

20 通電加熱を利用した高速粉末成形装置の開発 ～高速粉末成形におけるシーケンシャル制御技術の開発～

寺山 朗，府山伸行，筒本隆博

Development of sequence control technology for high-speed powder molding

TERAYAMA Akira, FUYAMA Nobuyuki, TSUTSUMOTO Takahiro

In this research, we developed control technology for high-speed powder molding on the powder molding machine. During powder pressing, a punch position was detected by a contact sensor and timing of pressing and carrying current of the powder were synchronized. The molding conditions such as mold size and electric current on the mold was optimized for rapid heating. The thinner and longer mold had the advantage for rapid heating of the mold. About 10 second of molding time for aluminum powder was achieved.

キーワード：高速粉末成形，高速加熱，接触式センサ，アルミニウム粉末

1 緒 言

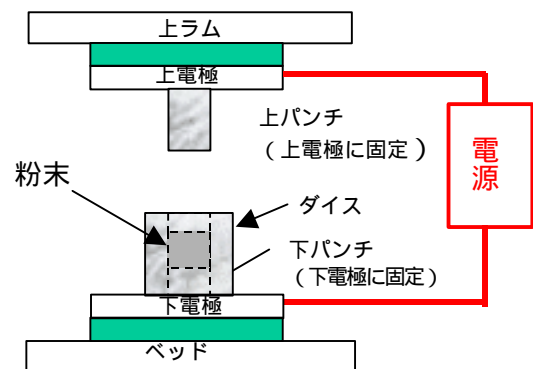
パルス通電焼結技術は、粉体に大電流を印加し、発生したジュール熱により焼結を行うもので、短時間で緻密な成形体を作製することが可能である。しかし、実用化に当たっては生産性の向上が課題であり、さらに短時間での成形能力を有する装置の開発が強く望まれている。(独)産業技術総合研究所で提案された原理、すなわち高速な成形機構により粉末プレスを行い、焼結条件を最適化することで、量産化に対応したより短時間での粉末成形が可能になると考えられる。そのためには、高速な成形機構と通電回路を連動させる制御技術の開発が必要である。本研究では、プレス機構と電源から構成される粉末成形機において、センサによりプレスの位置を検出し通電と連動させる、高速粉末成形に適した制御技術を開発することを目的とした。なお、本研究の一部は(独)産業技術総合研究所よりの受託研究として行った。

2 制御技術の開発

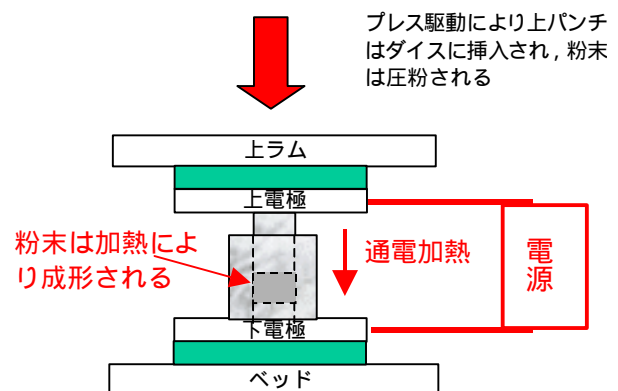
2.1 高速粉末成形のフロー

高速粉末成形のフローを図1に示す。粉末成形機はプレス機と電源により構成される。高速成形のためには、プレス動作により粉末プレスを行うと同時に急速加熱する必要がある。プレス動作は下死点まで降りて上死点(基準点)に戻るまでを一行程とする。まず、プレス機の上部ラム(上側ヘッド)に上パンチを、下部ベッドに粉末を充填したダイスおよび下パンチを固定す

る(図1 a)。プレスの駆動により上パンチが下降しダイスに挿入され、ダイス内に充填されている粉末が圧粉される間に成形型は通電加熱され、粉末が成形される(図1 b)。位置センサによりパンチ位置のセンシングを行い、パンチがダイスに挿入されている間のみ通電加熱するものとする。



(a) プレス上昇時



(b) プレス下降時

図1 高速粉末成形のフロー

2.2 粉末成形機の概要

本研究において使用した粉末成形装置の外観を図2に示す。まず、通電のタイミングを決定するために、プレス駆動時のパンチ位置検出を行う。パンチ位置のセンシングには、接触式センサであるリミットスイッチを用いた。使用に際しては、特に位置決め精度に優れたものを選択した。このリミットスイッチは上部電極の軌道上に設置し、プレス動作の際に上パンチがダイスに挿入される位置でスイッチ入力されるようにした。

高速粉末成形を行うためには、プレス動作から通電という一連の動作を順序良く行う必要がある。一般的な機械制御において汎用の機器である PLC シーケンサを用いて各素子の制御を行うこととした。PLC シーケンサはプレス、電源、リミットスイッチおよび熱電対と配線接続を行い、制御盤に収納した。

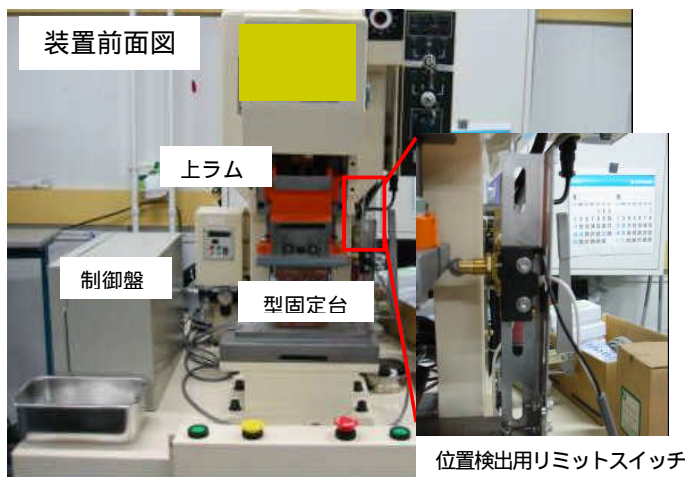


図2 粉末成形装置の外観写真

2.3 ラダープログラムの作成

PLC シーケンサを動作させるラダープログラムの構築を行った。プログラムの作成に際して、以下に示す各機能を設定した。

運転モードの選択機能

手動および自動運転モードの設定を行った。手動運転モードでは、動作確認および静止状態での電流値の確認作業ができる。また、リミットスイッチの入力にかかわらず通電の開始、停止ができる。自動運転モードを選択した場合、リミットスイッチ入力の時間のみ通電を行う。

通電スタート機能

手動運転モード選択時、制御盤の通電スタートボタンにより通電が開始する。自動運転モード選択時、手動運転モードと区別するため1秒間隔で通電ランプを

点滅、通電が開始すると通電ランプは点灯に変わる。

通電ストップ機能

手動/自動運転モードで通電中、制御盤の通電ストップボタンにより通電の停止ができる。

安全回路

プレス駆動時に成形型からパンチが抜けなくなるなど、不測の事態に備えて通電停止ができる安全回路を設定した。自動運転モードにおいて、制御盤だけでなく、プレス制御盤および操作盤のスイッチを切ることによって通電は停止する。リミットスイッチ入力がある場合においても、プレス操作盤の停止ボタンおよび非常停止ボタン、プレス機のモーター電源ボタンおよび運転切替ボタンの入力により通電は停止する。

3. 制御技術の検証

3.1 高速昇温のためのダイス寸法および電流値の最適化

粉末を成形するためには、粉末を充填するダイスを昇温する必要がある。まず、粉末充填を行わず、ダイスのみに通電・昇温を行った。

ダイスの昇温速度に及ぼす寸法および電流値の影響について検討するため、ダイス寸法および電流値を変化させた場合のダイスの温度変化について調べた。ダイスおよびパンチは黒鉛製で、寸法の異なるものを数種類用意した。温度モニタのために、ダイス外側に熱電対を取付けた。ダイスは厚さ 2.5 mm および 5 mm、パンチは長さ 30 ~ 50 mm のものを使用した。電流値は、200~800 A まで変化させ、プレス開始から 10 秒後の温度について調べた。図3にプレス速度 30 spm(1 分間に 30 回プレス)の場合におけるダイスの温度変化を示す。これによると、電流値が高く、ダイス厚さが薄く、パンチが長いほど昇温速度が速い傾向にある。

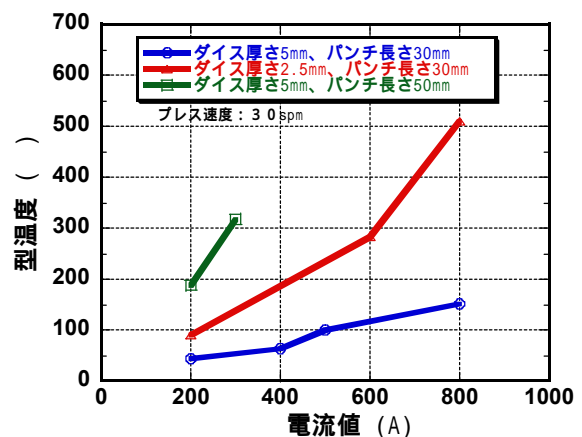


図3 昇温速度に及ぼすダイスおよびパンチ寸法および電流値の影響

厚さが薄いダイスでは熱容量が小さく、長いパンチでは通電時間も長くなるため、昇温に有利であるためと考えられる。

今回行った加熱実験において、最も高速加熱が可能であった条件：黒鉛製ダイス(ダイス厚さ 5mm×長さ 30mm)、黒鉛製パンチ(パンチ長さ 30mm)、電流値 800A、で通電加熱した場合の温度変化を図 4 に示す。成形開始から約 10 秒という短時間で 500 程度までの昇温が可能であった。

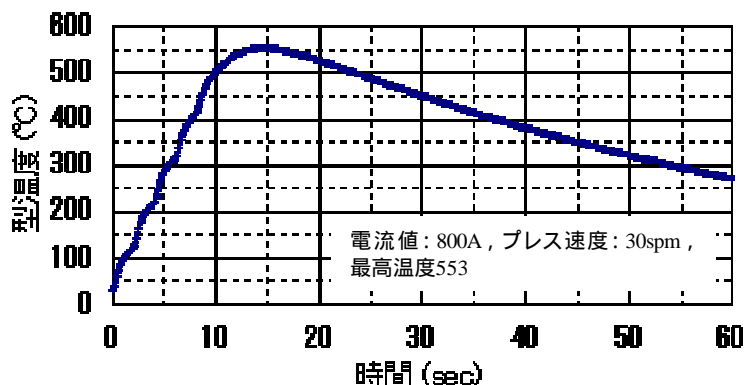


図 4 高速で加熱された黒鉛型の温度変化

3.2 粉末成形

金属粉末を用いて成形実験を行った。成形用粉末として、アルミニウム粉末(純度 99.9%、粒径 200mesh)を使用した。

3.1 において示したダイスが最も高速加熱される条件下でアルミニウム粉末の成形を行った。図 5 にサーモビジョンにより測定した、成形時における型の温度分布を示す。図は昇温中であるが、パンチおよびダイスが一樣に加熱されていることがわかる。その後、10 秒程度で型は 500 程度まで加熱され、アルミニウム粉末の成形が可能であった。

作製した成形体の外観写真を図 6 に示す。ここには示さないが、成形体の組織を観察したところ、粉体間にはネックが確認でき、十分に成形できていることがわかった。

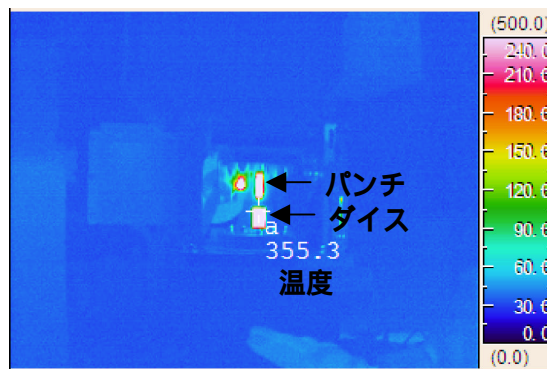


図 5 成形時における型の温度分布



図 6 作製したアルミニウム成形体

4. 結 言

高速な成形機構を有する粉末成形機において、高速粉末成形のための制御技術の開発を試みた。

接触式センサを用いてパンチ位置を検出し、PLC シーケンサにより通電のタイミングを同期させ、粉末を充填するダイスの通電加熱を行った。さらに、ダイス、パンチ寸法および電流値を最適化することで、非常に短時間で加熱され、10 秒程度でアルミニウム粉末の成形が可能であった。開発した制御技術を用いて、原料粉末の連続的な供給が可能となれば、量産化に対応できると思われる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり的確なご指導、ご鞭撻を賜りました(独)産業技術総合研究所サステナブルマテリアル研究部門相制御材料研究グループ 小林慶三研究グループ長、尾崎公洋主任研究員ならびに同研究室の方々に感謝の意を表します。