

(技術資料)

粉末冶金用金型潤滑剤塗布装置

A Die Wall Lubrication System for P/M Components



北条啓文*
Hirofumi Houjou



佐藤正昭*
Masaaki Sato



関 義和**
Yoshikazu Seki

Die wall lubrication is one of the most effective methods for producing high density compact P/M parts. Therefore, a die wall lubrication system that can be applied to industrial compaction process was developed. The simple compact system has a precise intermittent spraying system and sensing device to monitor spraying status. Compaction trials showed improved results when applied to the P/M mass production process.

まえがき = 焼結機械部品の諸特性は、その密度に依存することが知られており、従来から、部品の小型化ならびに高特性化のために密度を増加させる種々の試みがなされてきた。部品の密度を増加させる手法として、高压成形、温間成形¹⁾²⁾ならびに金型潤滑成形³⁾などが提案されており、それらの組み合わせによる高密度化の検討も多くなされている。

金型潤滑成形法は、原料粉末に潤滑剤を混合せず、金型に潤滑剤を塗布して圧縮成形を行い成形体を得る方法で、近年、近藤⁴⁾により、温間金型潤滑法により得られた高密度材料の特性が報告されている。さらに、加賀屋⁵⁾によって、金型潤滑成形法の量産部品への適用が紹介されている。金型潤滑成形法のさらなる適用拡大のためには、簡便に精度よく一定量の潤滑剤を塗布することができる装置が望まれている。

筆者らは、潤滑剤の噴霧量精度と装置のメンテナンス性を向上させた金型潤滑剤塗布装置を開発した。本稿では、開発装置の特徴ならびに機構と、装置を用いて作製した成形体の特性を紹介する。

1. 金型潤滑法による高密度成形体・焼結体の諸特性

高密度部品すなわち高密度成形体を得る手法として、温間成形法(WC: Warm Compaction)や金型潤滑成形法(DWL: Die Wall Lubricating compaction), ならびにこれらを合わせた温間金型潤滑成形法(WDWL: Warm Die Wall Lubricating compaction)などが提案されている。これらの各手法と、潤滑剤を原料粉末に混合して成形する従来成形法(CC: Conventional Compaction)による成形体密度と強度ならびに焼結体強度を、それぞれ図1~3に比較して示す。これらの成形体ならびに焼結体は表1に示す原料粉末を用い、表2に示す成形・焼

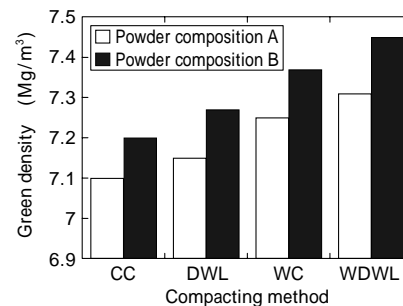


図1 各種成形方法により得られた成形体の密度
Fig. 1 Green density by various compaction processes

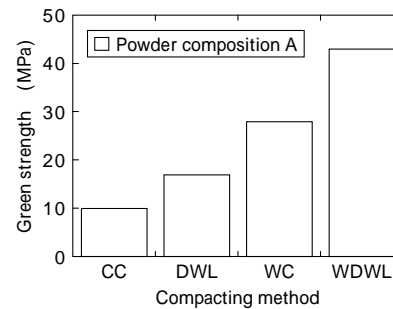


図2 各種成形方法により得られた成形体の強度
Fig. 2 Green strength by various compaction processes

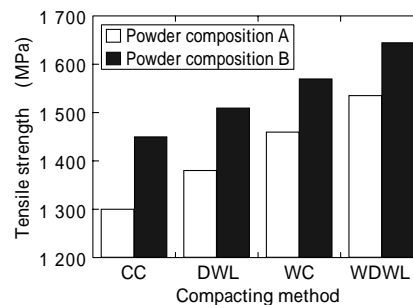


図3 各種成形方法により得られた熱処理体の引張強度
Fig. 3 Tensile strength of sintered and heat treated specimen by various compaction processes

*鉄鋼部門 鉄粉本部 鉄粉工場 **㈱コベルコ科研 材料評価事業部 材料技術部

表 1 原料粉配合

Table 1 Powder composition

	Mixture			Iron powder chemical composition			
	Iron powder	Graphite (%)	Lubricant (%)	Cu	Ni	Mo	
A	46F2H (Pre-alloyed powder)	0.60	0.75 0.10	-	0.5	0.5	For conventional or warm compaction For DWL or WDWL compaction
B	4800DFC (Partial alloyed powder)	0.60	0.75 0.10	1.5	4	0.5	For conventional or warm compaction For DWL or WDWL compaction

表 2 試験片作成条件

Table 2 Condition of specimen preparations

Compacting pressure	686 (MPa)
Sintering condition	1 403 (K) × 1.5 (ks) in N ₂
Heat treatment condition	1 143 (K) × 3.6 (ks) WQ 473 (K) × 3.6 (ks) AC

結・熱処理条件で作製された。

従来成形法ならびに温間成形法に対して、金型潤滑成形法ではより高い密度の成形体が得られた。温間金型潤滑法によれば 7.40Mg/m³ 以上の高密度成形体を得ることがわかる。図 2 に示す成形体強度では、温間金型潤滑成形法によって得られた高密度成形体は、従来成形法の約 4 倍の非常に高い成形体強度を示した。工業生産プロセスにおいては、成形体強度の増加によって、成形時の割れや搬送時の欠けなどの改善が期待される。図 3 に示す焼結体の引張強度もその密度に依存し、高密度が得られるプロセスによって作製されたものほど高強度を示した。このように、金型潤滑成形法あるいは温間金型潤滑成形法は、高密度の部品すなわち高強度・高特性の部品を得るための有効な手段であるといえる。

2. 金型潤滑剤塗布装置の特徴

2.1 装置概要

本装置は、間欠的に一定量に計量された粉末潤滑剤を摩擦帯電方式で帯電させ金型へ噴霧する。図 4 に装置外観を示す。装置は、潤滑剤供給ホッパー、スクリュフィーダ、駆動モータ、接続クラッチ、摩擦帯電部、吹付ノズル、コントロールボックスにより構成される。構造が比較的簡単であるため、点検、清掃、潤滑剤の入替えなどにおいて取扱いが容易であるという特徴を持つ。

潤滑剤の間欠定量塗布のためには、一定量の潤滑剤を



図 4 装置外観

Fig. 4 Appearance of developed apparatus

帯電・噴霧部へ精度よく間欠供給することが必要である。従来は、気流に流動させた粉末潤滑剤を間欠気流により吸込むエアージェクション方式が採用されていた。本装置では、この定量供給の精度を改善するため、スクリュフィーダによる供給方式を採用し、スクリュの回転を制御することによって定量供給精度と装置の単純化・メンテナンス性を向上させた。

さらに、噴霧ごとの摩擦帯電量を測定することにより噴霧量をモニタし、噴霧異常の際にはアラーム信号を出力する機能を備えた。この機能と成形プレスとを連動させることにより、噴霧異常時に自動的に成形プレスを停止させ金型の焼付きなどを未然に防ぐことが可能となり、常時監視の必要がない。

2.2 装置詳細

2.2.1 潤滑剤噴霧量

噴霧潤滑剤量は、部品形状すなわち金型内面の面積によって決まる。本装置では、スクリュフィーダの回転速度と供給時間によって潤滑剤の供給量をコントロールすることができ、1 秒あたりの供給量を約 0.04 ~ 約 0.6g の範囲で (図 5)、また供給時間を 0.1 秒刻みで設定することが可能である。これにより、必要潤滑剤が少ない小型部品から、多量噴霧が必要な大型部品まで対応することができる。ただし、使用する潤滑剤の種類によりその密度が異なることから、供給重量速度については個別に測定が必要である。

2.2.2 定量供給量ばらつき

金型潤滑成形法においては、一定量の潤滑剤をプレスの成形動作ごとに金型に噴霧する必要がある。この噴霧量のばらつきが大きいと、成形に必要な量の潤滑剤を噴霧することができないこととなり、その結果として金型の焼付きや成形体の外観異常などの問題が発生することが考えられる。本装置のスクリュフィーダによる間欠定量供給では、フィーダ先端部に整流板を備え、これによりスクリュフィーダ内部の潤滑剤を一定圧で押すことで、かさ密度を一定にし、供給する潤滑剤量のばらつき低減を実現した。間欠供給量とそのばらつきを図 6 に示

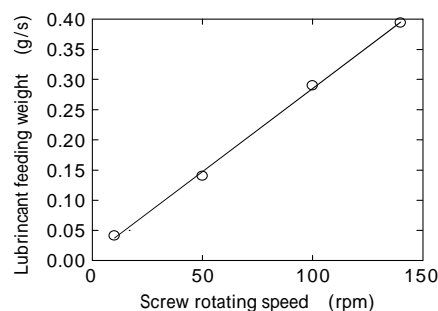


図 5 スクリュ回転数と潤滑剤供給量

Fig. 5 Relationship between screw rotating speed and lubricant feeding weight

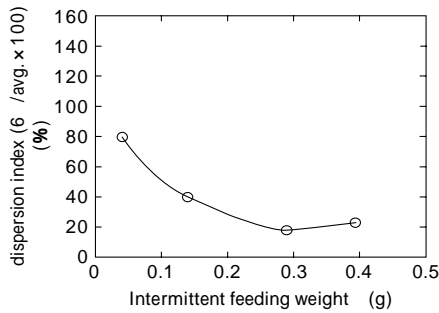


図6 間欠供給量とそのばらつき指数

Fig. 6 Relationship between intermittent feeding weight and dispersion index

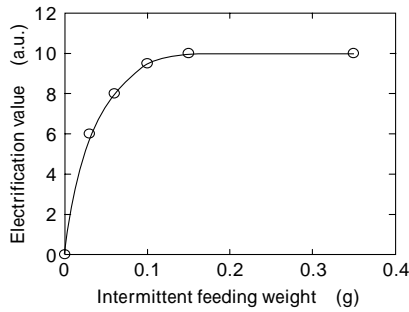


図7 間欠供給量と帯電量

Fig. 7 Relationship between intermittent feeding weight and electrification value

す。間欠供給量が0.15g以上では6 / 平均供給量が40%以下であり、精度よい間欠定量供給が実現されている。

2.2.3 定量供給量ばらつき

本装置に設置された帯電測定装置から、帯電部を通過する潤滑剤量と帯電量の間には図7に示すような関係があり、帯電量を測定することにより噴霧量を知ることができる。本装置は、帯電量を任意の倍率で増幅し電気信号として取出し、設定値以下の場合には噴霧異常としてアラーム信号を出力することができる。噴霧量に対する帯電信号の倍率設定を調整することで、幅広い噴霧量に対応可能である。

3. 開発装置を用いた連続成形

3.1 試験方法

工業生産への適用性を検討するために、ヨシツカ製100トンメカプレスに本装置を設置し、4800DFC(当社製Fe-4Ni-1.5Cu-0.5Mo部分拡散合金粉)に0.6%黒鉛粉、0.1%潤滑剤を混合した混合粉を用い、30×10mmのディスク状成形体を連続して700個成形した。成形金型温度は150℃、成形速度は10shot/min、成形圧力は686MPaで成形実験を行った。潤滑剤の噴出し量は0.04g、噴出し時間は0.3秒とした。噴霧する潤滑剤種類として3種を選択した。すなわち、成形温度以上の融点を持つもの(A)、成形温度より低い融点を持つもの(B)、数種の混合系の潤滑剤で高融点物・低融点物混在のもの(C)の3種である。また、比較のために金型に潤滑剤を塗布せず、原料粉に潤滑剤を混合して成形する温間成形も実施した。粉末配合は4800DFC-0.6%黒鉛粉+0.5%潤滑剤とした。連続成形時の成形体重量のばらつき、成形体密度のばらつき、および、成形体抜き過程

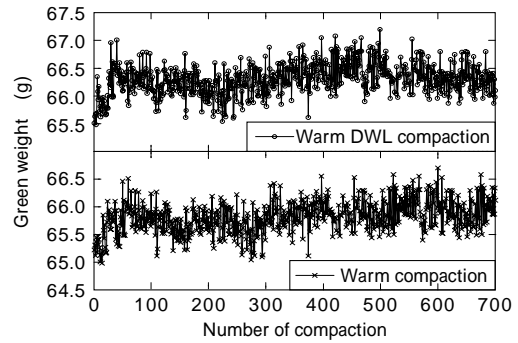


図8 成形体重量ばらつき

Fig. 8 Green weight dispersion

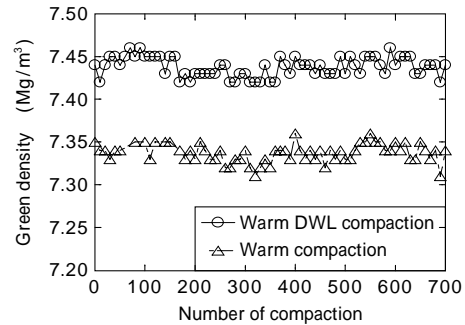


図9 成形体密度ばらつき

Fig. 9 Green density dispersion

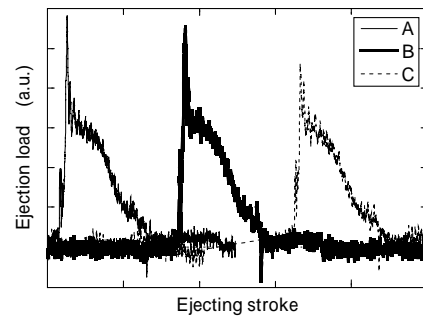


図10 抜き過程における抜き力の挙動

Fig.10 Behavior of ejection load while ejection

における抜き力の変化を測定した。

3.2 試験結果および考察

連続成形試験では、潤滑剤噴霧異常はなく、金型の焼け付きや成形体の外観異常などは発生しなかった。

温間金型潤滑成形法と温間成形法による連続成形時の成形体重量の変化を図8に示す。温間金型潤滑成形法、温間成形法ともに成形体重量ばらつきはほぼ同じであった。同様に成形体密度の変化を図9に示す。成形体密度ばらつきも両成形法による差異は認められなかった。

本装置は単純な供給機構であるため、使用される粉末潤滑剤の種類を選ばない。本試験で選定した3種の潤滑剤では噴霧異常なく使用することができた。図10に抜き過程における抜き力の変化を塗布した潤滑剤種別に示す。

抜き過程における抜き力の変化は、一般的に、抜きが始まる瞬間に静止摩擦による大きな力が発生し、成形体が抜き始めると、動摩擦によってある一定の力で抜きされ、金型から出始めると接触面積が減少して

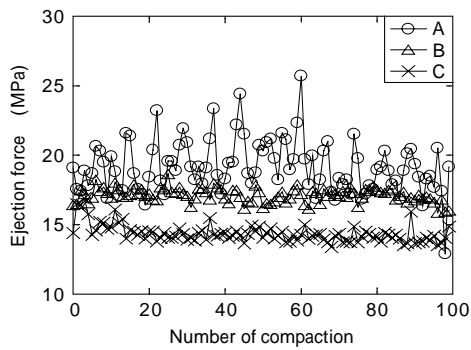


図11 抜き力ばらつき
Fig.11 Dispersion of ejection force

ゆくにつれ抜き力は減少し、金型から完全に拔出されると0になるという過程を経る。この抜き力は金型と成形体の摩擦に支配され、その潤滑を担う潤滑剤の種類・量などによって変化する。

本試験で用いた高融点潤滑剤(A)ならびに低融点潤滑剤(B)は静止摩擦による抜き力のピークが顕著で、両者はほぼ同等の抜き力を示した。一方、混合系の潤滑剤(C)は静止摩擦による抜き力のピークが低くなった。抜き力を抜き過程における最大値とし、連続成形時における抜き力の推移を図11に示す。本試験においては、混合系の潤滑剤が最も低い抜き力を示し、成形ごとのばらつきも小さな結果となった。逆に高融点潤滑剤は高い抜き力を示しばらつきも大きかった。これらは潤滑剤種による潤滑能だけでなく、金型への付着状態などが影響を与えていると考えられる。潤滑剤の融点と付着状態に着目した特許⁶⁾も公開されているが、潤滑能・付着量・付着状態など詳細な因子の寄与度などについては今後の検討が必要である。

以上のように、本装置は工業生産に近い条件においても適用が可能であり、金型潤滑成形法による高密度部品を得るための有効な手段であるといえる。

むすび= 開発した金型潤滑成形法に適用する粉末潤滑剤塗布装置は以下の特長を持つ。

- 1) 潤滑剤の間欠供給機構にスクリュフィーダを採用し、噴霧量精度がよい。
- 2) 小型で構造が比較的単純であるため、プレスへの設置や分解・清掃が簡単である。
- 3) 帯電量測定により噴霧異常を検出することで、アラーム信号を出力できる。これにより金型損傷や成形体外観異常を未然に防ぐことができる。

金型潤滑成形法による成形は、高密度が得られることによる成形体・焼結体の特性改善だけでなく、潤滑剤使用量の低減による付随効果、すなわち低コスト化、潤滑剤燃焼ガス低減による低環境負荷、焼結炉耐火物の長寿命化など、さまざまな利点がある。本装置によって、今後、金型潤滑成形法の適用が拡大し、焼結部品の高特性化、適用範囲の拡大などの発展をもたらすことが期待される。

なお、本装置の開発にあたり多大な協力を頂きました旭サナック㈱に感謝いたします。

参考文献

- 1) Luk S. H. et al.: Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials, part 5 (1994) p.135.
- 2) Rutz H. G. et al.: Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials, part 5 (1994) p.117.
- 3) P. Lemieux et al.: Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials, part 3 (2001) p.3-1.
- 4) 近藤幹夫ほか: 平成13年度秋季大会, 粉体粉末冶金協会, 秋季大会講演概要集(2001) p.106.
- 5) 加賀屋剛ほか: 平成15年度春季大会, 粉体粉末冶金協会, 講演概要集(2003) p.123.
- 6) 公開特許: 2000-290703.