新技術・新製品

加熱設備なしで高密度成形体が得られる偏析防止処理粉「JIP クリーンミックス HDX」の開発

尾崎 由紀子, 宇波 繁, 尾野 友重

JFE スチール(株)スチール研究所, 〒260-0835 千葉市中央区川崎町1番地.

Premixed Iron Powder “JIP Clean Mix HDX” Providing High Green Density without Powder Heating Units

Yukiko Ozaki, Shigeru Unami and Tomoshige Ono

Steel Research Laboratory, JFE Steel Co., 1 Kawasaki-cho, Chuo-ku, Chiba 260-0835, Japan.

Received October 2, 2008

1 開発の背景, 目的

鉄系焼結部品の開発では, 小型化および高強度化が志向され, この動きに対応して各種高密度化工法が提案されてきた。まず, 成形体の加圧・焼結過程を交互に2回ずつ施す, 2回成形・2回焼結法, および焼結体を熱間鍛造する焼結鍛造法が開発された¹⁾。その後, 金型と鉄粉を130℃程度に加熱しつつ成形し, 1回の加圧過程で成形体の高密度化を実現する温間成形法^{2,3)}が提案された。温間成形法は, 汎用プレス機に金型と鉄粉の加熱装置の付加によって対応でき, 他的高密度化工法に比べ, 比較的設備コストが安価なため, 電動工具部品や一部の自動車部品製造で実用化された。しかしながら, 金型や鉄粉の高精度な温度管理, および温間での原料粉末の酸化による粉体特性の劣化などの課題が多い。

本開発では, 高密度焼結部品の製造コスト低減を目的に, 金型および鉄粉の加熱を行わず, 汎用の成形設備を用いた常温成形で温間成形並の高密度成形体を実現する偏析防止処理粉を開発した。

2 技術内容, 特徴

Fig.1 は, 純鉄粉(Fe)+2.0mass% 銅粉(Cu)+0.8mass% 黒鉛粉(C)+潤滑剤の混合粉について, 添加する潤滑剤量と, 成形体の理論到達密度(相対密度が100%での密度)との関係を示す。理論到達密度の計算において, 各原料粉末の真密度は, それぞれFe: 7.87Mg/m³, Cu: 8.92 Mg/m³, C: 2.23 Mg/m³, 潤滑剤: 1.00Mg/m³とした。Fig.1から明らかなように, 密度の低い潤滑剤の添加量が低減するに従い, 成形体の理論到達密度は高くなることからわかる。しかし, 実際には, 原料粉末に添加する潤滑剤を低減すると, 加圧成形時における粉末粒子相互および粉末-金型間での摩擦力が増大し, 粒子の移動および変

形が阻害されるため, 空隙率が十分減少しないこと, 加えて加圧成形後の成形体抜出力が増大し, 金型への負担が過大となるため金型寿命が短くなることから, 潤滑剤添加量低減による高密度化は困難であると考えられてきた。そこで, JFE スチールでは, 少量で優れた潤滑性能を発揮する潤滑剤の探索を行い, 複数の有効成分から成る新規潤滑剤HDXを開発した。新規潤滑剤は, 従来の潤滑剤に比べて少量の添加により, 十分な粒子間潤滑および金型潤滑機能を発揮する。この効果により, HDXを添加した偏析防止処理粉は, 鉄粉および金型を加熱することなく, 汎用の量産成形設備を用いた成形で温間成形並の高密度成形体の実現を可能とした。

試料粉末の原料配合, 混合方法及び加圧成形条件をTable 1に示す。開発材HDX1および比較材Bは偏析防止処理が施され, 比較材Aについては, 鉄粉, 銅粉および黒鉛粉末と潤滑

Fig.1 Pore-free green density vs. lubricant content in Fe-2mass% Cu-0.8mass% C powder mixture.

Table 1 Contents of powder mixture samples and compaction conditions.

Sample ID	Composition	Lubricant	Mixing procedure	Powder temp.(°C)	Die temp.(°C)	Max applied press.(MPa)
HDX1	Fe-0.2mass%Cu-0.8mass%C-Lubricant*1)	0.5mass% HDX	Segregation-free treatment	25	60	686
A		0.5mass% Zinc stearate	V-blender mixing	25	60	
B		0.6mass% Heat-resistant lubricant*2)	Segregation-free treatment	130	130	
HDX2		0.8mass% HDX	Segregation-free treatment	25	60	686
C		0.8mass% Zinc stearate	Segregation-free treatment	25	60	

*1) Fe: water atomized powder, Cu: water atomized powder, C: natural graphite powder

*2) Heat-resistant lubricant: developed for W/C by JFE Steel Co.

Fig.2 Green densities of iron powder mixtures.

Fig.3 Ejection forces vs. green densities in compactions at 686 MPa.

剤であるステアリン酸亜鉛 (以下, ZnSt と記す) 粉末を V 型混合機で混合して作製した。

加圧成形では, HDX1 および比較材 A の粉末は加熱せず, 金型温度は量産成形における成形体と金型の摺動に伴う発熱を想定し, 内蔵ヒーターにより 60°C に調整した。比較材 B の加圧成形では, 粉末および金型の温度をそれぞれ 130°C とした。

Fig.2 に, 各種混合鉄粉成形時の成形圧力と成形体密度の関係を示す。393 ~ 686 MPa における HDX1 の成形体密度は比較材 A よりも高く, 温間成形により成形した比較材 B と同等程度であった。HDX1 において, 粉末の加熱なしに温間成形材 B と同等の密度が実現したことは, 加熱によって促進される粒子塑性変形ではなく, 粒子再配列促進によって高密度化が進行したことを示唆する。他方, HDX1 と同様, 粉末の加熱なしに成形された比較材 A との比較において, いずれも加熱による粒子塑性変形促進の寄与が小さいことから, 両者の

密度差は, 粒子再配列挙動の差であるものと推測される⁴⁾。偏析防止処理では, V 型混合機による混合とは異なり, 潤滑剤の一部が, 鉄粉粒子に銅粉あるいは黒鉛粉を接着するバインダとして利用され, 鉄粉粒子表面に付着する。したがって, 偏析防止処理を施した HDX1 は, V 型混合機で作製した比較材 B に比較して, 鉄粉粒子間に存在する遊離潤滑剤粉末が少なく, 粒子相互が動きやすい状態となり, 粒子再配列が促進されたものと推測される。

Fig.3 は, 686 MPa で成形した際の成形体密度と抜出力 (成形体を金型から抜き出す際にダイを押し下げるために要した力) の関係を示す。7.3 Mg/m³ の高密度成形体の抜出力を比較すると, 開発材 HDX1 は比較材 B よりも低い。一般に高密度成形体では粉末の弾性変形量が大きく金型壁面からの抗力が高いため, 抜出力が高いとされるが, 開発材中の新規潤滑剤 HDX による優れた金型潤滑効果により抜出力が低減したもの

と見なせる。

上記の新潤滑剤HDXの金型潤滑機能は、鉄粉への添加量を増やすほど増大する。Table 1に、HDXの添加量を増量して偏析防止処理を施した開発材HDX2および比較材Cの配合を併記する。Fig.4は、開発材HDX2および比較材Cをそれぞれ成形した際の、成形体密度と抜出力の関係を示す。開発材HDX2は、比較材Cと同等の成形密度で比較した場合、より低い抜出力で成形体を抜き出すことが可能である。この傾向は、密度が高いほど顕著となる。このことは、偏析防止処理粉中に混合された新規潤滑剤が圧粉密度の増加と共に成形体から金型表面に吐き出され、金型表面と成形体表面の摩擦を低減する効果として説明される⁹⁾。この効果により、開発材HDX2は、金型との接触面積が大きい複雑形状の部品や、長尺の部品の成形性向上に寄与することが期待される。

3 用途、適用範囲

粉末の加熱なしに高密度成形体が得られる「JIP クリーンミックスHDX」は、高密度焼結自動車部品に採用され⁹⁾、高強度焼結歯車を中心に需要を伸ばしている。

4 今後の展開

JIP クリーンミックスHDXは、粉末の加熱設備なしに高密度部品の成形が可能であり、各種高強度焼結部品への適用が検討されている。また、目標密度をより低い成形圧力で実現できることから、成形機の小型化、および金型寿命の改善への寄与も合わせて期待される。

5 特 許

WO2007/105429A1 の他、複数の特許を出願済みである。

文 献

- 1) H.W. Antes: "Powder Metallurgy for High-Performance Applications", J.J. Burke and V. Weiss (eds.), Syracuse University Press, Syracuse, NY, (1972)171-210.
- 2) S.H. Luk, H.G. Rutz, and M. Lutz: "A New Method for

Fig.4 Ejection forces vs. green densities.

Manufacturing High Performance Powder Metallurgy Components", Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials, MPIF, Princeton (USA), 5(1994)135.

- 3) H.G. Rutz and H.G. Hanejko: "High Density Processing of High Performance Ferrous Materials", Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials, MPIF, Princeton (USA), 5(1994)117.
- 4) Y. Ozaki, T. Ono, and S. Unami: "Segregation Free Premixed Iron Powder Providing High Green Density by Conventional Compaction Process without Heating Powder and a Die Cavity", JFE GIHO, No.7, (2005)1-5.
- 5) T. Ono, Y. Ozaki, and S. Uenosono: "Segregation-Free Iron Mixed Powder Containing an Excellent Lubricant Effective for Reducing the Ejection Force at Compaction", Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials. MPIF, Montréal, (Canada), 3(2005).
- 6) S. Unami: "Molybdenum Hybrid-Alloyed Steel Powder Offering High Fatigue Strength of PM Parts", Abstract of Spring Meeting of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Tokyo, (2008)232.