

鉄粉末の加圧流動成形による内部欠陥の改善

Improvement in Internal Defect by Press Powder Flow Molding of Iron Powder

高橋清造*・中川威雄**

Seizo TAKAHASHI and Takeo NAKAGAWA

1. はじめに

Near Net Shapeな製品が得られる粉末冶金法は、材料の歩留り向上、難加工材の成形への期待があり注目されてきた。最近では中小機械部品の製造に普及し始めている。その主たる理由は材料の歩留り向上のほかに、後加工の減少や量産性が高いことによる製品コストの低減にある。現在の主な成形法は乾式プレス法であり、乾式プレス法は成形工程が容易であり、成形1サイクルの時間が短く量産性に優れている。しかし乾式プレス法は使用する成形粉末間の摩擦および粉末と金型の摩擦から薄肉部の成形、長尺品の成形を行うには、所定の密度および強度をもつ成形体を作製することが困難な場合がある。

本法は著者の一人である中川¹⁾が開発した成形法であり、成形粉は成形助剤として少量の樹脂バインダを含み、加圧成形時の粉末に流動性を付与する目的で液状バインダを添加している。成形粉は自動給粉が可能で乾式プレス法にて単軸金型成形する。粉末の加圧成形時に液状バインダが潤滑剤として作用し、粉末の金型内での流動を容易にする。その結果、従来の乾式プレス法では製品として必要な高密度が得られないような、成形体に薄肉部または突出し部が存在しても、本法の成形粉は加圧成形時に流動し、成形体内の密度分布が少なく、高密度な成形体を得ることができる。

本報では純鉄粉末を加圧流動成形法によって成形し、得られた成形体内の密度分布を測定した。その後成形体の断面を乾式プレス法の場合と比較しながら観察し、さらに焼結体断面のマイクロ組織を光学顕微鏡によって観察して発生する内部欠陥について調査した。

2. 実験方法

Fig. 1 は工程の概略を示す。成形に使用した鉄粉末 KIP300AS (川鉄製) に成形助剤の PVA217 (クラレ製)

*日本大学生産工学部

**東京大学生産技術研究所 付属先端素材開発研究センター

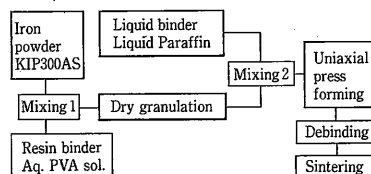


Fig. 1 Process diagram of Press Powder Flow Molding

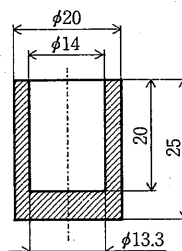


Fig. 2 Dimension of formed green compact (mm)

の水溶液を混合し乾燥後、本成形法の特徴である液状バインダの流動パラフィンを混合して Fig. 2 に示す底付きカップに成形実験した。成形は乾式の単軸金型プレス成形でありフローティングダイ法とした。比較のために 0.7 wt% ZnSt を含む粉末について流動パラフィンを添加混合して成形した。成形体は昇温速度 70°C/hr にて 350°C・2 hr の脱脂後、アンモニア分解ガス雰囲気にて 1130°C・30 min の焼結を行った。成形体は全体の密度およびカップ底とカップ壁に切断分離後のおのおのの密度を測定して密度分布を求め、さらに断面内の気孔を観察した。焼結体は断面のクラック観察と光学顕微鏡による組織観察を行った。

3. 実験結果

3.1 成形体密度の上昇

流動パラフィンの添加量に対する成形体の密度変化は Fig. 3 となり、0.5wt% PVA 粉末および 0.7wt% ZnSt 粉末

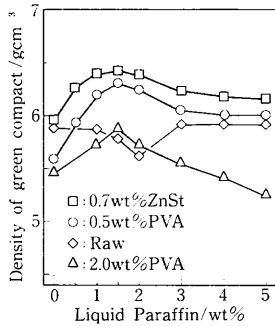


Fig. 3 Relation between density of green compact and content of Liquid Paraffin

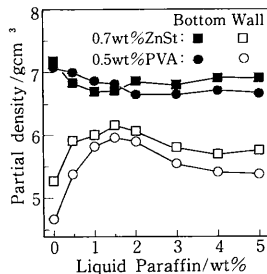
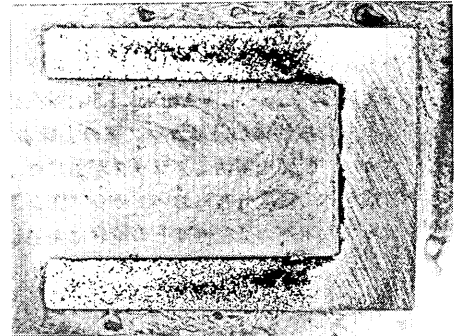


Fig. 4 Relation between partial density of green compact and content of Liquid Paraffin

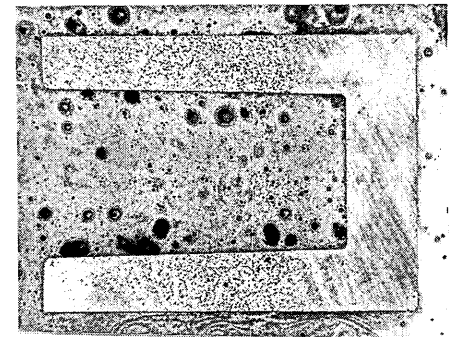
に流動パラフィンを添加した場合の成形体は高密度であり、流動パラフィンの添加にともない密度は上昇し、添加量が1.5wt%で最高密度を示した。本実験の範囲では0.7wt%ZnSt粉末が0.5wt%PVA粉末より高密度を示した。つぎに成形体をカップ底とカップ壁とに切断分離後に測定した密度をFig. 4に示す。流動パラフィンの添加にともないカップ壁の密度は上昇し、その挙動は成形体全体の密度変化と良く類似している。本成形法の特徴は流動パラフィンの添加にともない、加圧成形時に粉末がカップ底からカップ壁に流動し、カップ壁の密度上昇として現れ、従来の単軸プレス成形法では成形困難な薄肉のカップ壁は流動パラフィンの添加により密度が実用レベルまで上昇した。成形体の密度が高密度であれば、その後の焼結において焼結体の密度は成形体密度に比例することから高密度の焼結体が得られることになる。

3.2 成形体の断面観察

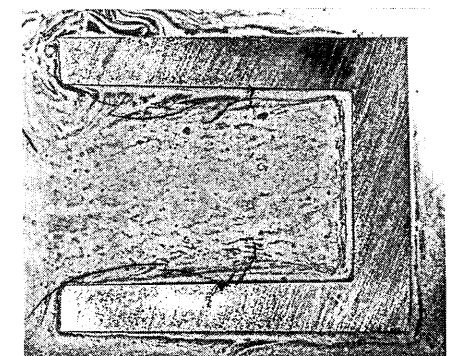
成形体断面の写真をPhoto. 1に示す。(a)は0.7wt% ZnSt粉末の成形体断面であり、(b)、(c)は0.5wt%PVA粉末と0.7wt%ZnSt粉末に最高密度となる1.5wt%の流動パラフィンを添加した場合の加熱脱脂体の断面を示した。本実験で成形したカップは通常の0.7wt%ZnStを含



(a) Including only 0.7wt%ZnSt (green compact)



(b) Including 0.5wt%PVA and 1.5wt% Liquid Paraffin (debinded compact)



(c) Including 0.7wt%ZnSt and 1.5wt% Liquid Paraffin (debinded compact)

Photo. 1 Observation at cross-section of compact

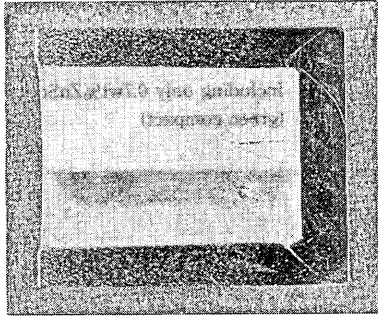
む粉末では良好な成形体を得ることが困難であることを実験結果は示している。すなわち、0.7wt%ZnSt粉の成形体(a)は研磨時の粉末の脱落のため欠陥が強調されているが、カップ壁の下部は気孔が多く、粉末の成形が粗となっている部分が存在する。逆にカップ底は高密度に成

研 究 速 報

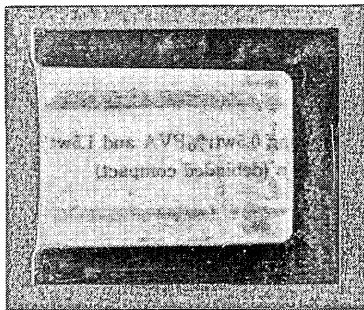
形され金属光沢をもっている。0.5wt%PVA粉末に1.5wt%流動パラフィンを添加した成形体(b)はカップ壁に多少の気孔が見られるがカップ壁は比較的良好な成形状態となっている。0.7wt%PVA粉末に1.5wt%流動パラフィンを添加した成形体(c)はカップ壁の上縁より2/3のところからカップ断面を横切るクラックが生じた。このクラックは成形体の密度分布においてカップ底近傍の高密度部とカップ壁下部の低密度部との境界に発生した。

3.3 焼結体の断面観察

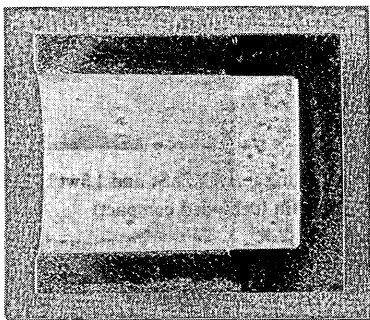
つぎに、焼結体断面の写真をPhoto. 2に示す。成形体断面の写真と対応させており、0.7wt%ZnSt粉末の焼結体(a)はカップ壁とカップ底との境界から底面の角部付近までのクラックと、カップ底を切取るような円弧状のクラックが発生した。0.5wt%PVAと流動パラフィンを添加した場合(b)にはクラックは見られない。(c)の0.7



(a) Including only 0.7wt%ZnSt

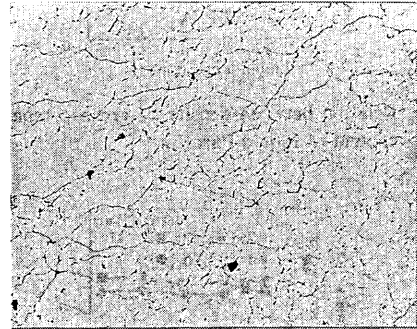


(b) Including 0.5wt%PVA and 1.5wt% Liquid Paraffin

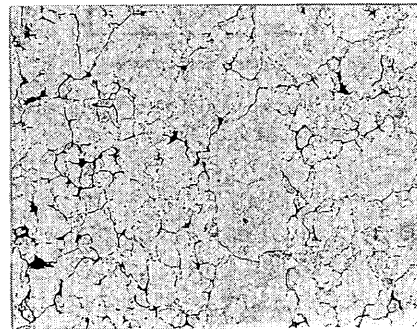


(c) Including 0.7wt%ZnSt and 1.5wt% Liquid Paraffin

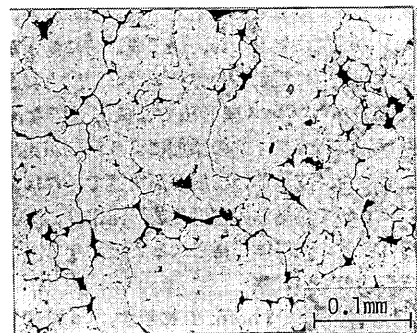
Photo. 2 Observation at cross-section of sintered compact



(a) Including only 0.7wt%ZnSt



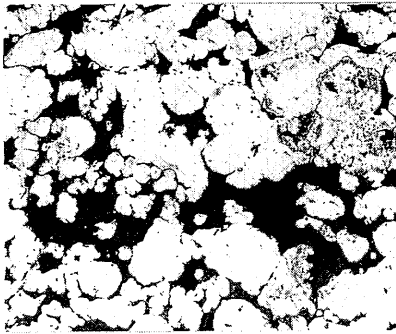
(b) Including 0.5wt%PVA and 1.5wt% Liquid Paraffin



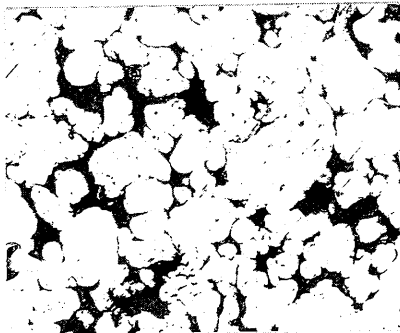
(c) Including 0.7wt%ZnSt and 1.5wt% Liquid Paraffin

Photo. 3 Microstructure of sintered cup bottom etched Nital

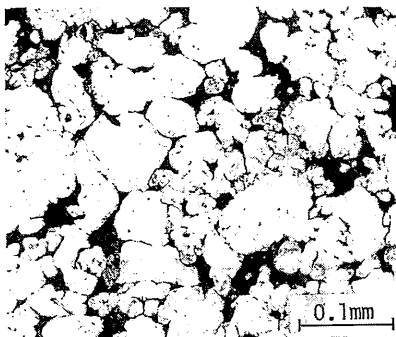
研究速報



(a) Including only 0.7wt% ZnSt



(b) Including 0.5wt% PVA and 1.5wt% Liquid Paraffin



(c) Including 0.7wt% ZnSt and 1.5wt% Liquid Paraffin

Photo. 4 Microstructure of sintered upper cup edge etched Nitral

wt% ZnSt 粉末に流動パラフィンを追加した場合にはカップ壁にクラックが観察された。これは成形体に見られたクラックである。

3.4 焼結体の光学顕微鏡観察

焼結体の各部を光学顕微鏡にて観察した結果を Photo. 3, Photo. 4 に示す。カップ底の顕微鏡組織 (Photo. 3) は (a) の 0.7wt% ZnSt 粉末の焼結体は気孔が少なく、流動パラフィンを追加した粉末の焼結体 (b), (c) では多少の気孔が観察される。カップ壁の上縁 (Photo. 4) では、逆に (a) の 0.7wt% ZnSt 粉末の焼結体は大きな気孔が多数存在し、流動パラフィンを追加した粉末の焼結体 (b), (c) では気孔は少ない。焼結体断面のミクロ組織を光学顕微鏡にて観察した結果、加圧流動成形のために添加した流動パラフィンの潤滑効果によって、カップ壁の気孔は流動パラフィンの添加なしと比較して減少したことがわかった。

4. お わ り に

純鉄粉に流動パラフィンを追加後、通常の乾式プレス法では成形困難な底付き薄肉カップを加圧流動成形法で成形し、成形体および焼結体内部に発生する欠陥を観察して以下の結果を得た。

- (1) 流動パラフィンを追加した粉末の成形体はカップ壁の密度が上昇し、結果として流動パラフィンなしと比較して成形体の密度は上昇した。
- (2) 成形体の断面は流動パラフィンを追加した加圧流動成形の場合気孔が分散し、かつ減少する。そこで流動パラフィンなしの場合のような局所的な欠陥が認められない。
- (3) 焼結体の断面を観察した結果、流動パラフィンなしではカップ底にクラックが生じ、PVAを含み流動パラフィンを追加した場合には良好な焼結体が得られた。
- (4) 焼結体のミクロ組織は成形体各部の密度分布に準じてカップ底は気孔が少なく、カップ壁は多少の気孔をもつ。流動パラフィンを追加した場合にはカップ壁の気孔が減少した。

(1991年8月9日受理)

参 考 文 献

- 1) 酒造, 中川: 粉体協平成2年度春季講演概要, 52.
- 2) 高橋, 中川: 粉体協平成2年度秋季講演概要, 176.
- 3) 高橋, 中川: 鉄鋼協1991年春季講演論文集, 4-684.

研究速報