

鍛造プレスとは

<入門編>

(3)鍛造設備(プレス機械) 【P.14~P.46】

(3) 鍛造設備(プレス機械)

この項では鍛造製品を生産する主要設備のプレス機械について概説する。このときプレス機械の分類として、一般的な分類とは若干異なり、**縦型プレスと横型プレス、油圧プレス、スクリーブプレス、ハンマ設備**と5種類に分け、後半の4種類については、**縦型プレスとは独立して次項(4)のプレス機械の構造詳細をも含めて本項に記述している**。もちろん(4)項に記載できる内容も含まれているが、あえて独立して本項で取り上げたのは、本部会を構成する各メーカー委員の要望を踏まえたものであることをご理解いただければ幸甚である。しかしながら読者の裁量で構造についてすべてを含めた再構成をしていただければとも考える次第である。

3-1 縦型プレス

鍛造用のプレスでは、鍛造成形に対応できる構造が必要である。

1. 集中荷重に耐えるための高剛性構造

鍛造成形では、成形ステージに最大ではプレス能力の100%に近い荷重が集中的に作用する。

従ってベッド部の構造が一般的なプレス機とは異なる。図1にベッド部の構造の違いを示す。

一般的なプレス機械ではダイクッションの装備や打ち抜きの製品やスクラップの処理に対応するための空間を設けるために、ボルスタを四角いボックス構造のベッド上に配置している。そのため構造上からも、中央集中荷重への対応は難しい。

鍛造用プレス機では、ベッド上面1枚物のプレートが配置されている。ベッド上面のプレート下もリブ等で支えることで補強し剛性を高めて、中央集中荷重に対応した構造となっている。

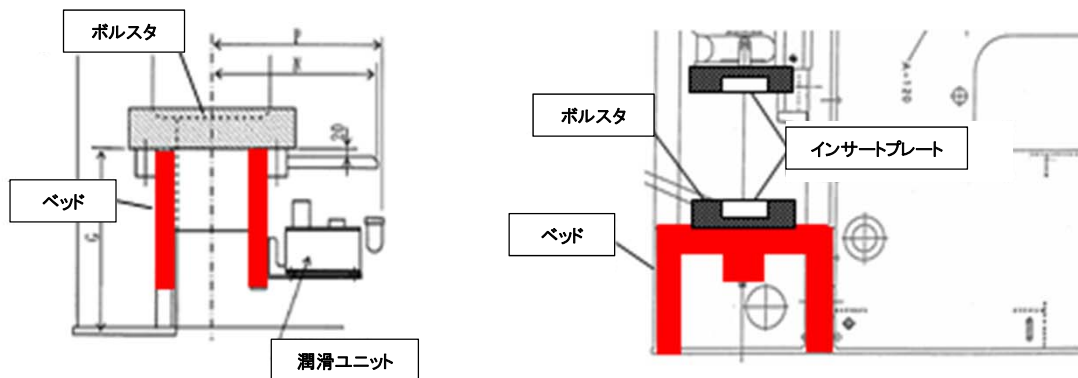


図1. 一般的なプレス機と鍛造用プレス機のベッド構造の違い

2. インサートプレート

成形での集中荷重によりスライドとボルスタの金型との接触部には、通常のスライド、ボルスタの材質ではダメージを受ける面圧が作用する。そのため焼入れされたインサートプレートを設置することで、金型取り付け部の許容面圧を高めた構造としている。

3. ベッドロックアウト

鍛造加工では、成形後の製品は金型内に残っている。その製品を金型から取り出す(ロックアウト)ためのロックアウト装置が必要である。

ロックアウト装置は、プレスの駆動部分よりカムによりレバー機構を介して駆動されるメカ式や油圧を使用する方式もある、いずれも作動タイミングの調整が可能である。

3-1-1 クランクプレス

クランクプレスはクランク軸（エキセン軸）を回転させることにより、コネクティングロッドを介してスライドを昇降させ加圧動作を行うプレスである。

このプレスは下死点付近での速度が速く製品の温度低下と金型の温度上昇を抑えることができる為、異形状鍛造品の薄肉化・金型寿命の向上が図れ、温・熱間鍛造プレスでは多く採用されている。

クランクプレスの構造を図1に示す。

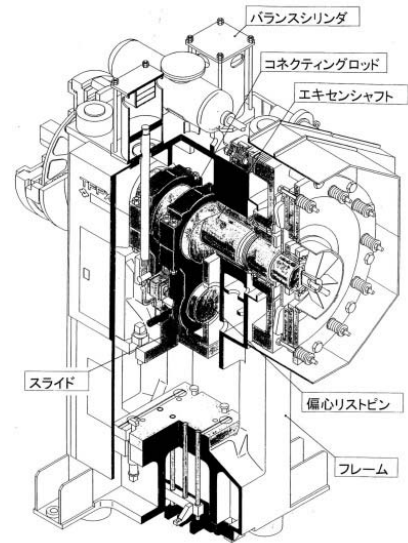


図1. クランクプレスの構造図

クランクプレスのフレームは、スライド、コネクティングロッド、クランク軸を介して鍛造荷重を受ける主要部品である。小型のものは一体フレーム、中・大型になると3分割フレームを4本のタイロッドで締付ける構造のものが多い。

クランクプレスの駆動機構を図2に示す。

駆動源であるメインモータからメインギヤまでが常時回転しており、回転エネルギーを蓄える。クラッチが連結されるとエキセン軸を回転させ鍛造に必要なエネルギーが放出される。下死点前から下死点迄のエネルギーの消費により、フライホイールの回転数は仕事エネルギーに相当する分減少する。（図3）

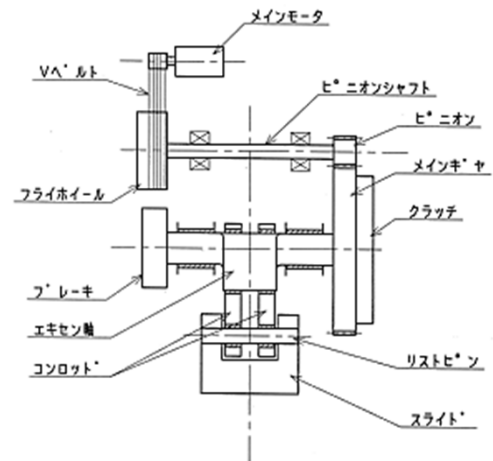
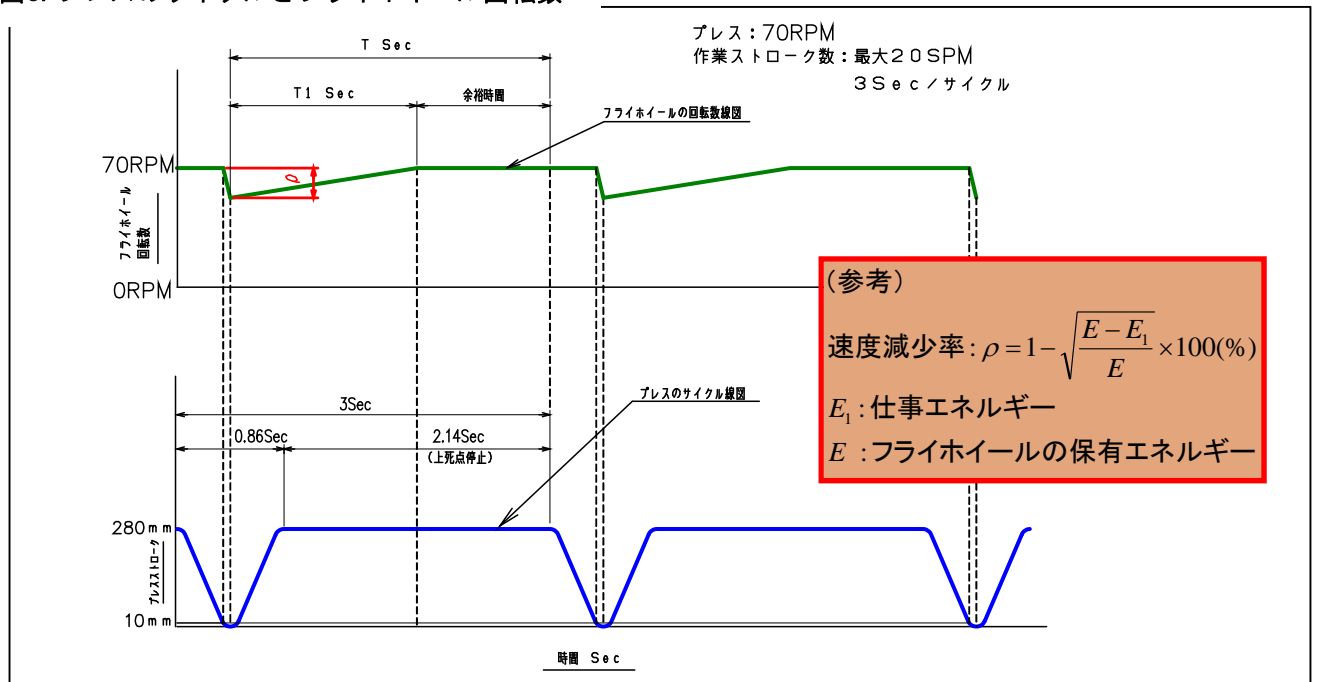


図2. クランクプレスの駆動機構例

図3. プレスのサイクルとフライホイール回転数



この時のフライホイールのスローダウンは最大10~14%程度とし、この鍛造エネルギーと鍛造間隔即ち回復時間によりモータ容量が決定される。万一モータ容量が不適切で、回転数の回復が1サイクルの間で行われなければ、サイクルを繰り返すごとにフライホイールの回転数が減少し、最後には停止してしまう。

モーターの回転数が鍛造仕事エネルギーにより最大10~14%程度減少するのでモーターは高スリップモーターが採用される。

最近では、高効率化のためにインバーターモーターやサーボモーターが採用されることもある。図2はピニオンシャフト付きの比較的大型のプレスものであるが、能力30MNクラスを境に小型のプレスではピニオンシャフトがなくエキセン軸にフライホイール・クラッチが直接取付くタイプが多くなる。

エキセン軸の両側にはクラッチ・ブレーキが設けられ、クラッチ能力は呼称能力の発生が可能な下死点上の距離から決定される。軸物等で下死点上の高い位置から加工開始する場合などは、ストロークvs能力線図でのチェックが必要である。一部小型のものを除き鍛造プレスのクラッチ・ブレーキは乾式のものが使用されてきたが、現在では低騒音・高寿命の湿式クラッチ・ブレーキも採用されている。

その他の主要機能としては、ロックアウト装置、シャットハイト調整装置、バランスシリンダといった機構が備えられている。

温・熱間鍛造では製品と金型の接触時間が金型寿命に大きく影響する。ロックアウト装置は、鍛造直後の製品を上下金型から即座に離型するための機構であり、エキセン軸またはコンロッドと連動するカム式メカニカルロックアウト装置が多く採用されている。近年ではストローク・速度可変式の油圧式ロックアウト装置の採用も多くなっている。

シャットハイト調整装置は、製品の厚み精度確保のために上下金型間寸法を調整するための装置である。高速・高精度シャットハイト調整装置の開発により型打中の調整が可能となったばかりでなく、荷重や製品重量測定による自動フィードバック制御及び歯抜け時等の荷重コントロール制御が可能となり、製品精度向上に大きく寄与している。

エキセン軸、コンロッド、スライドまでの各部品の連結部は全て部品の重力により隙間を持っている。鍛造時の荷重が作用すると隙間が反対側に寄せられるため、合計隙間分だけスライドが持ち上がる状態となる。バランスシリンダは、この時のショックを防止し、滑らかな上下運動をさせるための吊上げ機構である。バランスシリンダの機構は空圧式のものがあるが、最近では吊上げ能力の高い油圧式のものも採用されている。また、クラッチ、ブレーキ共にオフという不測の事態でもスライドの落下を防止する安全機能の役割も担っている。

クランクプレスでは主に熱間・温間鍛造にて自動車用エンジン部品、駆動系及び足回り部品が鍛造されている。代表的な製品例を示す。

駆動系部品



エンジン部品



足廻り部品



近年では、鍛造部品の軽量化、工法変革、成形性の最適化等の要求によりサーボ駆動化したクランクプレスも製作されている。図4は大型の特殊サーボモータを採用することによって開発された大型鍛造用サーボプレスである。

エキセン軸の両端にギアを設け、一段減速ツインギア駆動機構になっている。

4台の低速回転・高トルクのサーボモータにより同期運転する。サーボプレスには非常用ブレーキは付くが、フライホイールやセパレートタイプのクラッチ・ブレーキが無くなり、機構部の部品点数が大幅に削減され保守性が大幅に向上している。

また、エネルギーをコンデンサバンクにて授受することにより、大幅な電源容量の削減が可能である。

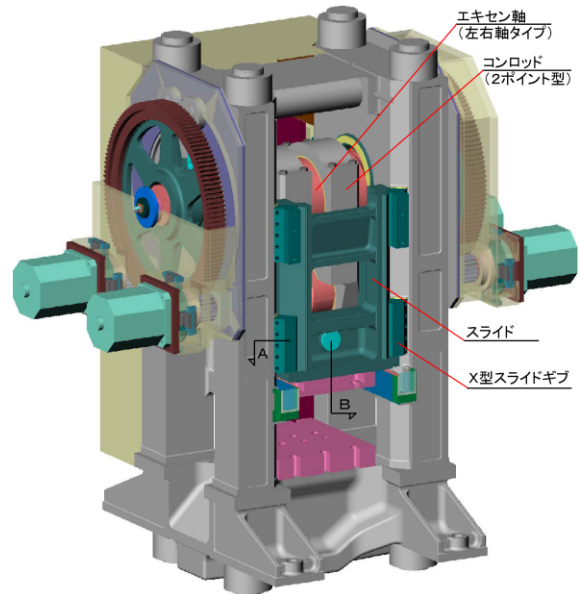


図4. クランク式大型鍛造サーボプレス

クランク軸にサーボモータが取付いた遊星減速機を連結させてクランク軸をサーボモータでダイレクトに起動させる方式も採用されている。(図5. 参照)

サーボプレスの能力は、サーボモータのトルクで決定されるので遊星減速比率が高いと高トルクが発生するプレスになる。

機械式プレスはフライホイールの回転数で有効仕事エネルギーが確保出来るがサーボプレスの有効仕事エネルギーはサーボモータのトルクと負荷時間で決定される。従って、低速鍛造はサーボプレスが非常に有利になる。

サーボモータに瞬発力を与えるためにキャパシタが必要になり大きなキャパシタが必要になるが、キャパシタ容量を小さくするために電氣的なフライホイール機構を利用したシステムもある。(フライホイールモータ)

サーボプレスの能力・有効仕事量・サイクル等はサーボモータの電氣的なシステム能力で決定される。

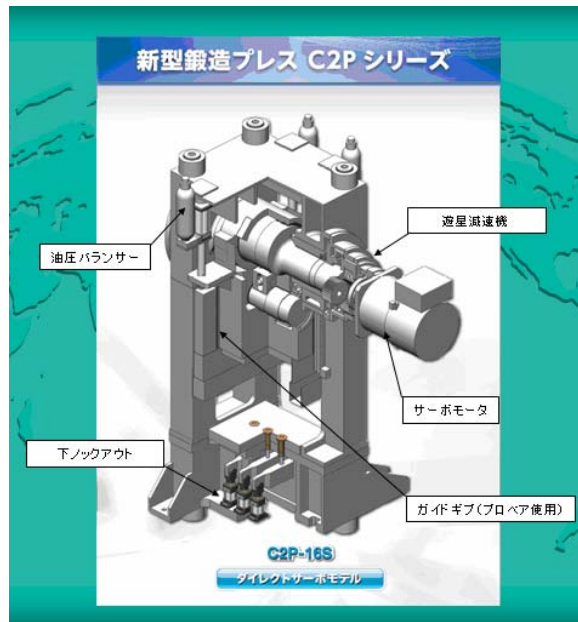


図5. 遊星減速機付き鍛造サーボプレス

3-1-2 リンクプレス

スライドの駆動に各種のリンク機構を用いるプレスがリンクプレスである。リンクの接点数を設定することで、成形に適したスライドの速度の設定が可能であり、トルク能力も高い。

図1は、能力6300kNの1ポイントリンクプレスである。リンクプレスは、据込み成形を始め、長軸の前方、後方押しや各種の閉塞鍛造と幅広い鍛造加工に使用されている。

図2にリンク部の構造の一例を示す。このリンク構造では、スライドの高い位置からコンロッドの傾きが小さく。作業域においてスライドに作用するスラスト力が小さいので、成形中のスライドの動的精度が向上する。



図1. 能力6300kNのリンクプレス

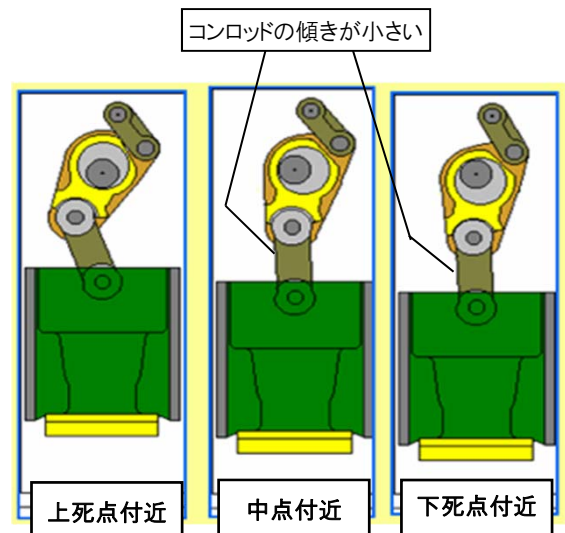


図2. 成形域でのコンロッドの傾き

図3にその他のリンク機構の構造例として、エキセン軸を不等速に駆動するためにウイトウォースのリンク機構がある。駆動機構の特徴は機械プレスの中で剛性の高いフルエキセン軸構造と、リンク機構を内装したトルクユニットによりこのエキセン軸を不等速回転させることにある。この機構により、スライド速度はクランクモーションと比較して加工域では遅く、上昇時は速くなるリンクモーションを可能にする。しかもトルクユニットは加工荷重を直接受けない構造になっており、エキセン軸とコンロッドの機構に関してはクランクプレスと変わらないため、総合すきまも少なく、高精度加工と高い耐久性を有する。

図4は、このリンク構造を持つ2ポイントの鍛造用の多工程トランスファープレスである。

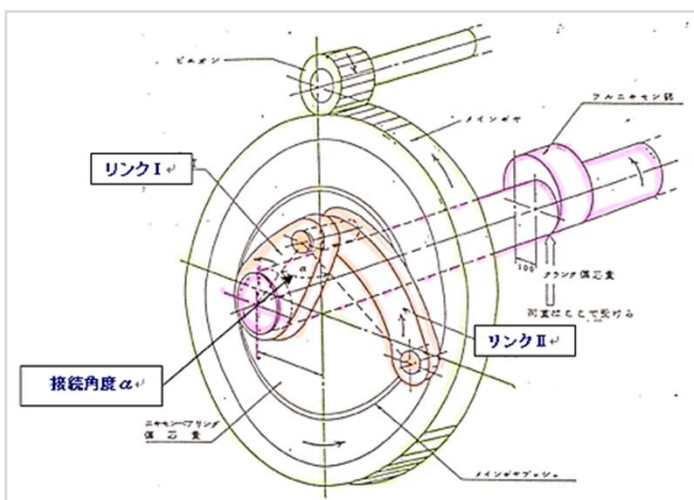
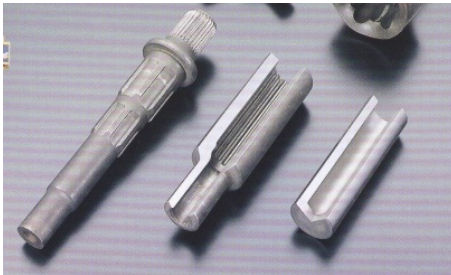


図3. ウイトウォース式リンク機構の模式図



図4. 2ポイントの鍛造用多工程トランスファーリンクプレス

リンクプレスの製品事例



3-1-3 ナックルジョイントプレス

ナックルジョイントプレスはクランク軸を回転させることにより、ナックルリンクを介してスライ드를上下に昇降させて加圧作業を行うプレスである。

ナックルとトッグルは同じ機構なので、外国ではトッグルプレスという名称で呼ばれることもある。ナックルジョイントプレスの構造を図1に示す。

ナックルジョイントプレスは、ナックルリンクに圧縮力が加わるものと、引張力（テンション）が加わる特殊機構にした、テンションナックルジョイントプレスがあるが、両形式ともナックル機構そのものの特性は変わらない。

ナックルジョイントプレスの機構を図2に示す。

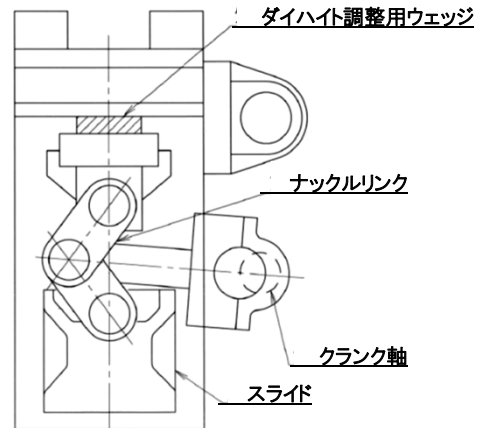


図1. ナックルジョイントプレスの構造構例

このプレスは、クランクプレスに比較して、その機構上ストローク中位においては速度が速く、ストロークの最下部付近でスライド速度が遅くなると共に、大きな加圧力を発生するプレスである。

ナックルジョイントプレスとクランクプレスのスライド運動を比較すると図3の通りとなる。

下死点付近でスライドの加圧速度が最も遅くなるナックルジョイントプレスは、成形開始時の荷重が少なく下死点付近で最大になり、この位置での成形性が要求される据込み成形に適している。

下死点付近で成形が行われるコイニング加工（貨幣に模様を圧印するような加工）は、加圧時間がある程度長くしないと模様を綺麗にだせない（金属材料が金型の窪みに流れ込むのに時間がかかるため）という性質があるので、ナックルジョイントプレスは、コイニング加工に大変適している。

また、冷間鍛造にも多く使用されており、この場合はナックル機構を使うと、小さなクランク軸トルクで大きな公称能力を出すことができる為、同じ公称圧力のクランクプレスより製作コストが安くなる。また、下死点付近の加圧時間が長いので加工精度が良いという利点がある。

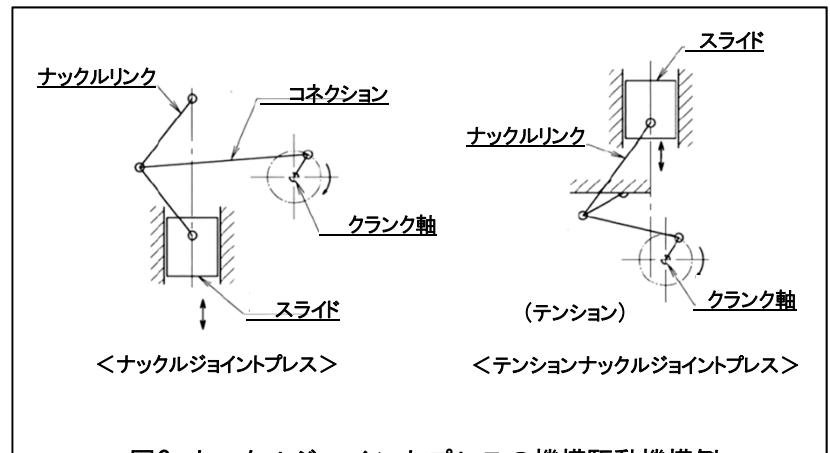


図2. ナックルジョイントプレスの機構駆動機構例

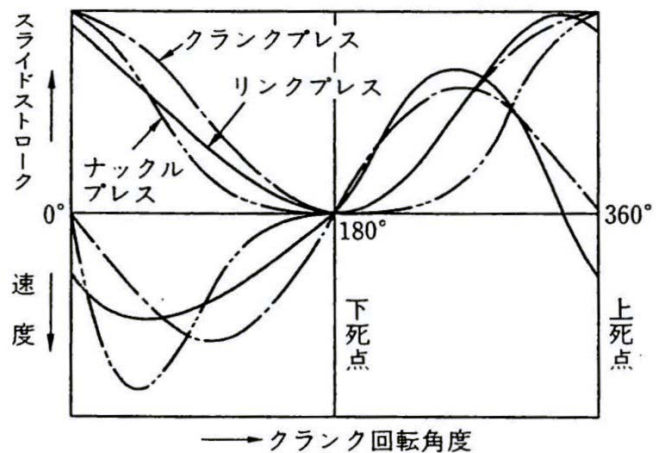


図3. 機械プレスのストローク速度線図

（出典：第91回塑性加工学講座
「鍛圧加工の基礎と応用」(2003年) P144)

3-1-4 クランクレスプレス

クランクレスプレスでは、偏芯したクランク軸とコンロッドにより回転運動をスライドの往復運動に変換していたが、クランクレスプレスは、歯車と一体になった偏芯板によってスライドの往復運動に変換している。（図1,2,3）

機械の特性のモーションなどはクランクプレスと同じであるが、偏芯している部品が異なるのでその点の特性が異なる。

クランクレスプレスは、荷重点とギヤの位置が同じになるので下死点上の距離が高い位置での高荷重には向かないので鍛造ではなくコイニング・トリミングなどの工程に使用される。

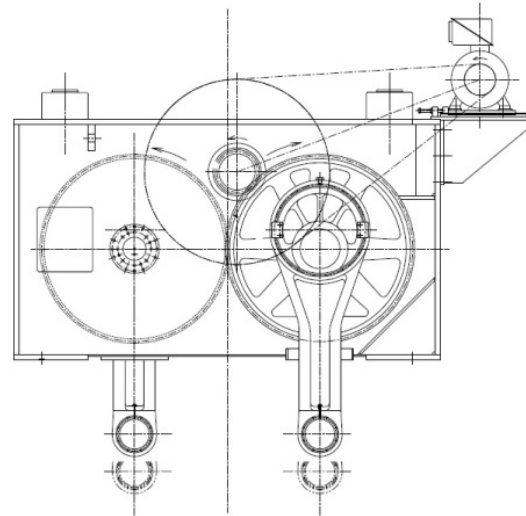


図1. クランクレスプレス構造



クランクレスプレス本体

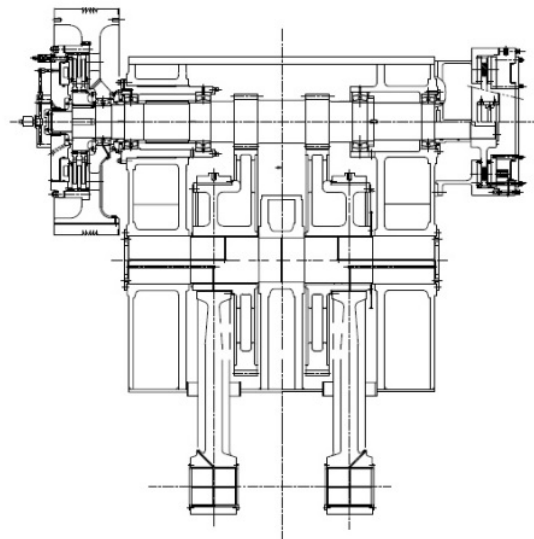


図2. クランクレスプレス構造

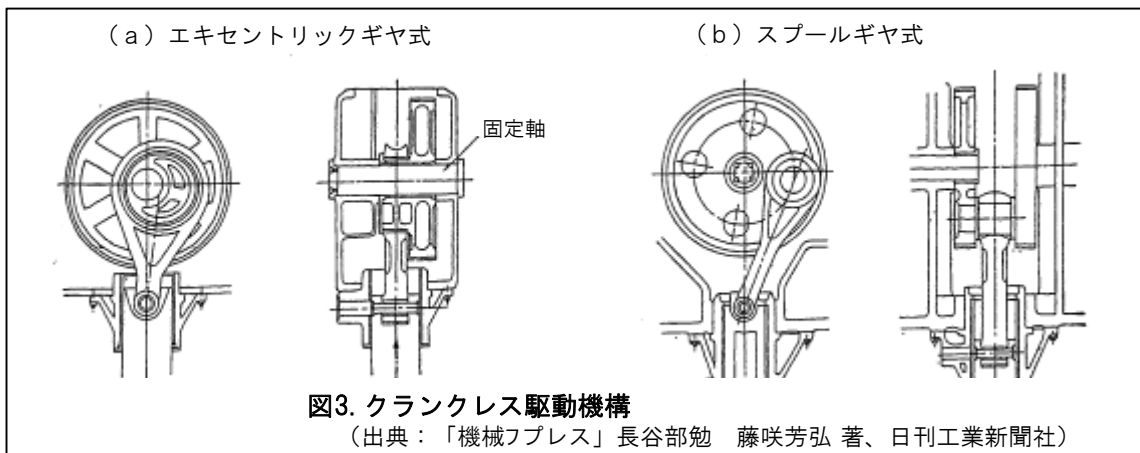


図3. クランクレス駆動機構

(出典：「機械プレス」長谷部勉 藤咲芳弘 著、日刊工業新聞社)

3-1-5 スコッチヨークプレス

スコッチヨークプレスはエキセントリックブロックを貫通して配置されるエキセンシャフトを回転させて、その運動をスライドの直進運動に変換する機構を持ったプレスである。

エキセンシャフトとスライドをコネクティングロッドで繋いだクランクプレスと比べ、コネクティングロッドが無いのでプレスの高さを大幅に低くすることが可能である。

また、エキセンシャフト大径部の広い受圧面で荷重を受けることができるので、コネクティングロッドを介している一般のクランクプレスより偏心荷重に強い構造にすることができる。

図1は一般的なスコッチヨーク機構で、スライドの中に組み込まれているエキセントリックブロックの外形が角型で、スライドの中でエキセントリックブロックがスライドのストローク方向と直角方向に滑る方式である。

図2はスライドの中に組み込まれたエキセントリックブロックの外形が丸型で、エキセントリックブロックはスライドの中で揺動回転運動をする方式である。

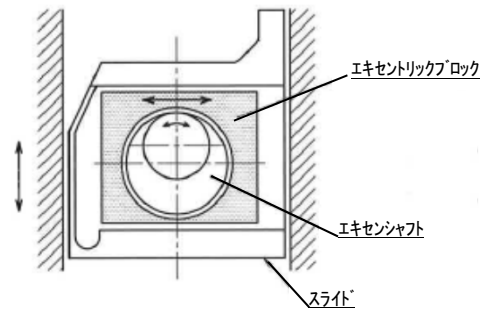


図1. 角型エキセントリックブロック式

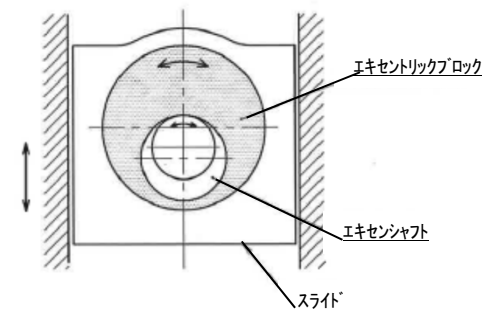


図2. 丸型エキセントリックブロック式

(出典：「板金機械副読本」
1987年 ニュースダイジェスト社発行 P133)

3-1-6 ウエッジプレス

ウエッジプレスは、図のようにフレームとスライドの間に配置されたウエッジをクランク機構で前進後退させて、スライドを昇降させるプレスである。

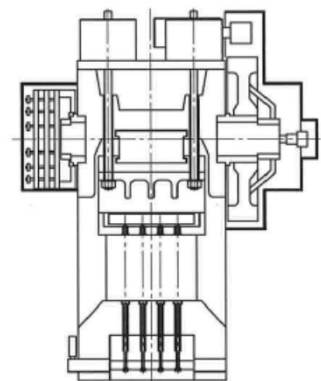
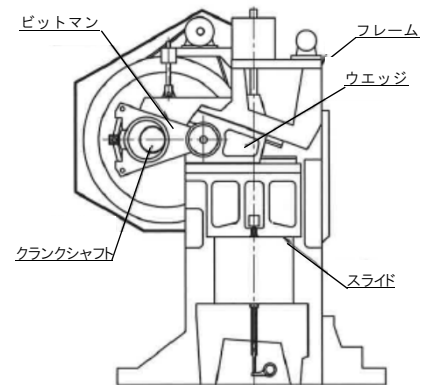
このクランク機構は、一般の縦型クランクプレスと同様にモータ・フライホイールおよびクラッチを介してクランク軸を回転させ、ウエッジを駆動する。

ウエッジの上下面はプレス荷重を受けながら摺動するためガイドプレートが設けられ、上側はフレームとまた下側はスライドと接している。接している面の両側T型のガイド部で連結されており、ウエッジ後退時にスライドがウエッジで引き上げられるようになっている。

尚、ウエッジ下面の広い面積で鍛造荷重を受けることができるので、一般のクランクプレスと比べ偏心荷重に対するスライドのたわみや傾きが小さいという特徴がある。

対象製品としては、自動車エンジンに使われるコネクティングロッドなどのように薄物で厚み精度の必要な製品の鍛造用として採用されているケースが多い。但し、構造上、製品高さが大きくプレスストロークが大きいものには適用できにくい。

また、フレームにはウエッジを駆動するクランクシャフトにより前後方向の力がかかるので、フレームに前後方向の強度を持たせる必要があり、一般に前後のフレーム幅が大きくなる。



3-2 横型プレス（フォーマー）

(1) フォーマーの機構

フォーマーは、主にクランク機構によって駆動される横型プレス的一种である。コイル材あるいはバー材を連続的に供給して所定の寸法に切断し、一对の固定金型（ダイス側）と移動金型（パンチ側）の間に切断された素材を供給し、3～8工程をかけ圧縮力を加え、材料を塑性変形させて所定の形状に成形加工する機械である。

主にボルト、リベット、ボール、パーツおよびこれに類似した形状の製品を冷間または熱間または温間で圧縮力を加え、成形加工する機械である。

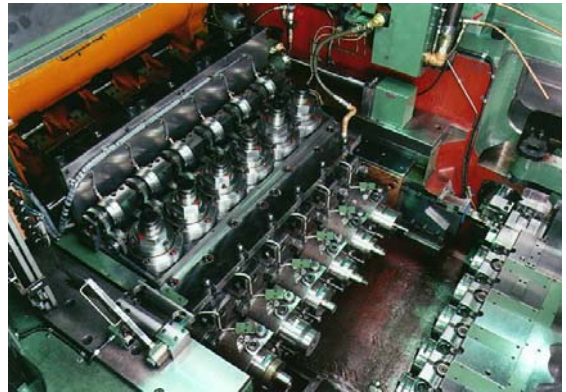


図1. 6段フォーマー



図2. 冷間フォーマーの鍛造事例

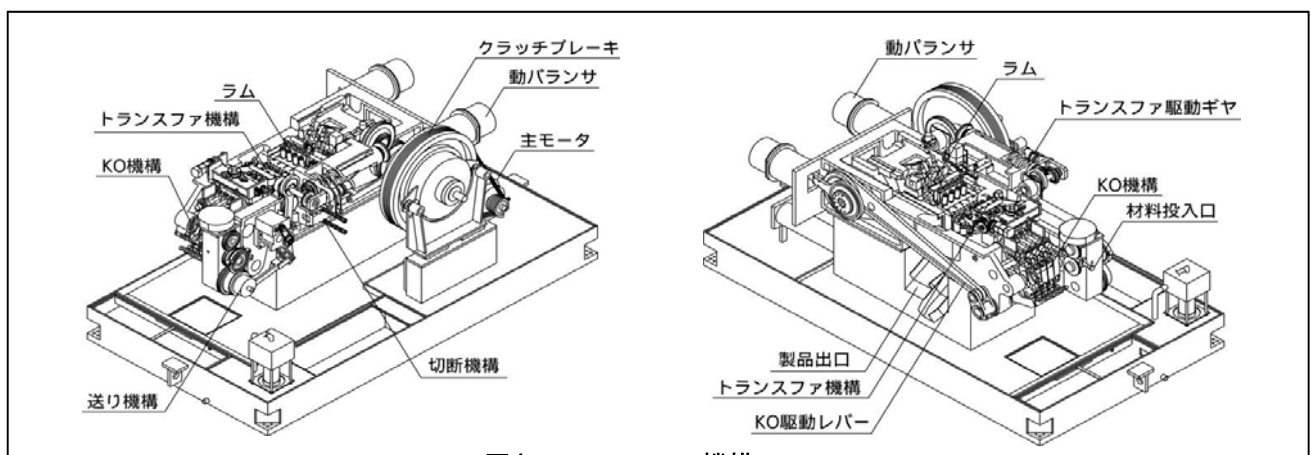


図3. 熱間フォーマーの鍛造事例

フォーマーの機構は、主に駆動部、材料送り部、切断部、圧造部、突出し部(KO部)、搬送部、安全部、給油部からなる。

駆動部は、主に4つの系統から成り立っている。メインモータを中心として各機構へ動力を供給する駆動装置、各部への動力の伝達と制御を行なう駆動・制御装置、カムにより決められたタイミングの運動を伝えるカム軸、搬送装置への動力を伝達するトランスファドライブで構成される。

材料送り部は、2枚または4枚のローラで線材を挟み機械内へ送り込む。コイル材の曲がりやを連続的に直線にする矯正機、ローラに線材を挟み線材を送り込むロールボックス、所定の送り長さとなるように運動を与え送り込みの長さを調整できる送り駆動で構成される。



搬送部は、ブランクをフィンガで保持し次工程へ搬送する装置。

ブランクを保持するフィンガをタイミングに合わせて開閉できる機構を備えている。また、成形する製品に応じて、順送り(平行送り)と反転送り(180°のターン送り)を選択することができる。

安全部は、危険防止、防音、油の飛散防止の目的で設置されたカバー

で構成される。フォーマーは自動運転を行なうことから、機械全体をカバーで覆う構造となっている。それらカバーには開閉のセンサが設けられ、カバーが開放した際に機械を停止させる。

給油部は、回転部・摺動部および工具の磨耗を防止するための油の供給を行なう装置。回転部・摺動部の磨耗を防止するための機械潤滑給油と製品・金型の冷却を行なうためのクーラント給油で構成される。

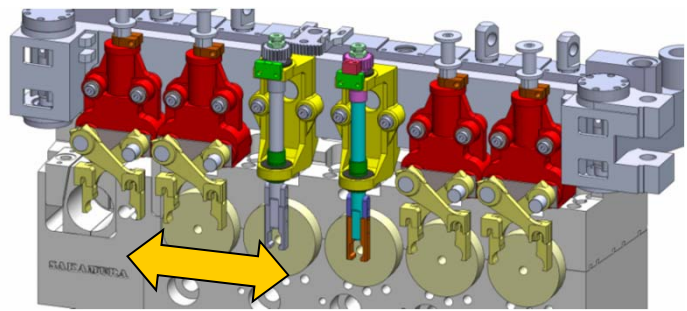
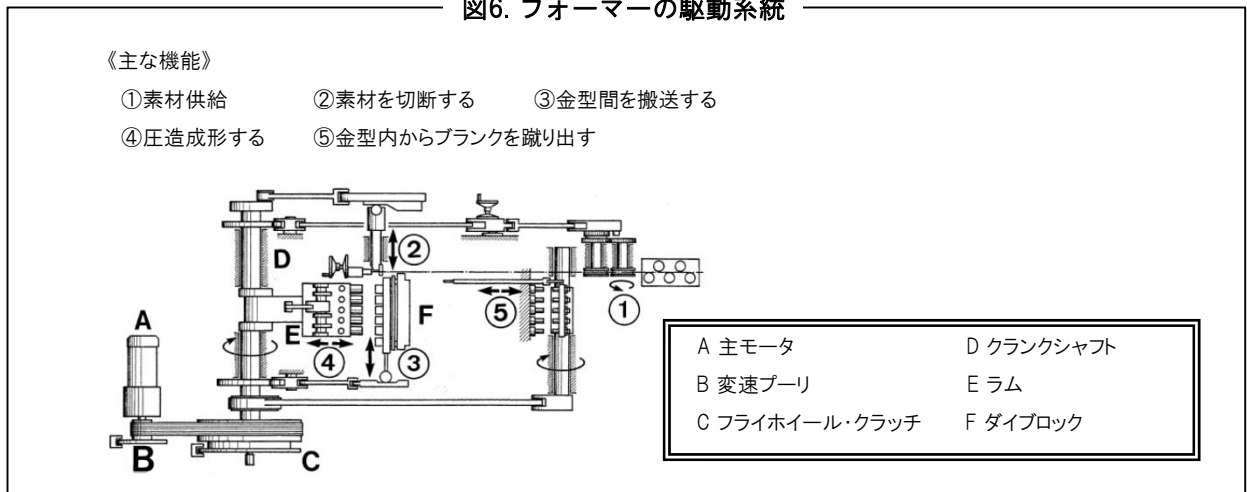


図5. 搬送部

図6. フォーマーの駆動系統



(2) フォーマーの動作

フォーマーでは、ひとつのメインモータからクラッチを介して全体が連動し、駆動するような系統となっている。このため各機構は、決められたタイミングに合わせて動き、機能している。

図6の例を用いて加工時の機械の動作を説明する。

- ① 矯正ロールを通して直線化された線材は、フィードロールにより機械内へ送り込まれる。その端面がストッパに当たると所定の長さで材料送り込みが停止する。その後、カッタで定寸に切断され、切断されたブランクはプッシャの位置まで搬送される。
- ② プッシャの位置でプッシャロッドにより、ブランクがカッタより押し出され、第1トランスファフィンガにチャッキングされる。
- ③ ブランクは、第1トランスファにより第1ダイの位置まで搬送される。搬送されたブランクは、第1パンチにより第1ダイに押し込まれて成形が行なわれる。
- ④ その後、第1キックアウトピンにより第1ダイから突き出され、第2トランスファフィンガにチャッキングされる。
- ⑤ 突き出されたブランクは、第2トランスファにより第2ダイの位置に搬送され、第2パンチで第2ダイの中に押し込まれ成形が行なわれる。
- ⑥ その後、第2キックアウトピンにより第2ダイから突き出され、第3トランスファフィンガにチャッキングされる。
- ⑦ 以降、これら動作を最終工程での成形まで繰り返し行なわれる。

(3) フォーマーの特徴

フォーマーの特徴としては、

- ① 切断機構を内蔵し、構造上トランスファが容易に行なえることから、素材のコイル材から最終の鍛造加工工程まで連続自動生産させることができる。また、熱間フォーマーにおいても冷却が十分に行なえるので、バー材から最終鍛造製品までの自動生産ができるといった特徴がある。
- ② 毎分数百個から千個といった高速生産が行なえ、生産効率が良い。例えば、圧造能力3,000kNの冷間フォーマーでは、1分間に150個の生産ができる。高速生産を行なうことにより、加工速度が速く、加工熱が逃げにくいいため、鍛造品は高温となり、変形抵抗が低下し、高強度の素材の鍛造が可能となる。
- ③ 連続自動生産で素材のコイル材から最終の鍛造製品まで人的な影響がないため、加工精度のバラツキが少ない。
などが挙げられる。

(4) フォーマーの構造

4-1. 素材、線台、矯正機

フォーマーは、一般的に図7の様なコイル材及び線材と呼ばれる材料を使用している。また、コイル材にはボンデ潤滑処理(リン酸亜鉛皮膜処理)が施されており、圧造時の潤滑に大きな役割を果たす。

コイル材を載せる台を線台と言い、コイル状に巻かれた材料を複数のローラを用いて直線的に伸ばす装置を矯正機と言う。矯正機には横型と縦型がある。

コイル材が水平に置かれる場合、水平線台及び横型矯正機が用いられる。利点としてはコイル材をキャリアごと搭載でき段取り性良いこととコイル材の巻き方向が限定されないことが挙げられる。

コイル材が垂直に置かれる場合、縦型線台付き矯正機が用いられる。線台と矯正機が一体型となっている装置でスペース効率にすぐれている。しかしながらキャリアでの搭載はできず、コイルの巻き方向が限定される。縦型矯正機は主に大型機に用いられる。



図7. コイル材

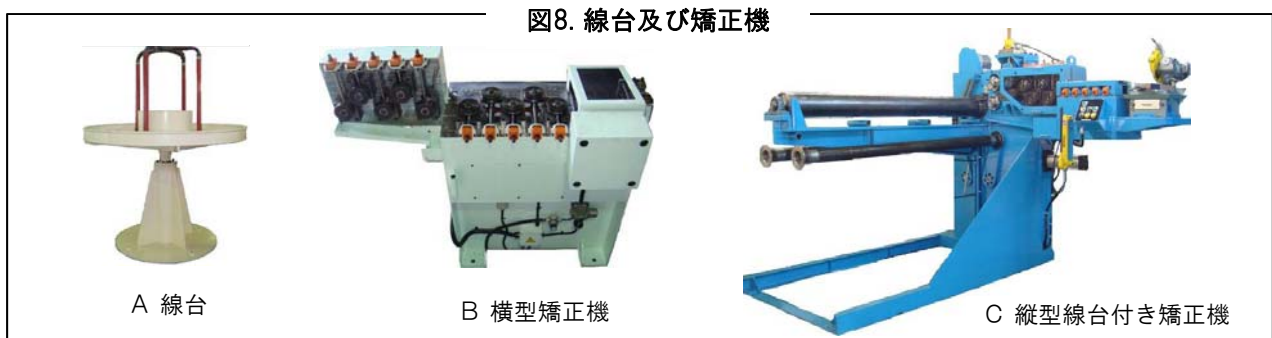


図8. 線台及び矯正機

また、主に熱間フォーマーにおいては、バー材を用いる。バー材の材料供給はバーラックで行われる。バー材は真直に矯正する必要は無いが、コイル材と異なり一本の長さが制限されるため、バー材同士で押し合いながら送り込むこととなる。そのためバー材先端及び後端はスクラップとすることがある。よって、連続稼働中には、材料の端面をスクラップ処理するための全自動端末処理システムが必要となる。

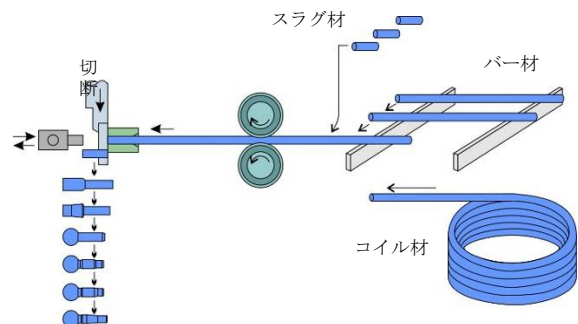


図9. 素材の供給

4-2.材料送り部

材料送り機構は、材料をクランプし、機械内の切断機構へ送り込むための機構である。

矯正機を通して送られた素材は、上下に設置された一対もしくは二対の送りロールによってクランプされる。送りロールは、機械に連動し素材を機械内へ送り込む方向に動作する。

送り長さは、必要な切断長さに応じて調整することができる。長さ調整は、手動調整や電動調整の種々方法がある。長さ調整の機構は、図11の中間レバー内部に設けられたねじを回転し、中間ロッドの位置を変化させ行う。中間ロッドの位置が変われば、送り駆動レバーの動き量が変化し、材料を送り込む量も変化する。送りロールは、空圧によって素材を挟み込むが、その挟み込む圧力は線径、素材硬度、材質などによって調整する必要がある。

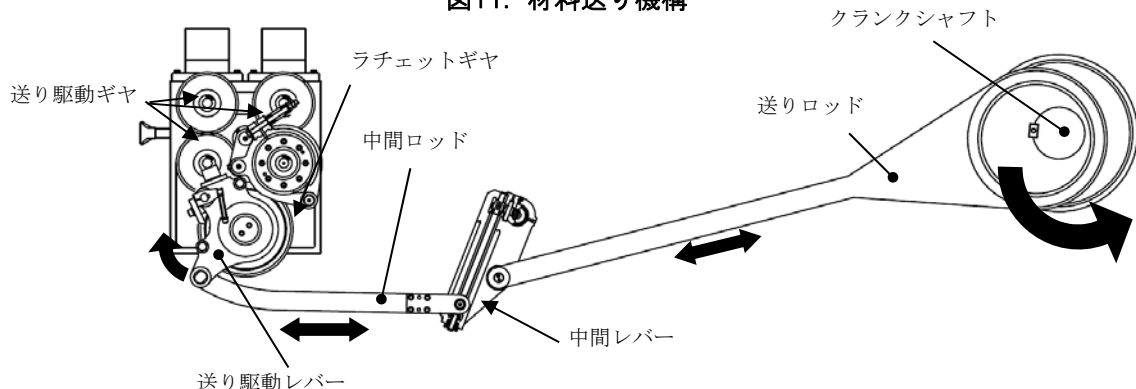
送りロールによって送り込まれた材料は、固定側切断金型(クイル)、移動側切断金型(ナイフ)を通り、材料ストッパに接触することで切断長さが決定する。送りロール方式においては通常「送り長さ>切断長さ」となり、その差の分は送りロールと素材の間でスリップさせることにより、確実に材料ストッパに接触させている。

切断長さを変える時、材料ストッパを前後させ、クイルからの距離を変化させる事で、切断長さを変更する。



図10. 送りロール

図11. 材料送り機構



材料送り機構には、送りロール式の他にグリップ式による送り機構がある。

素材を上下に配置されたV字型ブロックによって強力で挟み込んで送り込む方式で、送りロール式のように材料とロールの間でスリップすることがない。それゆえ、送り量を止めるストッパがないため、切断した端面にはストッパによる傷がなく良好な切断が得られる。グリップ力の発生源は、空圧、油圧、スプリングなどがある。

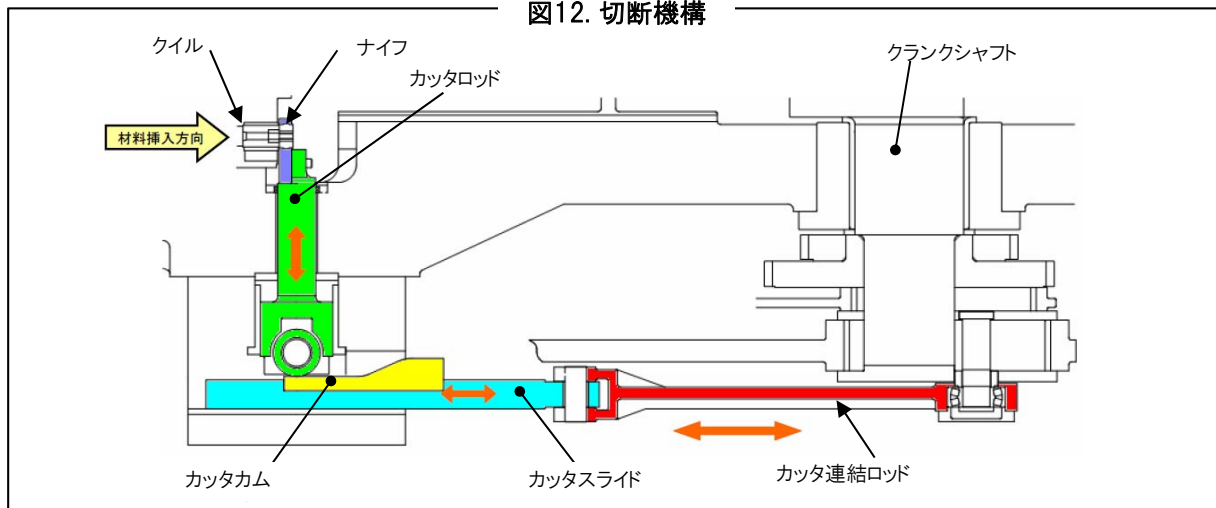
4-3.切断部

切断部は、材料送り機構により送られた材料を定寸で切断し、搬送装置へと排出するための機構である。

一定の送り量で送り込まれた後ストッパで制止された素材は、図12のような機構を用いて、クイルとナイフにより所定の切断長さに切断される。一般的に切断面の良し悪しは、素材の材質、硬度などに左右されるが、切断機構のメカニズムや剛性も大きな要因となる。

良好な切断を得るためのメカニズムの一つには、切断速度が挙げられる。通常切断速度、特にナイフが素材に押し込まれる初速度が速い方が優位である。初速度をあげるため、カッタロッド内にスキマを設け加速させた後、切断動作へ入るようなインパクト切断と呼ばれる機構を採用しているものもある。

図12. 切断機構



4-4. 圧造部

圧造部とは、固定金型のダイスと移動金型のパンチを用い、材料を塑性変形させ製品を成形する機構である。フォーマーでは、3～8段の圧造工程を有している。

所定の長さ切断されたブランクは搬送装置（トランスファ）によって圧造工程に搬送され、パンチとダイスで成形される。製品成形を行う場所であるため、精度は重要課題となる。製品精度を向上させるため、圧造部の剛性は不可欠な要因である。製品精度を左右する要因としては、クランクシャフトをはじめとする構成部品の剛性、そしてフレームの剛性、受圧面の耐圧・構造、そしてスライドの直進性がある。

フレームに関しては、鋳鋼を使用し、箱型一体構造の高強度構造を採用している。

スライドにおいては、直進性をあげるため、大幅な側面のスライド面とウィング式の上下スライド面を確保。またスライド後方には直進性を向上させるため、オーバーアーム構造とした補助のスライド面を有している。

圧造部のパンチ側には、前後方向に圧力調整を行うパンチ調整が設けられている。テーパ上スペーサを配置しており、このスペーサをねじにより上へ引き上げるとパンチは圧力が増加する方向へ移動される。逆の動作を行えば圧力が下がる方向になる。フォーマーは、高速で連続的に生産するため、熱影響による長さ方向の寸法変化が発生しやすい。製品精度要求によっては、稼働開始後もパンチの前後調整が必要となることが多い。よってパンチの前後調整においては、運転中でも自動で調整できる装置も開発されている。

他にダイスとの芯だし調整を行うため、上下左右方向へ調整できる機能が、各工程に設けられている。

図13. ラムスライドとフレーム

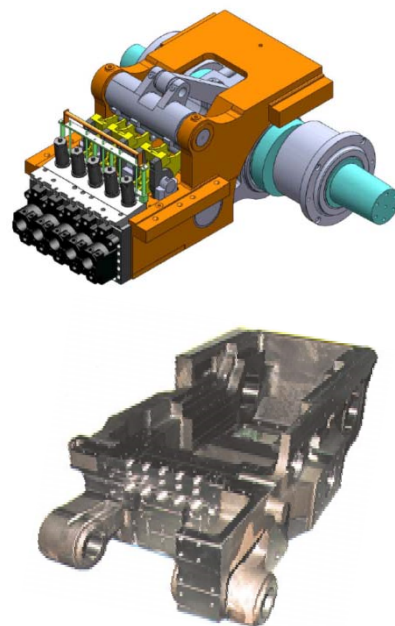
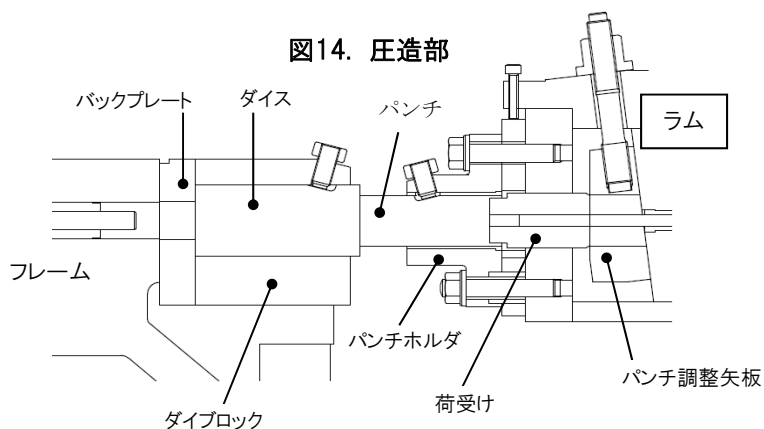


図14. 圧造部



4-5. KO部

KO機構とは、圧造したブランクをダイスから排出するための機構である。

ダイスから蹴り出されたブランクは、チャック爪で保持され、トランスファ機構によって次工程へと搬送される。

KO機構は、クランクシャフト上に設けられたエキセンフランジから、KOロッドを介してKO駆動レバーを駆動する。KO駆動レバーへ伝えられた力はKOハンマボルトを通して、KO本ピンに伝わりブランクを排出する。

KOピンは、ブランクの蹴り出しの他に成形時の圧力を受ける働きがある。成形時のKOピンの位置調整は、フレーム内に設けられたパイプ状のKOパイプネジで行う。KOパイプネジは、外周にねじ加工が施され、フレームに加工されたねじ穴に取り付けられている。

KOピンで受けた荷重は、KO中間ピンからKOパイプネジに伝わり、フレームでそれを受ける構造となっている。

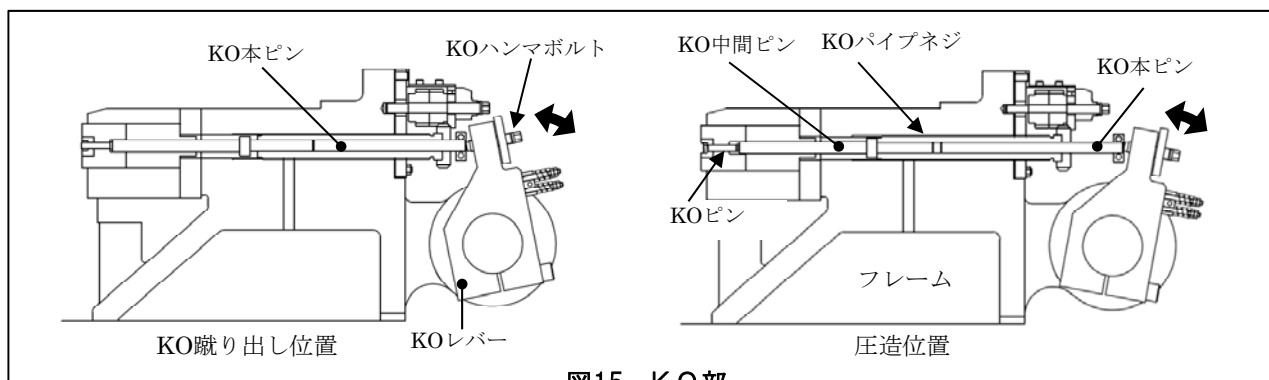


図15. KO部

4-6. トランスファ部

トランスファとは、切断及び圧造したブランクを次工程へ運ぶ搬送機構である。

ブランクのクランプは、トランスファユニットに取り付けられたチャック爪で行われる。

多工程プレス機では工程間のブランク搬送は、機械とは別ユニットで構成されることが多いが、フォーマーでは機械に内蔵されている。

KOでダイス面まで押し出されたブランクは、トランスファ装置に設けられた金型のチャックでクランプされ、次工程に順次搬送される。

チャックには、ブランクの形状や金型構造によって異なる機能が求められる。

チャック爪が開いたり閉じたりするオープンチャック、ダイス側とパンチ側を反転しながら搬送するターンチャック、バネの力でクランプし平行搬送するクローズチャックがある。

チャックの方式は圧造する製品や金型構造によって最適な方法が必要となる。パーツフォーマーでは、工程ごとにオープンチャックやターンチャックを選択することができるカセット式のチャックが主流である。

オープンチャックは、ブランクの形状や金型構造によってオープン・クローズするタイミングを工程ごとに変更させることができる。タイミング調整は、オープンとクローズのそれぞれに独立した回転カムが設けられているため、必要なタイミングに合わせそれぞれを調整する。

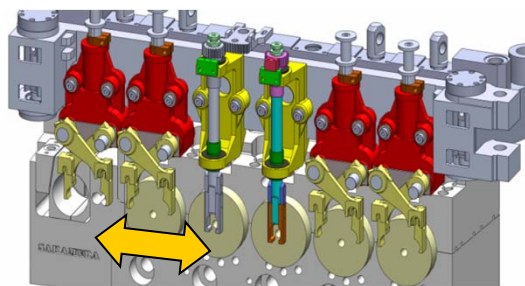


図16. チャックカセット

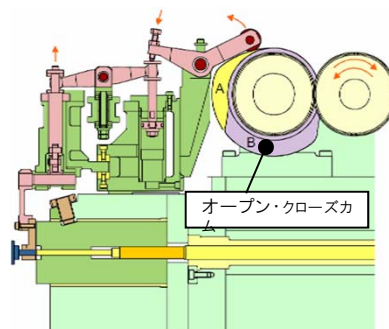


図17. オープンカム

駆動系統としては、クランクシャフトからギヤを介してトランスファカムへと回転運動が伝えられる。回転するトランスファカムに追随するトランスファレバーの反復運動は、ダイス間を往復するトランスファユニットへと伝えられ、ブランクの搬送を行う。

高速運転を行うフォーマーにおいては、トランスファの安定性が非常に重要な要素となる。これを安定的に行うためにトランスファの駆動カムはダブルカム方式を採用している。通常カムは、1枚のカムにバネもしくはエアを用いてローラを押し当てることにより駆動する。ダブルカム方式においては、搬送側と戻り側の2枚のカムを一体構造とし、それに追従する2つのローラを用いることにより、常にどちらかのカムとローラが接している状態となる。この方式を用いることにより高速運転においてもいわゆるカム飛びを起こさない安定的な構造としている。

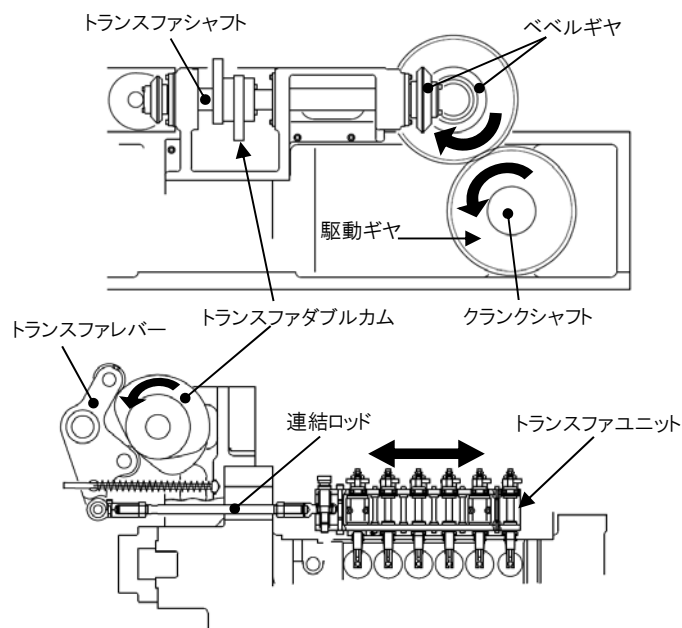


図18. トランスファ機構

4-7. PKO部

圧造工法によって、パンチ側の抵抗がダイス側の抵抗を上回るとき、圧造ブランクがパンチに密着したままでダイスから抜け出る事がある。

PKOは、パンチ側に密着しようとする圧造ブランクをダイス側に残すため、ラムの動きに同期して蹴り出すための装置である。その押し出すタイミングはダイス側のKOとパンチ側のPKOでは異なるタイミングとなる。PKOは、圧造点より動作を開始し、スライドの後退に合わせた押し出しとなる。スライドが10mm下がれば10mmの押し出し、20mm下がれば20mmの押し出しとなるようにスライドの動きに合わせて同期的な押し出しとなる。PKOはクランクロッドに設置された連結ロッドを介してPKOカムを駆動するため、スライドの動きに同期する構造となっている。

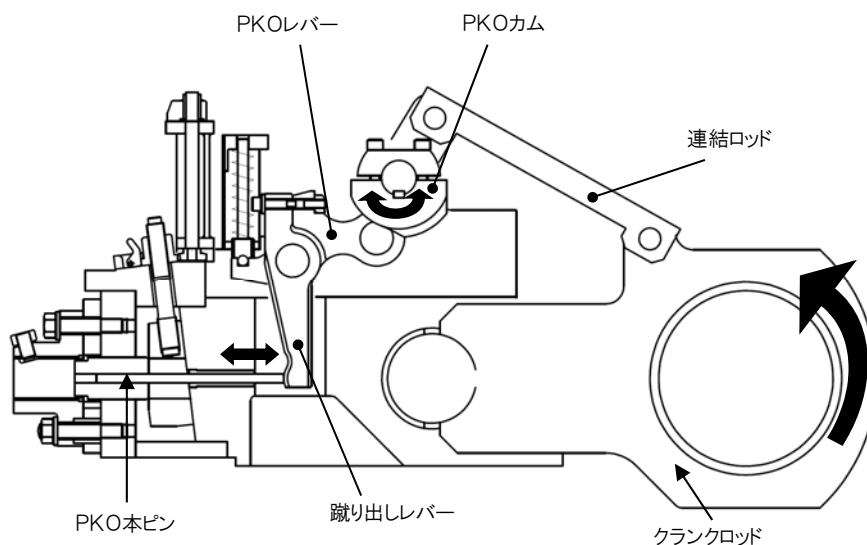


図19. PKO機構

3-3 油圧プレス

(1) 概要

油圧鍛造プレスは、鍛造作業の内容から自由鍛造プレス、型鍛造プレスの2種類に大別される。自由鍛造プレスは、熱間で行われるが、型鍛造プレスは、熱間、温間、冷間等に分けられる。

熱間鍛造プレスは、熱した加工物を圧縮成形するため、時間が長くなると加工物の熱が金型へ移動したり、放熱により下がってしまい加工が出来なくなってしまうため、プレスの速度（下降、加圧、上昇）の早いものが要求される。

(図1)



図1. 1500T 熱間鍛造プレス

(2) 鍛造の方法

自由鍛造と型鍛造にわけられる。

1) 自由鍛造

上下一対の押型の中に素材を置き、素材を打撃・加圧して荒形状成形するもので、大型の熱間鍛造製品に用いられる。(図2)

図2. 様々な自由鍛造プレス



10000T 熱間鍛造プレス
テーブル: 3500x6000mm
ストローク: 3000mm
デーライト: 6800mm



15000T 自由鍛造プレス
テーブル: 4000x3500mm
ストローク: 2500mm
デーライト: 4450mm
加圧速度: 20~60mm/s



5000T/10000T 鍛造プレス
テーブル: 3500x6000mm
ストローク: 3000mm
デーライト: 6800mm
ストローク数: 45SPM

2) 型鍛造

製品の形状を彫り込んだ上下一対の鍛造型の中に素材を置き、鍛造型を近づけて押しつぶし、所定の形に成形するもので、中・小型の部品製造に用いられる。

(図3)



図3. 6500T 熱間鍛造プレス

ストローク: 1300mm
デーライト: 2600mm
テーブル: 1700x2480mm

(3) 鍛造の分類

熱間鍛造、冷間鍛造、溶湯鍛造の三つに分けられる。

1) 熱間鍛造

鍛造素材を1000度～1200℃に加熱後鍛造する。加熱することにより素材の抵抗値が小さくなり、鍛造しやすくなる。自由鍛造プレスに要求されるものに次の事項の様なものが有る。(図4)

- ① 熱間で使用するのので、熱に耐える構造であること。
- ② 油圧作動油が漏れて火災等が発生しない様対策が取られていること。
- ③ 製品を目視しながらの作業が多いので鍛造状態を良く見えるような構造であること。
- ④ 作業中プレスフレームが偏芯荷重を受けやすいので、高い剛性を持った構造とすること。
- ⑤ マニプレーター(製品のハンドリング装置)との連動作業が有るため操作性が良いこと。
- ⑥ 加工作業を早く行うための高SPM(1分間のストローク数)を有すること。



図4. 9000T 熱間鍛造プレス
ストローク:1300mm
デーライト:2700mm
テーブル:1800x2500mm

2) 冷間鍛造

常温で鍛造する方法をいう。仕上がりの製品の寸法精度が熱間鍛造より優れる。精密な鍛造が出来る様に十分な機械剛性と高精度を要求される。(図5)

3) 溶湯鍛造

鑄造による凝固収縮による、鑄巣の発生を防ぐために、素材半凝固状態にして金型に入れプレスで加圧する。寸法精度の良い、緻密な鑄肌の製品を製造出来る。アルミニウム製品等に用いられる。(図6)



図5. 500T 冷間鍛造プレス
ストローク:600mm
デーライト:950mm
テーブル:1200x1000mm



図6. 350T/250T 溶湯鍛造プレス
ストローク:1100mm
デーライト:1500mm
テーブル:800x800mm

(4) プレス形式の分類

プレスには、油圧式と機械式がある。油圧式は、クロスヘッドの加圧力と速度、位置を自由に決められるため、大型自由鍛造に適している。ここでは、油圧について述べる。

1) サイドフレーム式鍛造プレス

プッシュダウン式—フレームをガイドとして、クロスヘッドを押し下げてプレスするもの。大型プレスに採用されている。大型鍛造プレスは、複数のシリンダーを持ち、能力切換え、速度切り替えを容易に行えるよう設計されている。(図7)

図7. 様々なサイドフレーム式鍛造プレス



15000T 油圧鍛造プレス
高さ:地上13m、地下8m
幅:8.5m
オープンハイト:3300mm
ストローク :2500mm
テーブルサイズ:4000X3000mm



2500T 鍛造プレス
テーブル:3250x1500mm
ストローク:1700mm
デーライト:2500mm



1500T 鍛造プレス
テーブル:3000x1250mm
ストローク:1300mm
デーライト:2000mm

2) 4柱式鍛造プレス

◇プッシュダウン式：タイロッドをガイドとして、クロスヘッドを押し下げてプレスするもの。加圧シリンダーが、鍛造作業スペースの上に位置するため全体の重心位置が高くなる。高い建屋が必要になる。(図8)

◇プルダウン式：フレームが上下に押し下げられてプレスするもの。加圧シリンダーが、鍛造作業スペースの下に位置するため全体の重心位置が低くなる。地上高さが低くなる。(図9)



図8. 1500T 4柱下降式油圧鍛造プレス
ストローク:1400mm
デーライト:2500mm



図9. 1500T プルダウン式油圧鍛造プレス
ストローク:1000mm
デーライト:2800mm

3) 2柱式鍛造プレス

4柱式の2本の柱を1つにまとめて2本にしたもの。鍛造作業位置を容易に監視出来る。作業部に容易に近づく事が可能で作業性が良い。(図10)

図10. 2柱式鍛造プレス



3600T 2柱式油圧鍛造プレス
ストローク:1950mm
デーライト:3200mm
テーブル:4000x1500mm
加圧速度:67mm/s



6000T 2柱式高速鍛造プレス
ストローク数:100SPM
ストローク:2800mm
加圧速度:115mm/s

4) 片持式鍛造プレス

プレス前面3方が空いているため、素材の取り扱いが容易で、比較的小物の鍛造作業に適している。ラムとクロスヘッドは、ボールジョイント構造で結合されて、アンバランスロードを吸収し、機械の耐久性を増大させている。

角型のクロスヘッドは、偏心荷重に耐え、摺動面摩耗時の調整も容易におこなえる。(図11)

図11. 片持式鍛造プレス



750T C型油圧鍛造プレス
60 SPM 連打仕様
ストローク:1000mm
デーライト:1900mm
ギャップ:800mm



1000T C型高速鍛造プレス
ストローク数:50~60SPM
テーブル:1150x4300mm
ストローク:1000mm
デーライト:2000mm
ギャップ:850mm

(5) プレスの補助装置

1) マニプレータ

鍛造工程でプレス内に素材の入出し・回転等をプレスと連動して作業を行う。(図12)

2) 油圧ユニット (図13)



図12. マニプレータ



図13. 油圧ユニット

(10000T鍛造プレス用 主ポンプ 560L/min x 16台使用)

(6) 油圧鍛造プレス 各部位の名称とフレーム構造

フレームは、プレスの金型間に発生する加工力の反力を支持するもので、プレスを構成する重要な部分である。フレームは、プレス構造により、四柱式(図14)、サイドフレーム式(図15)、C型(図16)等に分類されている。

図14. 4柱プッシュダウン式鍛造プレス

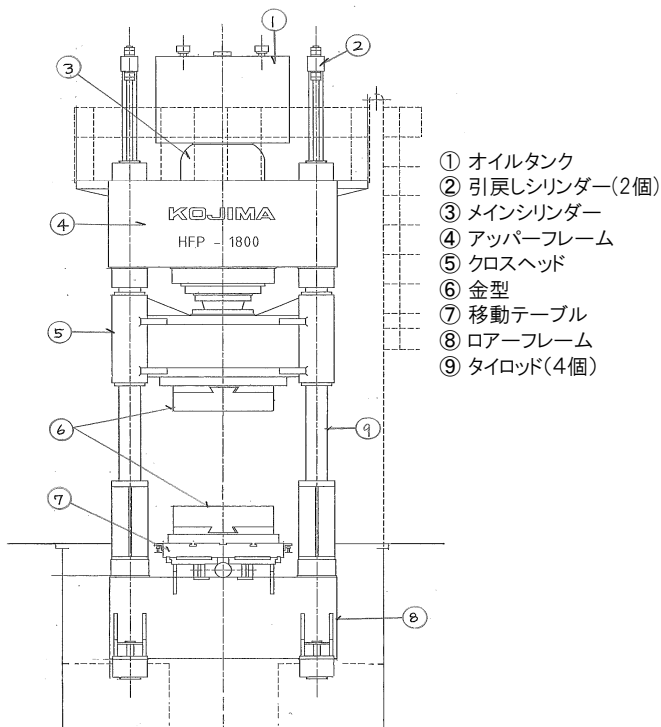


図15. サイドフレーム式鍛造プレス

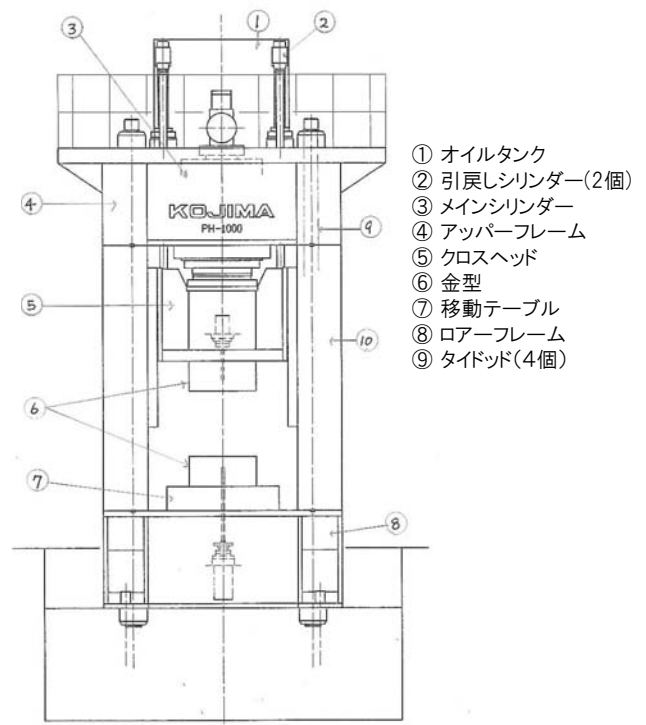
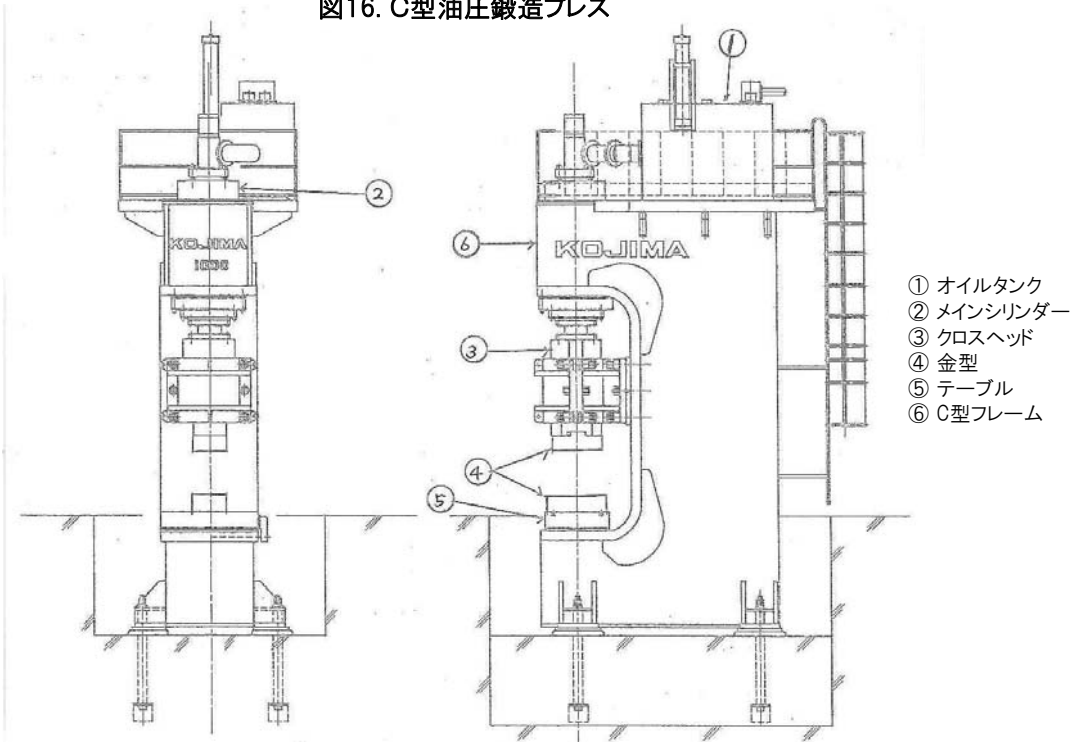


図16. C型油圧鍛造プレス

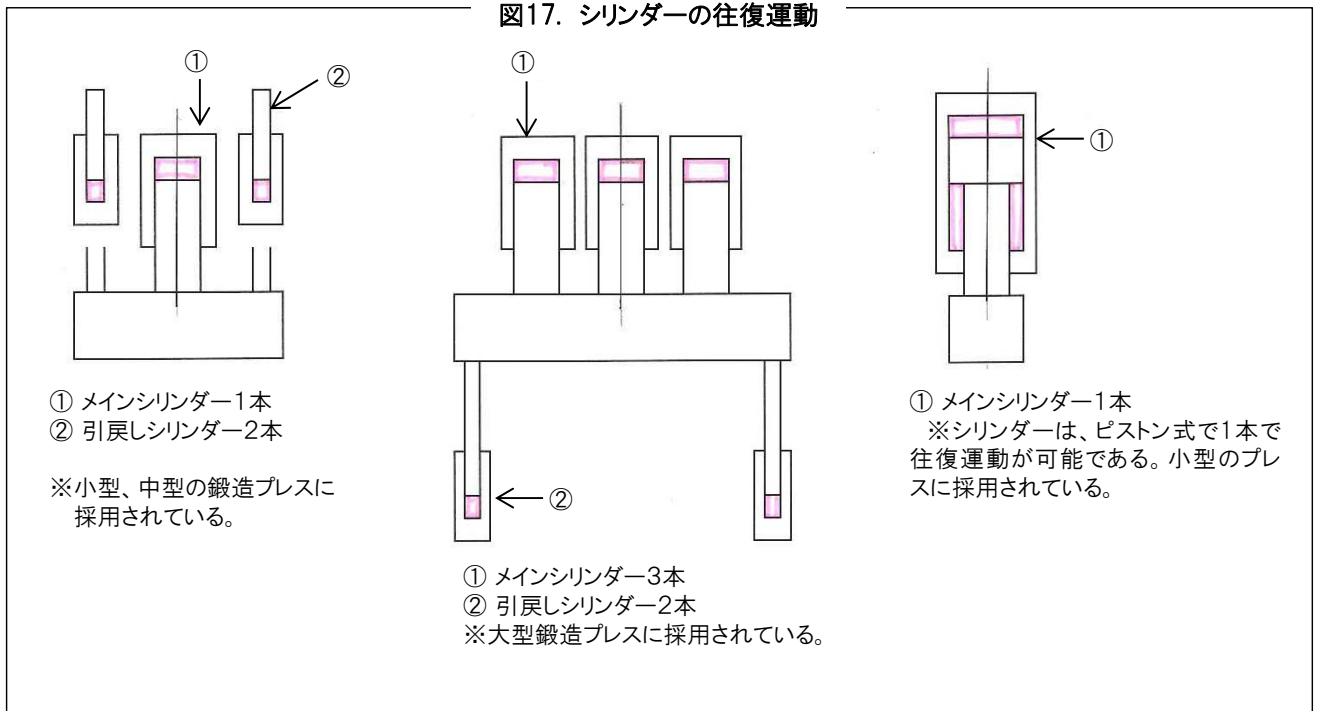


- ① オイルタンク
- ② メインシリンダー
- ③ クロスヘッド
- ④ 金型
- ⑤ テーブル
- ⑥ C型フレーム

(7) 油圧鍛造プレス 往復運動機能

油圧鍛造プレスのクロスヘッドの往復運動は、油圧シリンダーに油圧ポンプから作動油を送り込むことにより行われる。プレスの大きさ、シリンダーの型式により下記に大別される。(図17)

図17. シリンダーの往復運動



(8) 油圧鍛造プレスのかロスヘツドのガイド機構

クロスヘツドは、その下面に上型を取付、コラムやサイドフレームをガイドとして、シリンダーにより上下運動を行う。ガイド方式は、コラムをガイドとする四柱ガイド式(図18)とギブでガイドをするギブガイド式(図19)に大別される。

油圧鍛造プレスは、偏芯荷重に耐える剛性を要求される。

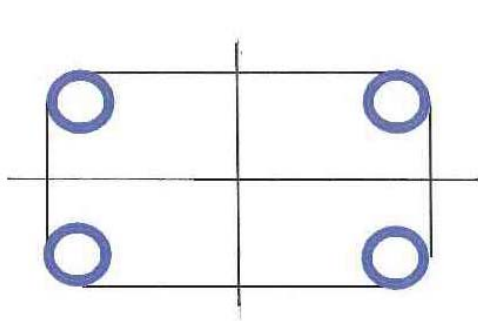


図18. 四柱ガイド式

四柱式油圧鍛造プレスに採用されている。ガイド調整が出来ない。

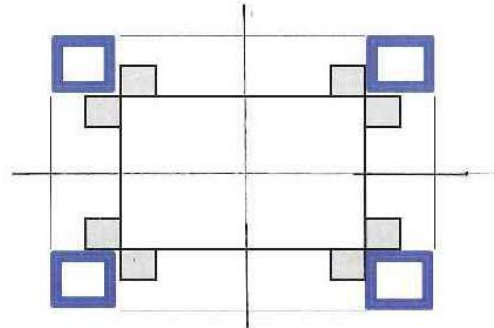


図19. ギブガイド式

サイドフレーム式油圧鍛造プレスに採用されている。ガイド調整が可能である。

(9) ノックアウト機構

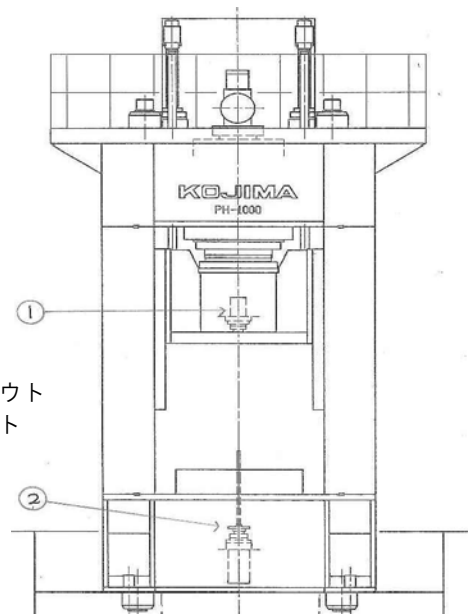
プレスの鍛造の用途により、スライドノックアウト機構、ベッドノックアウト機構を装備される。

金型から製品を取出し易くすることを目的に取り付けれる。駆動は油圧シリンダーにより行われる。

油圧鍛造プレスは、偏芯荷重に耐える剛性を要求される。(図20)

- ① スライドノックアウト
- ② ベッドノックアウト

図20. ノックアウト機構配置図



(10) 油圧プレスのか駆動形式

プレスにはいろいろな駆動形式がある。例えばメカプレスではクランク方式、リンク方式、スクリュウ方式などがありそれぞれが異なる特徴を持っている。油圧プレスも同様に油圧プレスに特有な特徴を持っている。従って求められる成形あるいは生産形態に対しても向き不向きがある。

そこで以下油圧プレスのか基本的な特徴を記し油圧プレスのか理解の一助としたい。



油圧プレスによる加工サンプル

10-1.油圧プレスの駆動系

油圧プレスは油圧回路(バルブ、センサー、配管など)からなる、シリンダーなどで構成される。オイルタンクからポンプで送られたオイルの流れを油圧回路で制御することによりシリンダーの動きを制御する。スライドはシリンダーの動きによって作り出される。図2に油圧プレスの概念図を示す。ここで①の方向にオイルが流れればスライドが下降し、②の方向にオイルが流れればスライドが上昇する。(図21)

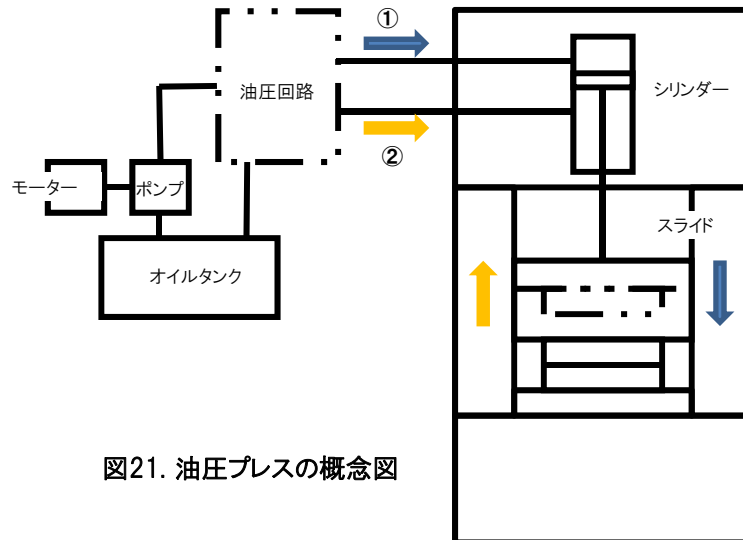


図21. 油圧プレスの概念図

10-2.スライドの動き

油圧プレスのスライドは図22に示すようにほぼ直線状で動く。

無負荷下降、無負荷上昇の領域では負荷を受けない状態でスライドが単純に下降、上昇し、負荷のかかる成形は加圧下降の領域で行われる。一般的に生産速度を速くするために無負荷上昇下降の行うシリンダーと加圧下降を行うシリンダーは分ける場合が多い。設定速度を変更すると直線の傾きが変わり、サイクルタイムも変わってくる。

また油圧プレスの場合一般的に上下限位置を変更できるため、その設定によってもサイクルタイムが変わってくる。また駆動特性から生産速度はメカプレスに比較して遅くなる。(図22)

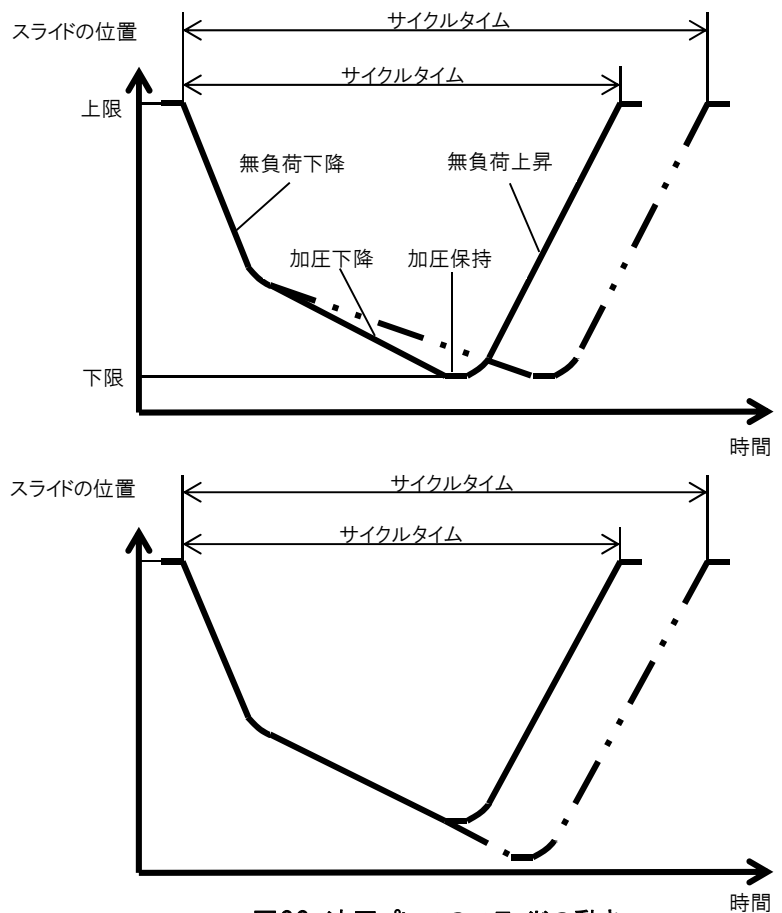


図22. 油圧プレスのスライドの動き

10-3.加圧能力

コンロッド方式を用いたメカプレスの場合能力限界があり、下限からそれより高い位置ではプレスの最大能力を発生することができないのに対して、油圧プレスの場合ストロークの全領域でプレスの最大能力を発生させることができる。そのようなことから油圧プレスはスライドの高い位置から成形を始めるシャフト形状の成形などに特に効果を発揮する。

10-4. 鍛造加工に対する油圧回路の応用

最近、加工工程を減らして最終寸法に近づけるといった要求が高くなってきている。このようなことから閉塞鍛造などが多く用いられるようになってきた。閉塞機能はダイセットに設けるという方法もあるが、油圧プレスの場合もともと油圧回路を持っているので、それを応用して閉塞機能をプレスに持たせることができる。そうすることによってダイセットの形状を簡素化することができる。またロックアウト機能、閉塞機能をうまく組み合わせることにより分流方式の鍛造加工なども行えるため、さらに付加価値の高い成形も可能になってくる。

10-5. 油圧サーボプレス

最近ではスライドの位置を高精度で制御(位置制御)したり加圧力を高精度で制御(圧力制御)をすることを目的としてサーボ制御を用いるようになってきた。サーボ制御とは現在のスライドの位置を測定しながら目標位置への補正を行ったり、現在の圧力を測定しながら目標圧力への補正を行ったりするフィードバック制御のことである。図23に油圧サーボプレスの概念図を示す。制御の方法としてはサーボバルブを用いてオイルの吐出量制御を行う方法とサーボモータを用いてポンプからの吐出量を制御する方法がある。サーボモータを用いる方法は必要なときに必要な量だけポンプを駆動するということから省エネ効果の利点があるが、サーボモータ自身のコストが高いという欠点もある。(図23)

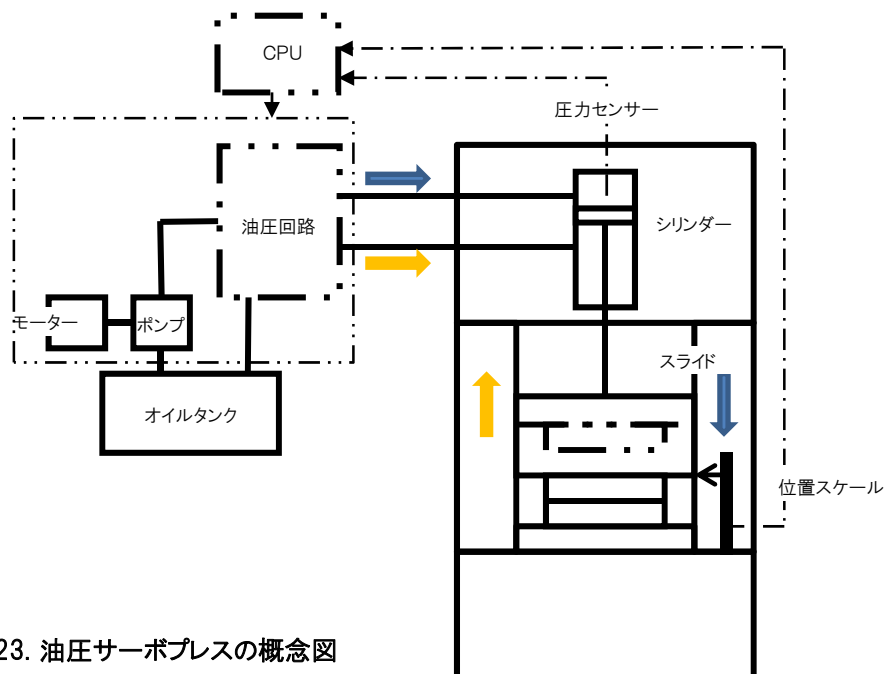


図23. 油圧サーボプレスの概念図

3-4 スクリュープレス

(1) 概要

雄ネジと雌ネジを組あわせてラム(スライド)を上下動作させるプレスを総称してスクリープレスと呼ぶ。古くは摩擦板(フリクションホイール)をフライホイールの左右に配置し、左右いずれかの摩擦板をフライホイールに押し付けて摩擦伝達(フリクション)を用いてスクリーを回転させる構造ゆえ、“フリクションプレス”または単に“フリクション”と呼ばれることもあった。(図1)

最近では摩擦板を用いることなく、サーボモーターを駆動源としてフライホイールを回転させる“サーボモーター駆動式スクリープレス”が主体である。構造がシンプルであることから故障要因が少なく、熱間鍛造のような粉塵が多く高温な工場内での劣悪な環境下でも頻繁なメンテナンスを必要としないタフな機械である。サーボモーターとVベルトを組み合わせた駆動方式になってからは、多くのメンテナンス作業の中でも特に重作業であったフリクションベルト交換作業からも解放され、メンテナンスフリー化が一気に促進された。

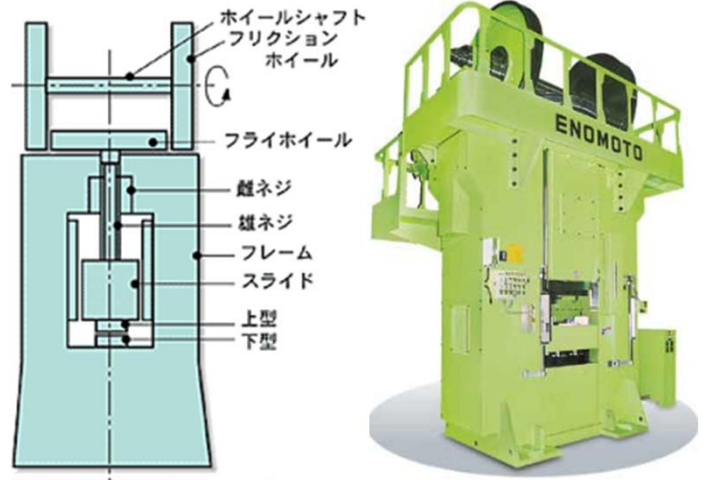


図1. フリクションスクリープレスの基本的な構造図と写真

(2) 基本特性

スクリープレスの加工エネルギーはフライホイールの慣性モーメントと回転数で定義される。慣性モーメントはフライホイールの大きさ(直径と厚み)、及びホイール素材の比重で決まる。

フライホイールの回転数を変化させることにより、ホイールに蓄積される運動エネルギーを制御する。高速で回転させれば大きなエネルギーを蓄積し、回転速度を制御することで鍛造に要するエネルギーをコントロールする。逆に小さなエネルギーで鍛造するときにはホイールの回転速度を遅くする。これはフリクション式でも、サーボモーター駆動でも同じで、鍛造加工するとホイールの回転エネルギーを消費して回転が止まる。スクリーとフライホイールは直接結合されているので、スクリーが停止してスライドも加圧動作を終える。このときフライホイールの運動エネルギーを使い果たしたことになる。その後、逆方向に回転させて元の位置まで戻す操作を行い、一行程が完了する。

サーボモーター駆動のスクリープレスもフライホイールにエネルギーを蓄えるため、鍛造加工中にラム速度を変化させる(所謂モーションコントロール)を行うことは無い。(図2) 但しフリクション式は単純に所定の回転速度まで加速するだけのエネルギー制御であるのに対して、サーボモーター駆動であれば鍛造開始の直前まで加速・減速制御が可能で高速アプローチと弱いエネルギーでの鍛造加工を両立させることができる。回転速度制御の精度はフリクション式よりも遥かに優れ、より精密なエネルギー制御が可能になった。

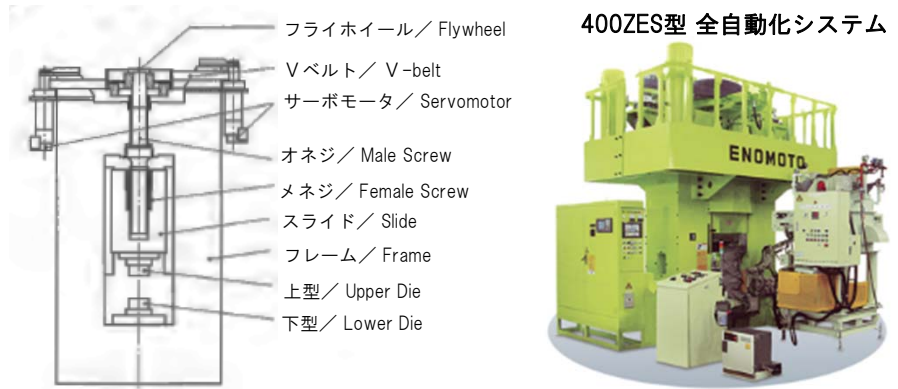


図2. サーボモーター駆動スクリープレスの構造図と写真

(3) フレーム構造

鍛造プレスであるがゆえに、門型フレームが基本である。フレームの工法は製缶構造と鋳鋼フレームに大別され、上下分割構造であればタイロッド締めも採用される。

細長い丸棒を素材に、軸方向への据え込み鍛造加工用に特化したスクリュープレスもあり、俗にビンセント型と呼ばれていた。アプセット鍛造に用いることから最近では「タテアプセッター」と呼称している。下型が上方に向かって動くアンダードライブ型で長いストロークを特徴としている。上金型が上下動作しない

ため、上金型(最大3型)の交換装置を取り付けて一行程毎に金型を変えながら、座屈を避けるため一定の据え込み率を確保しつつ丸棒の先端を膨らませるアプセット加工ができる。3,000kN程度までの機種は熱間鍛造ボルトの製造に用いられることが多く、軸状の自動車部品鍛造には4,000kN以上が採用される。スライドは門型の形状で、スライドの上部に雌ねじを実装してスクリュウの回転によりスライドを引き上げる。(図3)

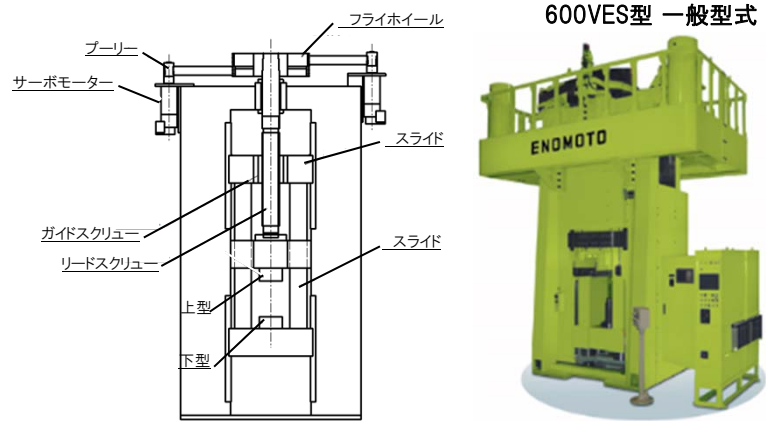


図3. タテアプセッターの構造図と写真

(4) 往復動機構

スクリュープレスの上昇・下降動作の切り替えは、スクリュウ軸の回転方向を反転させることで行う。フリクション式であれば、左右に配置されたフリクションホイールのどちらか片側をフライホイールに接触させて回転方向を制御する。当然ながらサーボモーター駆動式であれば、モーターを右回転、或いは左回転させればスライドの動作方向を決めることができる。

超大型のスクリュープレスでは、摩擦伝達力によるフライホイール駆動では加速トルクが不足するため液圧(油圧又は水圧)モーターで駆動する。液圧であれば流量を制御してフライホイールの回転数をコントロールする。これらのスクリュープレスは液圧制御とスクリュウの組み合わせであり、液圧プレスと同等のメンテナンスは必要だが、ラムが存在しないので液漏れや頻繁なパッキン交換が不要である。

(5) スライドの位置調整

スクリュープレスのスライド位置制御は、重要な加工条件では無い。必要な回転数までフライホイールの回転を加速すれば、回転エネルギーを使い果たしたときにラムが停止し、その位置がラムの停止位置となる。一般的には上下の金型同士を接触させて鍛造製品の寸法精度を確保する。

このプレスは他のメカプレスとは異なり下死点無く、ラムのスティック現象が生じないことが特徴で、極めて薄い素材の鍛造加工も可能である。特に熱間鍛造で頻繁に生じる横バリを伴う金型設計では、スクリュープレスであればエネルギー制御によりバリの厚みをコントロールして製品精度を得ることができる。

換言すれば、金型の高さとストロークの設定には精度を必要としない。特にサーボモーター駆動式スクリュープレスであれば、下限設定を数ミリ変動させても製品精度を確保できることが多く、段取り替えの際に発生しがちな条件出しが不要で、多品種少量生産には最適なプレスと言える。熱間鍛造では多用される金型のリシンク(型修正)でダイハイトが多少変化しても同一エネルギーに設定すれば鍛造が可能である。

(6) スライドガイド機構

スライドのガイドは、中央に向かって45度を基本とした4面ガイド機構である。スクリュウの回転力を受けるため必然的にこの構造が採用された。結果的に熱膨張の影響を受けづらく、熱間鍛造に適した形状である。ギャップの調整は楔状のプレートを組み合わせ、ギブの実効厚みを変化させる形式が一般的である。摺動面への潤滑油は型潤滑剤により汚れるので、トヨで受けて廃油回収される。

(7) 金型段取

金型は通常の鍛造金型でも良いが、一般的には受圧面としてのストッパープレートを設置する。上下の金型同士が接触して（或いは横バリを出して）鍛造動作が完了する特性に備える。加圧特性がハンマに酷似していることから、ハンマと同様の金型が用いられることもある。

ガイドポストも採用できるが、鍛造加工ではボールを使用したガイドは十分な保持力を確保できないことが多く、ダイセットにはガイド面を設けることが多い。熱間鍛造では熱膨張を考慮してガイド面間のギャップを大きく設定する。

(8) SKOとBKO

ノックアウトは上ノック、下ノックともに油圧シリンダーが主体である。上ノックは短いストロークで足りることが多く、10～30mm程度である。

アプセットプレス(ビンセント型)では金型の下にエジェクトバーを実装して、スライドを一行程の起動開始位置よりも、さらに低い位置へ下げることにより鍛造品をエジェクトすることができる。スクリー軸は上下動しない構造なのでサーボモーターによるベルト駆動化に適し、現在製作している装置のほぼ全数がサーボモーター駆動である。長尺材料も加工できることが特徴で、標準仕様でもストローク長さは600～800mmであり、下型シフト装置を取り付けた機種では2～3mの素材を鍛造することも可能である。

(9) クラッチ・ブレーキ機構

サーボモーター駆動型、および古くからあるフリクション型はフライホイールとスクリーが直結し、摩擦板とフライホイールの接触がクラッチに相当する。フライホイールが回転すればスクリーも回転し、回転方向に従ってスライドは上昇、又は下降動作する。

駆動用のスクリーとフライホイールのトルク伝達に摩擦クラッチを用いたスクリープレスもある。常時回転しているフライホイールに蓄えた回転エネルギーを使用するので起動時に速度の立ち上がりは早い。しかしクラッチを切り離すタイミングが鍛造エネルギーに影響を与えるため、クラッチ動作の挙動次第でエネルギーが不安定になる傾向がある。最近では小型のプレスでは電動機の制御技術が向上してビルトイン型の直動方式を採用することが多い。また2万トンを超えるような超大型スクリープレスにはエネルギーを蓄積する目的でフライホイールを装着したクラッチ式が採用されている。フライホイールの回転駆動を摩擦伝達に頼ることなく電動機を用いて直接駆動するモーター直動型も存在する。実装する電動機は高トルクが要求され、大きな電流を流すことからモーターは水冷、または油冷却する。

スクリープレスでは通常、ブレーキパッドをフライホイールに接触させてスクリーの回転を停止させる。フライホイールをディスクに見立てたディスクブレーキ型と、フライホイールにブレーキドラムを取り付けたシューブレーキ型が基本だが、海外で製作されたスクリープレスにはシリンダーにブレーキパッドを取り付け、単純に押し付けるだけの構造も見られる。中にはフリクション式でありながらクラッチベルトの部分にブレーキパッドを押し付けている構造も見られるが、革ベルトの摩耗は早い。

(10) 型潤滑

型潤滑は水性、或いは油性のカーボン系を採用することが多い。環境対策で白色系の潤滑剤がシェアを伸ばしているようだが、高い面圧を要する鍛造加工では、まだカーボン系に頼っている。比較的単純形状で、質量の大きな素材を鍛造する際には、単に冷却水だけを使用することもある。逆に難加工材では素材にコーティングして型潤滑を促進することがある。

(11) 材料挿入・搬送・取出し機構

自動化には多関節ロボットを採用することが多い。素材の重量が数十kgになる場合は作業者の負担軽減が目的となる。火箸を使用して人力で材料を搬送するのは重労働である。

比較的小さな材料は、高効率化と鍛造温度を一定に保つ目的で自動化が検討される。材料が小さければ熱容量も小さく、加熱後に一定のタイミングで鍛造することが品質の安定化に寄与する。搬送スペースも限られ、極小型の多関節ロボット、或いは専用の自動装置を装着する。

3-5 ハンマ

(1) 鍛造ハンマの特徴

鍛造機として長い歴史を持つハンマは、その用途によって多くのバリエーションがあり、その概略を説明する。プレスはフライホイールの回転エネルギーを利用するのに対して、ハンマは錘(ラム+金型)落下重力のエネルギーを利用する。垂直に持ち上げた、錘(ラム+金型)を落下させ、上金型と下金型を衝突させ、打撃エネルギーで鍛造を行う。その落下速度は高速のため、鍛造加工速度が速いのも特徴である。

鍛造作業の際、高速で上下金型が衝突するため、大きな騒音、振動が発生する。ハンマ設置にあたっては、機械が地盤沈下しないように、それを支える十分な地耐力と大きな鉄筋コンクリート基礎が必要となる。ハンマ鍛造操業においては、その騒音・振動の防止環境対策(防振装置、防音壁など)が必要となる。

ハンマによる鍛造加工の大きな特徴は、ストロークの範囲内で落下高さを調整することで、鍛造荷重を任意に変えられる点である。

金型鍛造に於いては、同一の型の中で複数回、強弱を変え鍛造することで、能力や形状の自由度、汎用性がある。自由鍛造に於いても、打撃回数や強弱によって多様な加工が可能である。しかしながら、その操作を習熟するには時間がかかるため、作業者人材の育成に留意する必要がある。

また金型の固定方式は錘(ラム)シャンク部にテーパ楔を打ち込んで固定するが、鍛造時の衝撃が大きいのでボルトによる固定はしない。

(2) 鍛造ハンマの種類

1) ハンマの構造(アンビルの有無)

ハンマの構造として、上金型のみを動かすタイプはアンビル(下金型をささえる土台：鋳鋼製大型ブロック)を有するものと、アンビルがなく上金型と下金型が両方動いて鍛造するカウンターブロータイプに分かれる。

2) フレーム構造

フレーム構造は、左右2本柱で上部機構を支える門型タイプと、1本フレームのシングルフレームタイプがある。機械の剛性では、門型タイプが有利だが、フレームが2本あるのでワークのハンドリングは前後方向のみとなり、ハンドリングの自由度は限定される。

1本フレームタイプは前及び横方向からのハンドリング可能で、大型で重量のある製品を操作するマニピュレータを使用する自由鍛造に適している。

3) ガイドの有無

ハンマはラムにガイドを有するものと、無いものがある。精密型鍛造には上下型ズレ防止用のガイドが必要で、自由鍛造用はガイドは不要である。

4) 金型駆動

金型を垂直方向に持ち上げるのには、

- ① モーター動力によるベルトを利用するもの
- ② ボード摩擦を利用するもの
- ③ ピストン下部に圧縮空気または油圧で持ち上げる

上記、三つの方法がある。



図1. 自由鍛造用(ピストンロッド式シングルフレーム)エアドロップハンマ

5) 上部加圧

上金型を下方に動かすのに、重力のみの自由落下タイプ、ピストン上部に圧縮空気または油圧で加圧により駆動速度を増加するタイプがある。加圧タイプの方が駆動速度が増加するため、より大きな鍛造能力が可能となる。

大型の自由鍛造用には、「アンビル付」「シングルフレーム」「ピストンロッド式ドロップハンマ」が、落下ストロークも大きく、適している。(図1)

精密型鍛造用には、「アンビル付」「門型フレーム」「ピストンロッド式エアドロップハンマ」が、量産に適している。(図3)



図2.自由鍛造用(ラムピストンロッド式シングルフレーム)エアハンマ

ハンマ種類	アンビル有無	フレーム構造	ガイド有無	金型駆動	上部加圧	備考
型鍛造用 ベルトドロップハンマ	アンビル付 (土台部: 鑄鋼製大型ブロック)	門型フレーム (2本フレーム)	ラムガイドあり	ベルトで錘(ラム)を上昇 電気モーター	自由落下	
型鍛造用 ボードドロップハンマ	アンビル付 (土台部: 鑄鋼製大型ブロック)	門型フレーム	ラムガイドあり	板でラムを上昇 電気モーターローラー巻上げ	自由落下	図4
自由鍛造用 (ピストンロッド式)エアドロップハンマ	アンビル付 (土台部: 鑄鋼製大型ブロック)	シングルフレーム	ラムガイドなし	外部より圧縮空気を供給 ピストンロッドでラムを上昇	圧縮空気	図1
自由鍛造用 (ラムピストン式)エアハンマ	アンビル付 (土台部: 鑄鋼製大型ブロック)	シングルフレーム	ラムガイドなし	フライホイールモーター駆動 内部ピストンでエア供給 ラムピストンを駆動	圧縮空気	図2
型鍛造用 (ピストンロッド式)エアドロップハンマ	アンビル付 (土台部: 鑄鋼製大型ブロック)	門型フレーム	ラムガイドあり	外部より供給 圧縮空気(油圧もある) ピストンロッドでラムを上昇	圧縮空気 (油圧)	図3
型鍛造用 カウンターブローハンマ	アンビルなし (鍛造時に上金型を下降、下金型 を上昇、両方を衝突させる)	門型フレーム	ラムガイドあり	外部より供給 圧縮空気または油圧 上金型と下金型の両方を駆動	圧縮空気 (油圧)	図5



図3. 型鍛造用(ピストンロッド式門型フレーム)エアドロップハンマ

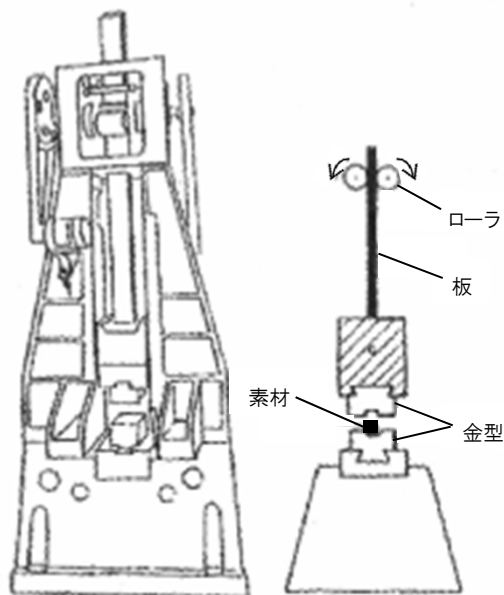


図4. ボードドロップハンマの外観と構造

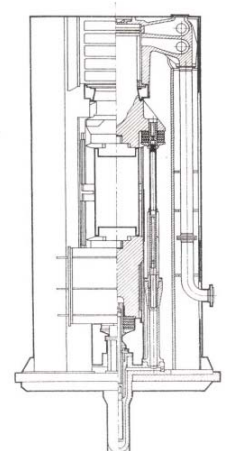


図5. カウンターブローハンマ

(3) ハンマ能力表示

ハンマは通常落下するラム重量で呼称される。錘(ラム)重量が1.5tであれば、1.5トンハンマと呼ばれている。これはあくまでも呼称で、ハンマの能力は打撃エネルギーで比較する。打撃エネルギーの計算方法は(4)項を参照。

(4) ハンマ打撃エネルギーの計算方法

上部加圧式エアドロップハンマの場合		1.5tADHの場合
1)落下重量(金型含全重量)	W	2360kg
2)落下ストローク	Hmm	1m
3)シリンダー内径	Dcm	380mm
4)圧縮空気圧力	P=0.35MPa (平均有効圧力3.5kg/cm ²)	3.5kg/cm ²
5)シリンダー上面面積	A	$\pi/4 \times 38 \times 38 = 1133.54\text{cm}^2$
6)シリンダ推力	Fkg $F = \pi/4 \times D^2 P$	$\pi/4 \times 38 \times 38 \times 3.5 = 3967.39\text{kg}$
7)打撃エネルギー	Ekgm $E = (\pi/4 \times D^2 P + W)H$	$(\pi/4 \times 38 \times 38 \times 3.5 + 2360) \times 1 = 6327.39\text{kgm}$

ドロップハンマ(自由落下)の場合		1.5tDROP HAMMER
打撃エネルギー	E=WH	2360kgm

(5) エアドロップハンマの主要仕様

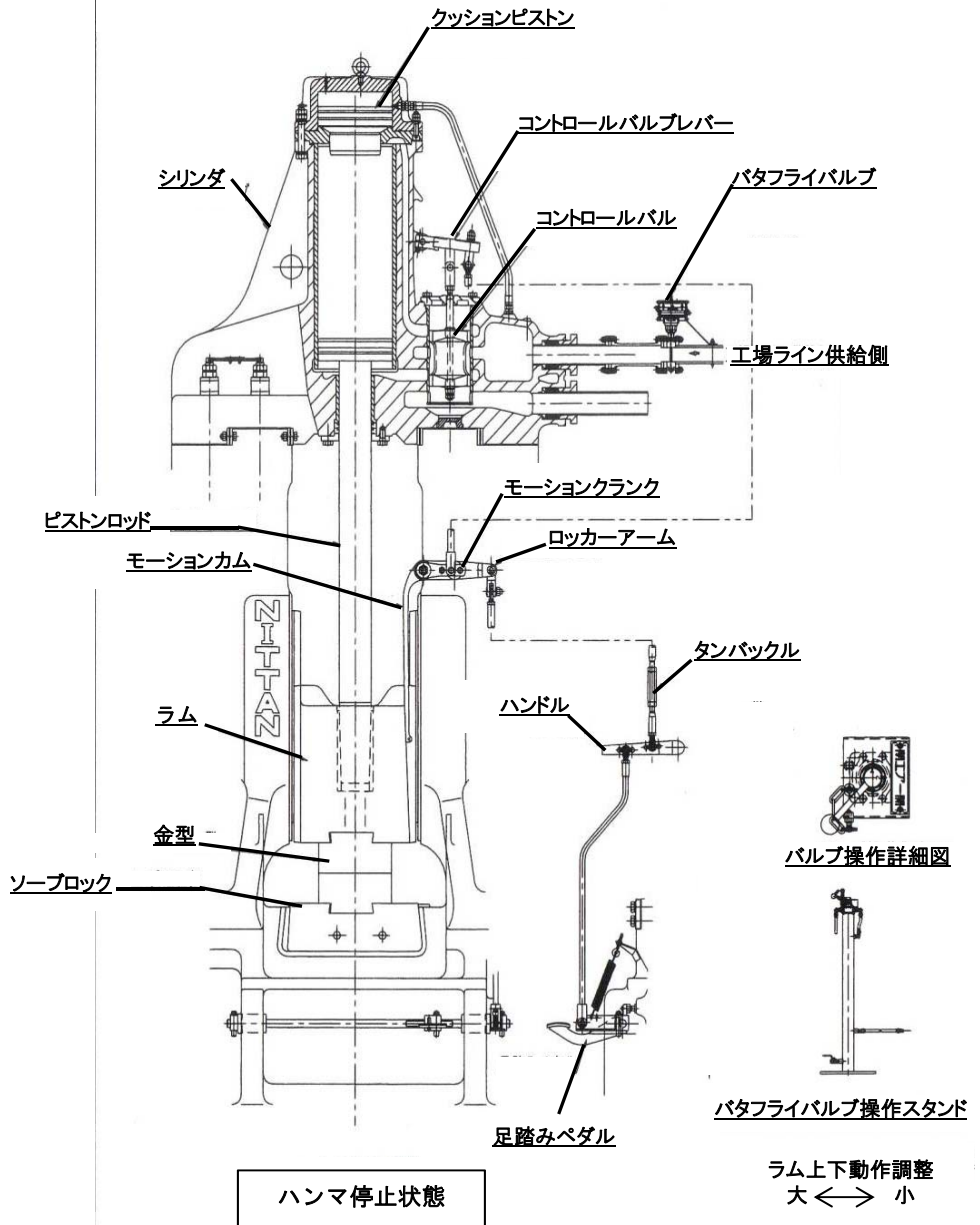
	大型ハンマ	中型ハンマ	小型ハンマ
	ADH3t	ADH1.5t	ADH1t
最大打撃ストローク	1,200mm	1,000mm	950mm
標準落下重量(ラム+ピストンロッド+上金型)	4,157kg	2,360kg	1,615kg
シリンダー径	490mm	380mm	300mm
最大打撃エネルギー	13,984kgm	6,327kgm	3,843kgm
ハンマ総高	6,970mm	5,897mm	4,888mm
床面上機械高	5,805mm	4,767mm	4,468mm
ハンマ総重量	100t	56t	35t
アンビル重量	65t	35t	20t
有効空気圧力	3.5kg/cm ²	3.5kg/cm ²	3.5kg/cm ²
コンプレッサー容量	200kw	150kw	90kw
成形品用途事例	トラック向部品 建機向部品 船舶向部品 重電向部品	自動車向部品 産業機械向部品	農機具向部品 工具 産業機械向部品
具体的な代表部品	リンク フランジ スプロケット ハブ シャフト	エンジンコンロッド ギヤ	エンジンコンロッド スパナ、レンチ エルボ

(6) エアドロップハンマの動作

レバー操作によるエアのコントロールとラムの動作図。

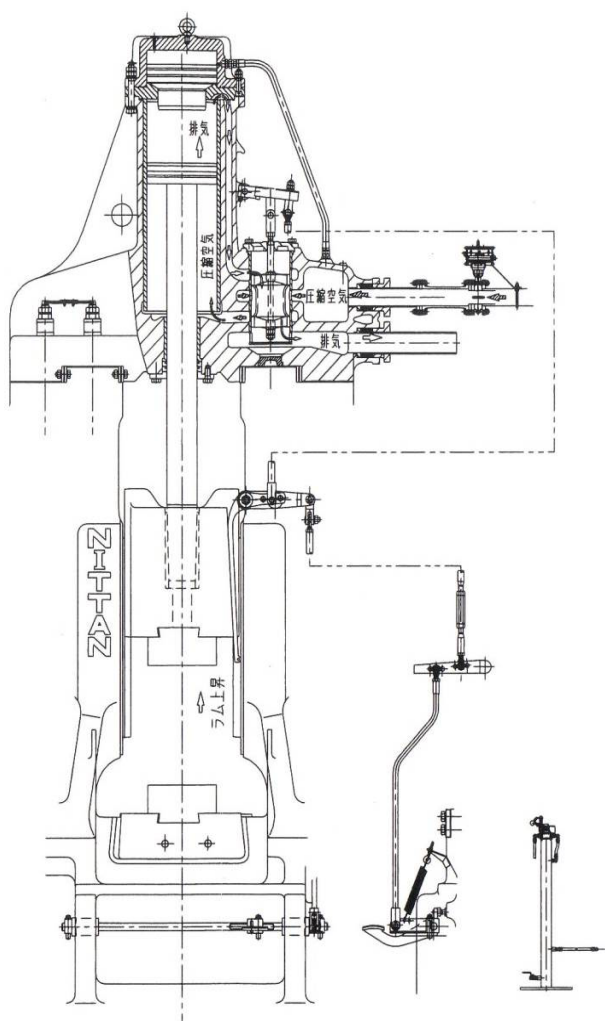
【ハンマ停止状態】

ラムが下方にあり、上金型と下金型が接触している。外部より圧縮空気は、バタフライバルブを閉じることで、供給されていない。

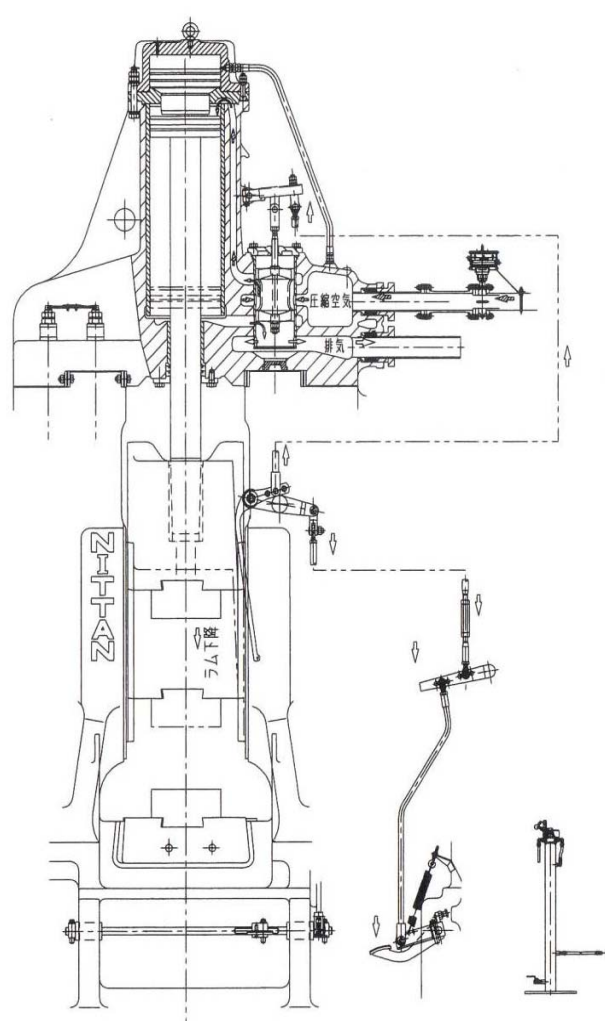


【ハンマ停止状態からバタフライバルブ解放状態】
 バタフライバルブを解放すると、シリンダー内の
 ピストン下部に圧縮空気がはいり、上部空気を排
 気し、ピストンロッド、ラム、上金型を、シリン
 ダー内の上部へ持ち上げる。

【ペダル踏み込み状態】
 給排気コントロールバルブに連結したペダルを下
 方に踏み込むと、シリンダー上部に圧縮空気がは
 入り、下部の空気を排気し、持ち上がった上金型
 を、重力と圧縮空気の加圧で、高速で下方に駆動
 し、その打撃エネルギーで下金型上の材料を鍛造
 加工する。
 ペダルを戻すと、図中央の状態になり、上金型が
 上昇する。



ハンマ停止状態からバタフライバルブ開放時



ペダル踏み込み状態