

(技術資料)

離型性と流れ性を兼備した黒鉛偏析防止鉄粉「セグレス®」

SEGLESS® Segregation-free Steel Powder for Improved Flowability and Lubricity



鈴木浩則*
Hironori Suzuki



西田 智**
Satoshi Nishida



藤浦貴保***
Takayasu Fujiura



藤澤和久****
Kazuhisa Fujisawa

There is strong demand for admixed steel powders that have both improved lubricity and flowability. Such powders are expected to reduce ejection force, homogeneous density, and weight fractions associate with recent advances in P/M techniques. A new lubricant was developed which has high lubricity and flowability. SEGLESS used with this new lubricant displayed fifty percent less ejection force than conventional SEGLESS under same compacting pressure. In addition, SEGLESS used with the new lubricant also had much better flowability.

まえがき = 粉末冶金技術を利用した鉄系焼結機械部品は、主原料である鉄粉または合金鋼粉に副原料である銅粉、黒鉛粉、潤滑剤などを加えた粉末を、ホッパから金型に充填、プレスにて加圧成形し、焼結工程を経て製造される。副原料の中で特に黒鉛粉は鉄粉と粒径・比重が異なり、混合・輸送および成形する際に発塵や偏析が生じやすく、製品の品質不良を引起こす。これらの課題を解決するために、当社では鉄粉表面に接着機能の優れた高分子バインダで黒鉛粉を付着させ、発塵と偏析を防止した黒鉛偏析防止鉄粉、商品名「セグレス」を開発し、製造・販売を行っている^{1),2)}。

近年、自動車用焼結部品の軽量・高機能化に伴い、用いられる粉末の要求特性が高度化している。これらの要求に応えるため、当社では離型性と流れ性を兼備えた潤滑剤を開発し、セグレスに適用した。本報では、その特性を紹介する。

1. 離型性と流れ性を兼備したセグレスの概念

粉末冶金用鉄粉に用いる潤滑剤の役割は、主に粉末をプレス成形した時の金型を潤滑する機能である。特に成形体を金型から抜く際の摩擦力は、潤滑特性に大きく依存する。そのため離型性の良い潤滑剤の選定は、粉末と金型との摩擦低減によって金型寿命を延ばす面で、重要なファクタの一つとなっている。また粉末の流れ性は、添加する潤滑剤種類に大きく依存する。粉末の流れ性が不良であれば、ホッパから金型への充填が不均一となり、製品の重量ばらつきや密度ばらつきを生ずる。このため粉末には離型性と流れ性の両立が望まれている。

しかし粉末冶金用潤滑剤の離型性と流れ性とは相反する関係にある(図1)。離型性に優れる潤滑剤は、低融点のものが多く流れ性が悪い。流れ性に優れる潤滑剤は高

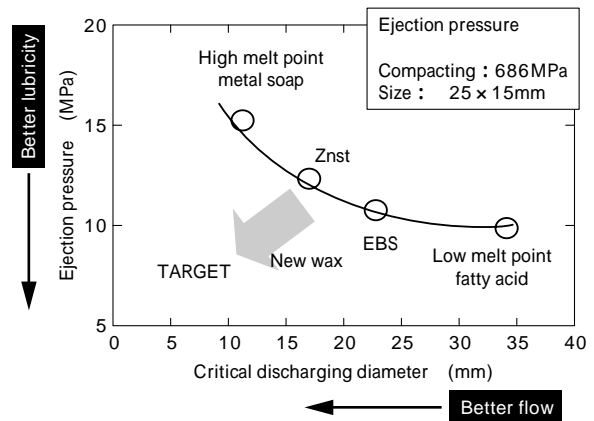


図1 各種市販潤滑材の離型性と流れ性
Fig. 1 Relation between flow and lubricity by conventional lubricant

融点のものも多く離型性が悪い。すなわち、市販の潤滑剤においては、両特性の両立は困難であることがわかる。しかしながら、ユーザからの高度化した要求に対応するためには、二つの機能を併せ持つ粉末が必要であり、当社ではこれらの両機能を備えた潤滑剤の開発に取り組んだ。

要求される潤滑剤の機能は、流れ性がホッパから金型充填までの工程で、離型性が成形および成形体抜き工程で求められるものであり、各工程によって異なる。新潤滑剤は、工程ごとに機能を発揮するよう設計・開発された。さらに材質は、金属成分を含む潤滑剤では、焼結処理時に焼結炉の汚染や製品の金属分残留などの問題があることから、金属成分を含まない有機化合物とした。

以上の開発方針に基づき、組み合わせる潤滑剤の種類・粒子形状と製造条件を最適化することで、離型性と流れ性を両立する新潤滑剤(以下、新waxと記す)を開発した^{3),4)}。

* Kobelco Metal Powder of America, Inc. ** 鉄鋼部門 鉄粉本部 鉄粉工場 *** 技術開発本部 機械研究所 **** ㈱コベルコ科研 環境化学事業部 技術部

以下新 wax を用いたセグレスの特性について述べる。

2. 実験方法

2.1 供試材の作製

純鉄粉アトメル 300M に 2.0%銅粉と 0.8%グラファイトを配合したセグレスに、上述の新 wax を 0.75%添加した新 wax 配合の粉末を準備した。また比較材として 0.75%Znst (ステアリン酸亜鉛) を添加した Znst 配合を準備した。添加した銅粉は、アトマイズ銅粉を用い、平均粒径 D50 : 5 μm のグラファイトを用いた。

2.2 粉体特性評価

供試材の見掛密度 (AD) と流動度 (FR) は、JIS Z 2504 および JIS Z 2503 に基づき、hall flow meter で測定した。また夏期使用を想定し、雰囲気を 70 °C まで上げたときの FR を測定した。

従来の流動落下時間を測定する流動度は、実際のホッパ排出時や金型に充填される際の流れ性と相関がとれない場合が多く、流動度の良好な粉末がユーザの実機評価と一致しない場合が多い。そこで今回、離型性だけでなく流れ性を重視したセグレスを評価するにあたり、当社独自で開発した流れ性評価技術^{5)~9)}の「限界流出径評価」と「金型充填性評価」でも評価を行った。以下にこれらの流れ性評価技術の特徴を簡単に述べる。

2.2.1 限界流出径評価

ホッパからの流れ性評価は、2kg の粉末を容器に充填し、底部のシャッターを開け、排出可能な最小径を評価する限界流出径評価試験機で実施した (図 2)。

2.2.2 金型充填性評価

粉末成形時にシューボックス (粉末供給箱) から金型キャビティへの充填性の評価として、金型充填性評価試験機を作製した (図 3)。評価は、金型キャビティ内に充填された粉末の重量をキャビティの断面積で割り、充填度と定義した。本試験機は、より実体に近い金型への充填しやすさを評価することを特徴としている。

2.3 圧粉体特性評価

離型性を表す抜き圧は、試供材をフローティング方式の金型で外径 25mm、高さ 25mm の円柱を 294, 490, 686, 882MPa と成形圧力条件を変えて成形し、2.0mm/s の速

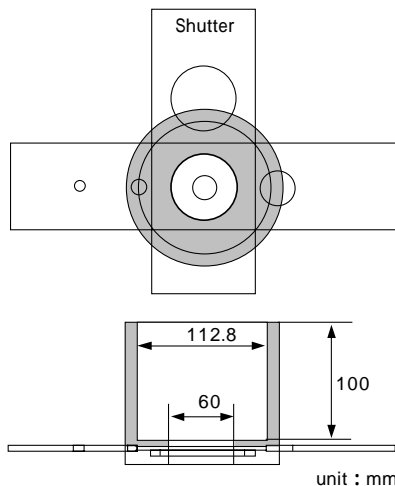


図 2 限界流出径測定装置の概略図
Fig. 2 Equipment for critical discharging diameter

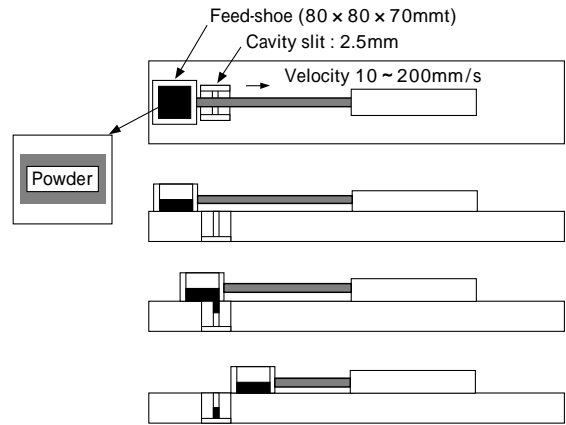


図 3 金型充填性測定装置の概略図
Fig. 3 Schematic diagram of die filling test device

度で抽出した際のストローク量に対する抜出し力で評価した。

成形体強度については、31.8 × 12.6 × 6mm の成形体を成形し、3 点曲げによる抗折強度を評価した。また、同様の成形圧力で外径 11.28mm、高さ 10mm の成形体を成形し、成形体の欠け性を表すラトラ値を測定した。

2.4 焼結体特性評価

焼結体特性を測定するために、外径 30mm、内径 10mm、高さ 10mm の成形体を 2.3 節に記述の成形圧で成形し、プッシュ式焼結炉で、N₂-10vol% H₂ 雰囲気 1120 °C × 20min で焼結体を作製した。得られた焼結体の寸法変化率および機械特性を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 粉体特性と流れ性

表 1 に、0.75%Znst 配合した単純混合、セグレス、0.75%新 wax 配合セグレスの粉体特性を示す。新 wax 配合は、AD が高い特徴がある。さらに新 wax 配合は、限界流出径 (ホッパ排出性) 評価や金型充填性評価から、粉末の流れ性が向上することが確認された。特に、金型充填性は Znst 配合に比べ 15%以上向上した。

また、300M + 0.75%新 wax 配合で、温度を変えて FR を測定した結果を図 4 に示す。新 wax 配合は、温度を上げても FR が 25s/50g 以下となり、夏期でも十分使用できることを確認した。

3.2 離型性と圧粉体特性

図 5 に、490MPa で、0.75%Znst を添加した Znst 配合と、新 wax を 0.75%添加した新 wax 配合の抜き圧の結果を示す。本実験において、静止摩擦力 F_s の後、一定の傾

表 1 新 wax 配合セグレスの粉体特性
Table 1 Powder properties for SEGLESS with new wax

Lubricant	0.75%Znst	0.75%Znst	0.75% new wax
Mix type	Premix	SEGLESS	SEGLESS
Apparent density (g/cm ³)	3.28	3.39	3.55
Flow rate (s/50g)	32.1	21.5	25.4
Critical discharging diameter (mm)	25	22.5	22.5
Carbon loss (%)	60	5	0
Die fillability* (mg/mm ²)	2mm width	32.5	45.3
	5mm width	36.7	53.5

*Die fillability is refined that filled powder weight is divided by slit area.

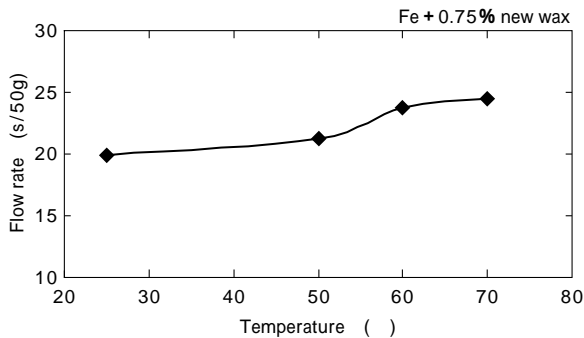


図4 新wax配合鉄粉の流動度の温度依存性
Fig. 4 Flow rate of new wax at high temperature

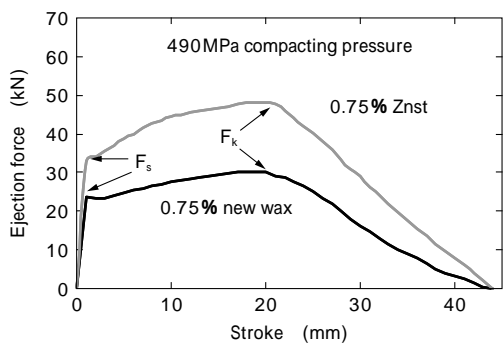


図5 0.75%ZnStと0.75%新waxの抜出し力
Fig. 5 Ejection force under 490MPa compacting pressure

きで動摩擦力が増大し、離型される直前で最大値 F_k となる。新wax配合はZnSt配合に比べると F_s が小さいだけでなく、一旦荷重が下がって小さい傾きで抜出される結果、ZnSt配合に比べ F_k は約50%低減することを確認した。

更に成形圧力を、294, 490, 686, 882MPaと加圧条件を変えた場合の F_s 及び F_k への影響を調査した。各成形圧力に対する成形体密度を図6に示す。新wax配合とZnSt配合の圧縮性は同等の特性であった。成形体密度と摩擦力の関係を図7, 図8に示す。新wax配合は、特に高密度側で静止摩擦力、動摩擦力ともに上昇しない結果となり、高密度成形に有効であることを確認した。

図9に成形の欠け性を表すラトラ値測定結果を示す。両配合の値はほぼ同等であることを確認した。さらに抗折強度を測定した結果、新wax配合はZnSt配合に比べ10%程度強度が低下していた(図10)。この原因としては、新waxは潤滑性に優れている分、ZnStよりも柔らかく成形強度が若干低下したと考えられるが、ラトラ値が同等であることから、実際の成形体のハンドリングには何ら支障が無いと思われる。

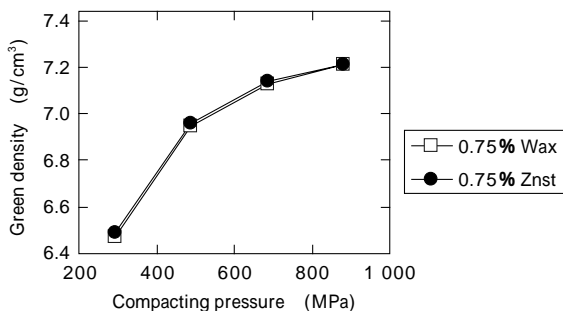


図6 成形圧力と成形体密度の関係
Fig. 6 Relation between compacting pressure and green density

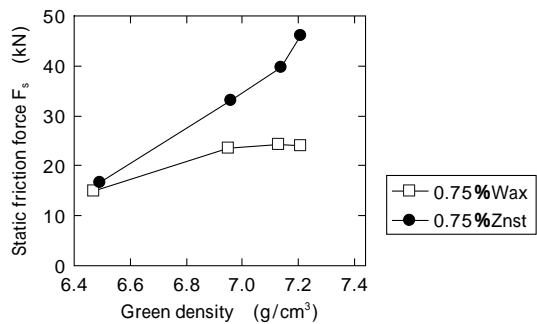


図7 静摩擦力に及ぼす成形体密度の関係
Fig. 7 Relation between static friction force and green density

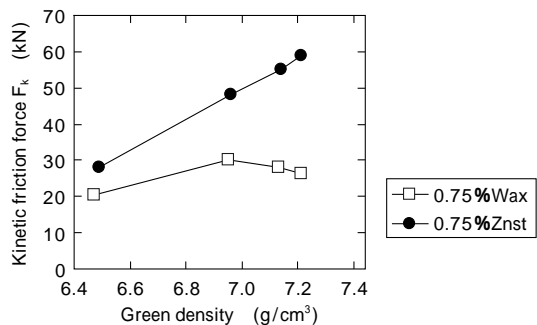


図8 動摩擦力に及ぼす成形体密度の関係
Fig. 8 Relation between kinetic friction force and green density

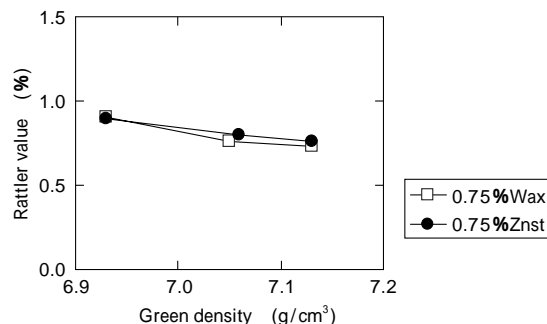


図9 成形体密度とラトラ値の関係
Fig. 9 Relation between rattler value and green density

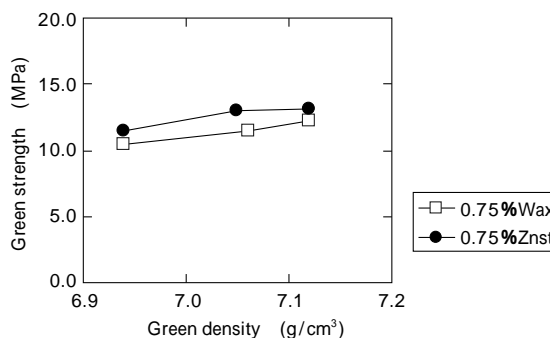


図10 成形体密度と抗折強度の関係
Fig. 10 Relation between green strength and green density

3.3 焼結体特性

図11に焼結体の金型基準の寸法変化率を示す。両配合ともに同じ成形体密度で比較する0.02%以内の差に収まり、ほぼ同等であることを確認した。図12に圧環強度、図13に焼結体表面硬さの測定結果を示す。両配合の特性は同等であり、これらによって、最終製品にしたときの特性は、新wax配合は従来のZnSt配合と同様であることを確認した。

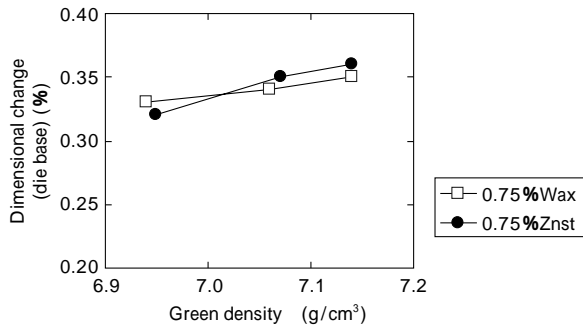


図11 成形体密度と金型基準の寸法変化率の関係

Fig.11 Relation between dimensional change (die base) and green density

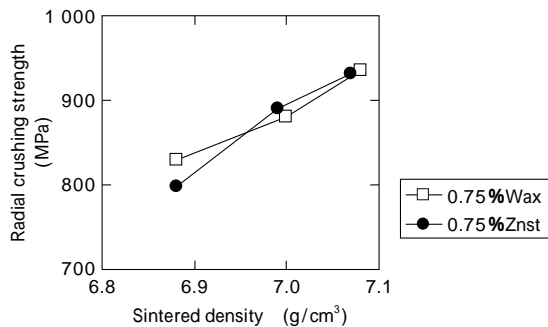


図12 焼結体密度と圧環強度の関係

Fig.12 Relation between radial crushing strength and sintered density

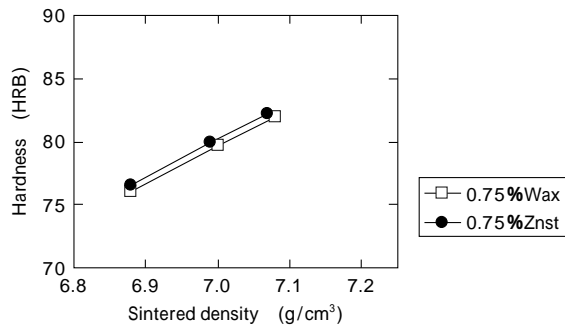


図13 焼結体密度と表面硬さの関係

Fig.13 Relation between hardness and sintered density

むすび=本報では、従来困難とされてきた離型性と流れ性を兼ね備えた黒鉛偏析防止鉄粉として、新 wax を用いたセグレスの特性を紹介した。

新 wax 配合セグレスは、当社独自の流れ性評価において Znst 配合セグレスに対して優る結果となった。離型性は同じ成形体密度で Znst 配合セグレスの摩擦力の約 50% 低減となる特性を確認した。これらの特性に加えて、新 wax 配合セグレスは離型性を確保しながら潤滑剤の添加量を低減することも可能であり、同じ成形圧で部品の密度を上げることが考えられる。

今後、新 wax 配合セグレスは、大型複雑形状・高強度部品などの適用拡大に貢献するものと期待される。当社ではさらに粉末の改善改良を行い、多様化するユーザーニーズに対応していく。

参考文献

- 1) H. Suzuki et al.: Proceeding of 1993 Powder Metallurgy World Congress, (1993) p.747.
- 2) 高井伝栄ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.44, No.2 (1994) p.10.
- 3) H. Suzuki: PM Asia 2005 Conference & Exhibition, (2005) p.73.
- 4) 鈴木浩則: 粉体粉末冶金協会春季講演大会概要集, (2005) p.124.
- 5) 関 義和: 粉体および粉末冶金, Vol52, No.7.
- 6) 澤山哲也ほか: 粉体粉末冶金協会春季講演大会概要集 (1996) p.29.
- 7) 澤山哲也ほか: 粉体粉末冶金協会秋季講演大会概要集 (1997) p.103.
- 8) T. Sawayama et al.: Advances in Powder Metallurgy & Particles Materials (1999) 2-61.
- 9) 関 義和: 粉体粉末冶金協会秋季講演大会概要集, (2004) p.133.