。
- 3.加熱温度が高いため、酸化スケールの発生は避けられず、表面状態が悪く、脱炭層も発生する。

出典；鍛造加工技術・技能マニュアル

出典；1988年第18回鍛造実務講座

日産自動車(株) 原田敏夫

「熱間鍛造における精密化とコストダウンについて」

③ 温間鍛造

前述の熱間鍛造と冷間鍛造の長所を合わせ持たせることを目的に、両者の中間の温度で行う鍛造法をいう。変形能の増大と変形抵抗の低減をある程度実現し、しかも表面酸化を特別な後加工を要しない程度に抑え、加工硬度も利用しようとするものである。

兼ね合わせを狙ったものだけに、適正条件の選定範囲は狭く、選定を誤れば逆に両方の短所が現れてしまうため、注意を要する。

変形抵抗の低減が主目的の時は高い温度を、また精度向上を目指す時は低めの温度を用いている。製品精度、型寿命とも両者の中間数値に収まる。

以上述べた、代表的な鍛造加工の特徴と比較を表2に示す。

No.	比較項目		冷間鍛造	温間鍛造	熱間鍛造
1	鍛造温度		常温	200℃～900℃	1150℃～1250℃
2	鍛造工程		(1)切断 (2)焼鈍 (3)潤滑 (4)鍛造	(1)切断 (2)プレコーティング (3)加熱(200～900℃) (4)鍛造 (5)トリミング	(1)切断 (2)加熱(1150～1250℃) (3)鍛造 (4)トリミング
3	潤滑		ホンテライト+ホンタリユ-ベ [®] (+MOS2)	グラファイト+水(油) (+MOS2)	グラファイト
4	設備	プレス	ナックルプレス 油圧プレス	クランクプレス ナックルプレス 油圧プレス スクリーブプレス	クランクプレス ハンマー アップセッター スクリーブプレス
		加熱炉 焼鈍炉	焼鈍炉(無酸化)	高周波加熱炉 回転炉 トンネル炉 他	高周波加熱炉 回転炉 トンネル炉 他
		潤滑処理	ホンテライト・ ホンタリユ-ベ [®] 処理	プレコーティング	—
		ショットブラスト	—	—	必要
5	品質	脱炭層※	< 0.1	< 0.2	< 0.4
		表面粗さ	< 6S	< 10S	< 20S
		組織	微細	微細	粗大
		寸法精度※	抜き勾配 厚さ 内外径 偏肉	なし ±0.1～±0.25 ±0.02～±0.2 0.05～0.2	なし ±0.1～±0.4 ±0.1～±0.2 0.1～0.4
6	適合材質	低炭素鋼 中炭素鋼 高炭素鋼 高合金鋼	○ △ × ×	○ ○ ○ △	○ ○ ○ ○

表2. 冷間・温間・熱間鍛造の比較 (鉄鋼材料)

【※ 単位はmm】

3. 鍛造工法・プロセス改善によるネットシェーブ化

近年、部品のトータルコスト低減の観点から、ネットシェイプ形状、ニアネットシェイプ形状の精密鍛造品の要求が高まりつつある。(鍛造加工技術・技能マニュアルより引用)

この実現のため 近年種々の工法、プロセスが提案され実用化されている。
以下に、代表的な鍛造工法、プロセスを示す。

① 複合鍛造

熱間または温間鍛造で複雑な形状を成形した後、冷間鍛造で精度を高めるという組み合わせの鍛造工法が複合鍛造と呼ばれ、急速に広まっている。冷間鍛造品は、精密鍛造品の代表例であり、現在一段と大寸法、ますます複雑な形状と高強度な材料が対象となってきている。しかし、鍛造加工時の変形抵抗が大きいために材料面、形状面で制約を伴っており、全てのニーズに対応できないのが現状である。

熱間鍛造や温間鍛造は、材料を加熱して変形抵抗を小さくした状態で加工を行うため、材料面や形状面での制約を受けないという利点がある。

この利点を生かし、熱間鍛造や温間鍛造でプリフォームを成形し、冷間鍛造で仕上加工を行って精密鍛造品を製造すると工法が、複合鍛造である。(鍛造加工技術・技能マニュアルより引用)
代表的な、複合鍛造品とプロセスを表3に示す。

品名	コネクティング ロッド	ピン	リングギア	コンロッド キャップ	テーパロー ラベアリング	トラックリン ク	バルブ
完成図							
プレス直前の 素材の形状							(SUS材)
鍛造工程	1 ロール5PASS (粗地) 	つぶし 	つぶし 	曲げ 	つぶし 	粗地 	つぶし
	2 仕上げ 	後方押出 	後方押出 	粗地 	粗地 	仕上げ 	粗地
	3 ピアス 	ピアス 	ピアス 	仕上げ 	仕上げ 	ピアス 	仕上げ
	4 バリ抜き 	前方押出 	ローリングミル 	トリミング 	ピアス 	トリミング 	トリミング

表3. 複合鍛造部品とプロセス (出典: 鍛造加工技術・技能マニュアル)

② 恒温鍛造

耐熱性を要する難加工材を鍛造する場合、温度変化を少なくするため金型を加熱して行うもの。Mg合金など難加工材の成形がある。

③ 板鍛造

プレス加工による高付加価値化への要求が高まる中、板鍛造への注目が集まっている。

板鍛造は切削などからの工法転換によって大幅なコストダウンや付加価値向上が見込めるほか、増肉加工やシャープなエッジ、凹凸形状の付与などが実現でき、その市場は電気・エレクトロニクスの小型部品から自動車向けの中・大型部品にまで広がっている。これまで複合成形と呼ばれたプレス加工は、シェーピング・絞り・バーリング・チャンファリング・曲げ・オフセット・半抜き・刻印・ダレなし・ファインブランキング (FB)などの複数の技術を組み合わせた技術で一部に3次元成形がある。

そこに従来よりも積極的に立体的な成形を狙って局部的な増肉・つぶしなどの鍛造を加えたのが板鍛造である。板金成形に鍛造技術を組み合わせることで成形限界が上がり、高精度で複雑形状の成形が可能になる。

鍛造技術としては、閉塞、背圧、分流、時間差といった 複動成形、流動制御技術やサーボプレスによるフリーモーション多段成形、多軸加工によるネットシェーブ化、ワンモーション成形が図られている。両者を組み合わせることで、ネットシェーブ化をはかり、なおかつ成形応力の少ない成形方法としてFCF工法が報告されている。このような特徴を生かした工程レイアウトを組むことで製品のネットシェーブ化が期待でき、切削、焼結、鍛造、射出成形等の他分野からの工法転換が進み、プレス加工の高付加価値化や対象製品分野の拡大につながる。

図4に精密板鍛造品の要求品質とFCF(Flow Control Forging)工法による板鍛造のイメージを示す。

(出典； 2002年29回鍛造実務講座)

「3. 次世代鍛造技術」

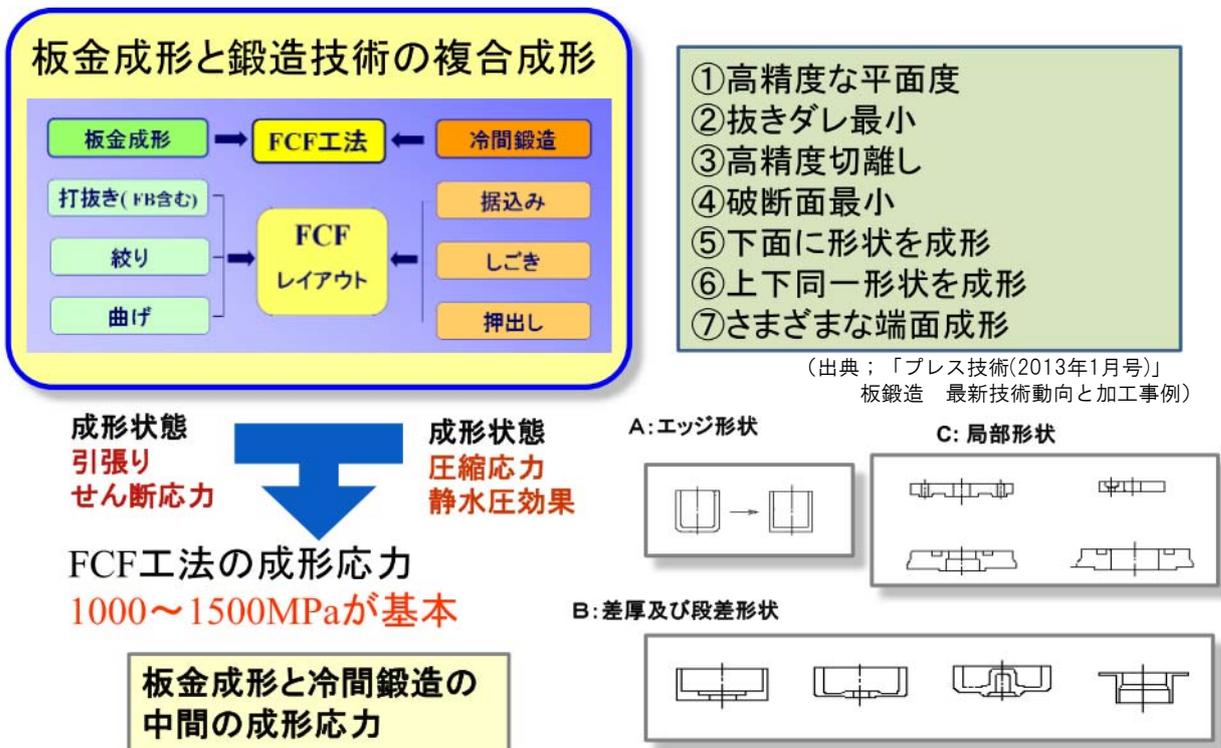
アイダエンジニアリング株式会社 中野 隆志

(出典； 2005年32回鍛造実務講座)

「板材からスタートの鍛造～板金成形と冷間鍛造の複合～」

アイダエンジニアリング株式会社成形技術センター 中村 誠司

図4. FCF工法による板鍛造

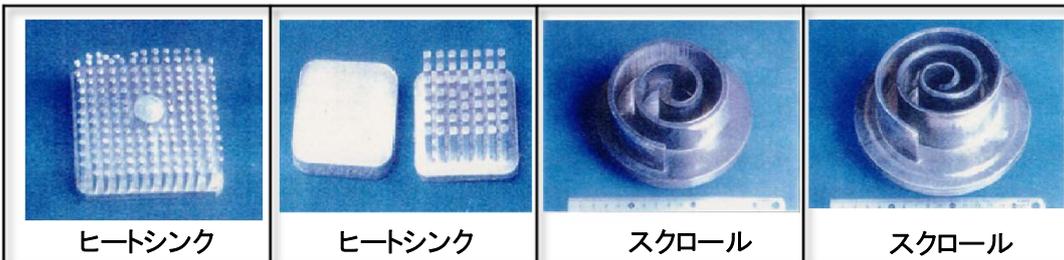


鍛造部品サンプル集

閉塞鍛造成形部品



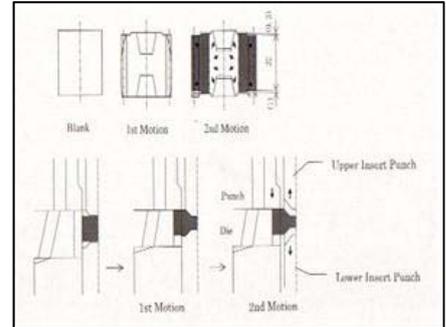
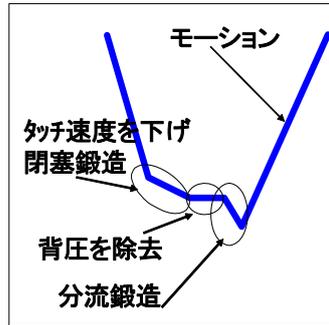
背圧鍛造成形部品



分流鍛造成形部品



閉塞、背圧分流複合鍛造部品



(出典； 2006年33回鍛造実務講座)
 「サーボプレスによる鍛造技術革新」
 コマツ産機株式会社 安藤 弘行

一般鍛造成形部品

			
ヘリカルギヤ	ギヤ	ギヤ	エキセンシャフト
			
アウターレース	アウターレース	アウターレース	ベベルギヤ
			
ピストン	斜板	ソケットプレート	リングギヤ

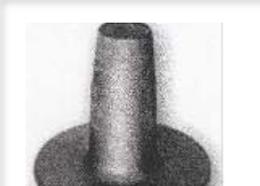
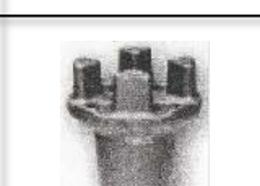
板鍛造成形部品



油圧プレス

			
シリンダ	チューブシート	フランジ	エキセンシャフト
			
Yピース	ラダーストック	スピンドル	カップリング
			
シャフト	ギヤ	カップリング	ベアリングケース

ハンマ

			
ハブ 149kg,外径524mm	カバー 30kg,外径350mm	スプロケット 30kg,外径640mm	ハウジング 83kg,外径494mm
			
コンロッド 110kg,長さ950mm	シャフト 80kg,外径300mm	シャフト 41kg,幅350mm	