
多様な機能で鉄の用途を広げる鉄粉

Iron Powders Expand Applications of Iron with Various Functions

小倉 邦明(Kuniaki Ogura)

要旨：

川崎製鉄は、自動車焼結部品への鉄粉の使用が本格化し始めた 1966 年に、日本で初めて還元鉄粉の一貫製造を開始した。現在、日本で唯一の還元鉄粉とアトマイズ鉄粉の両方を製造販売する鉄粉総合メーカーである。KIP[®] 鉄粉は鉄と粉末の性質を活かし、多様な機能で鉄の用途を広げつつある。鉄の機械的性質は粉末の流動・成形が可能である性質と組み合わせられ、偏析防止処理粉や高強度用合金鋼粉などとして、焼結機械部品の寸法バラツキ低減や熱処理省略などの生産性向上に利用されている。鉄の磁氣的性質は粉末の小さな粒径と組み合わせられ圧粉磁芯など電磁材料に、鉄の化学的性質は粉末の大きな比表面積と組み合わせられ脱酸素剤、カイロやエッチング廃液からの有価金属回収などにも利用されつつある。川崎製鉄は 1998 年に ISO9001, ISO14001 を取得し、安心して使用していただける品質と安定供給の体制を整えている。

Synopsis：

Kawasaki Steel started the integrated production of reduced iron powder in 1966, when iron powder started to regularly be applied to automobile sintered parts. Moreover, Kawasaki Steel has been the only iron and steel powder manufacturer in Japan producing both reduced and atomized iron powders. KIP(R) brand iron powders are expanding the applications of iron via various uses, considering the nature of iron and powder. For the improvement of productivity by decreasing the dimension scattering of parts or shortening the heat-treatment of sintered products, accordingly iron powder has been applied taking account of the nature of iron mechanics and the flowability and forming by compression of powder. For this application, Kawasaki Steel supplies segregation-free powders and alloy steel powders for high strength parts. With the iron's magnetic nature and the small particle diameter of powder, the chemical properties of iron and large particle-specific area of powder, iron powder is applied to electromagnetic material, such as the dust core or oxygen absorber, body warmer, and chemical raw materials to recover metals of value in the process effluent. ISO9001 and ISO14001 certification have been granted for iron powder production and products at Kawasaki Steel since 1998, and iron and steel powders of excellent qualities are expected to be steadily supplied in the market and expand new applications for iron.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Iron Powders Expand Applications of Iron with Various Functions



小倉 邦明
Kuniaki Ogura
鉄粉営業部 主査(部長補)

要旨

川崎製鉄は、自動車焼結部品への鉄粉の使用が本格化し始めた1966年に、日本で初めて還元鉄粉の一貫製造を開始した。現在、日本で唯一の還元鉄粉とアトマイズ鉄粉の両方を製造販売する鉄粉総合メーカーである。KIP®鉄粉は鉄と粉末の性質を活かし、多様な機能で鉄の用途を広げつつある。鉄の機械的性質は粉末の流動・成形が可能である性質と組み合わせられ、偏析防止処理粉や高強度用合金鋼粉などとして、焼結機械部品の寸法バラツキ低減や熱処理省略などの生産性向上に利用されている。鉄の磁氣的性質は粉末の小さな粒径と組み合わせられ圧粉磁芯など電磁材料に、鉄の化学的性質は粉末の大きな比表面積と組み合わせられ脱酸素剤、カIROやエッチング廃液からの有価金属回収などにも利用されつつある。川崎製鉄は1998年にISO9001、ISO14001を取得し、安心して使用していただける品質と安定供給の体制を整えている。

Synopsis:

Kawasaki Steel started the integrated production of reduced iron powder in 1966, when iron powder started to regularly be applied to automobile sintered parts. Moreover, Kawasaki Steel has been the only iron and steel powder manufacturer in Japan producing both reduced and atomized iron powders. KIP® brand iron powders are expanding the applications of iron via various uses, considering the nature of iron and powder. For the improvement of productivity by decreasing the dimension scattering of parts or shortening the heat-treatment of sintered products, accordingly iron powder has been applied taking account of the nature of iron mechanics and the flowability and forming by compression of powder. For this application, Kawasaki Steel supplies segregation-free powders and alloy steel powders for high strength parts. With the iron's magnetic nature and the small particle diameter of powder, the chemical properties of iron and large particle-specific area of powder, iron powder is applied to electromagnetic material, such as the dust core or oxygen absorber, body warmer, and chemical raw materials to recover metals of value in the process effluent. ISO9001 and ISO14001 certification have been granted for iron powder production and products at Kawasaki Steel since 1998, and iron and steel powders of excellent qualities are expected to be steadily supplied in the market and expand new applications for iron.

1 はじめに

川崎製鉄は、1966年に日本で初めて還元鉄粉の一貫製造設備を千葉製鉄所内に設置し、KIP鉄粉として製造販売を開始した。1978年にはアトマイズ鉄粉製造設備を建設し、還元鉄粉とアトマイズ鉄粉両方を製造販売する日本で唯一の、世界でも3社しかない鉄粉総合メーカーとして、現在、年間約6万tを生産販売するに至っている¹⁾。KIP鉄粉は鉄と粉末の性質とを活かして、多様な機能で鉄の用途を広げつつある。以下にKIP鉄粉の歴史と合わせてその用途を紹介する。

2 KIP®鉄粉の歴史

近代の鉄粉の工業的な使用は1960年代の米国での自動車焼結部品への本格的採用で、日本でも1960年代半ばのモータリゼーションとともに自動車焼結部品への使用が本格化した²⁾。これにともない、国産の良質な鉄粉の製造販売が望まれるようになり、川崎製鉄では1961年に還元鉄粉の基礎研究を開始し、1966年にミルスケールを原料に製造する還元鉄粉³⁾の量産設備を建設しKIP鉄粉の販売を開始した。その後、1978年にアトマイズ鉄粉「KIP300」、1984年に高強度部品用の真空還元合金鋼粉「KIP4100V、KIP30CRV⁴⁾」、1989年に黒鉛偏析防止処理粉「KIPクリーンミックス⁵⁾」、1997年に電磁用鉄粉「KIPMG270H⁶⁾」、1999年にCu偏析防止処理「KIPクリーンミックス⁷⁾」、ワックス系潤滑剤「KIPクリーンミックスKWAX⁸⁾」の量産販売を開始した。また、1991年に第2アトマイズ

* 平成12年2月29日原稿受付

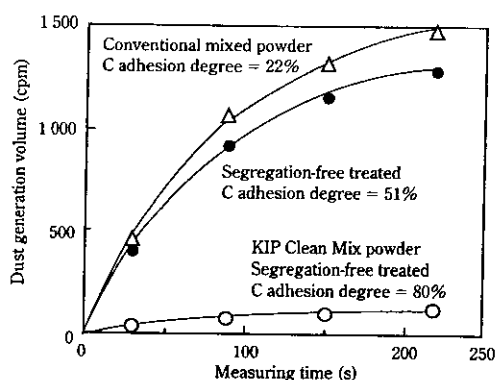


Fig. 1 Dust generation volume of KIP Clean Mix powder

設備、1992年に第2真空還元設備、1994年、1999年にクリーンミックス設備を増強し、新技術・新製品開発、製造能力増強でお客様の变化するニーズに応える努力をしてきた。

3 焼結機械部品用途と KIP クリーンミックス®

鉄粉は日本の国内では63%が焼結機械部品に使用され、焼結機械部品の84%は自動車焼結部品⁹⁾で、鉄粉の最も大きな用途である。焼結機械部品は、鉄が合金化により高強度化される機械的性質と、流動があり圧縮成形が可能な粉末の性質を組み合わせた鉄の用途である。焼結機械部品では主に黒鉛粉や銅粉など合金化用の粉末と、鉄粉同士や金型との間の摩擦を減らす固体潤滑剤粉末を鉄粉と混合し、この混合粉を金型に流し込んでプレスで加圧成形後、焼結炉で1000°C程度の温度で加熱（以下、焼結）して部品を製造する。歯車のような複雑形状で、高精度な部品が機械加工の必要なく生産できるが、品質要求レベルが年ごとに高くなり、現在ではこのような単純な鉄粉や工程では要求を満足することが困難になってきている。川崎製鉄では鉄粉に有機物を加えるクリーンミックス技術で鉄粉の機能をさらに高めて、このような要求に答えている。

3.1 黒鉛偏析防止処理粉 KIP クリーンミックス

黒鉛粉などの添加粉末は、比重や粒子の大きさが鉄粉と異なり、これらの粉末の混合粉を輸送したり、容器から金型中に切り出すと、鉄粉と添加粉末が分離する偏析現象が生じる。黒鉛粉が偏析すると、発塵して製造作業環境が損なわれ、連続した成形の初期と後期とでは部品の黒鉛の含有量が変わる。その結果、焼結機械部品の強度や寸法が変動し、部品の品質の低下を招く問題があった。これを解決するために、鉄粉粒子表面に結合剤を用いて黒鉛粉を付着させた黒鉛偏析防止処理粉「KIP クリーンミックス」を開発した。クリーンミックスは黒鉛粉の付着度が高く、発塵量が Fig. 1 に示すように通常の混合粉の10%以下と低くなる。成形時の容器から金型への粉末の切出量の積算量と焼結機械部品のC含有量および焼結時の寸法変化率の推移を Fig. 2 に示す。黒鉛付着度の高い粉末は最後までC量の変動が少なく、寸法変化率が安定している。クリーンミックスは発塵が少なく、原料粉、焼結製品の歩留まりが向上し、ユーザでの混合作業が不要になるため、発売以来好評を得ている。

3.2 Cu 偏析防止処理 KIP クリーンミックス

従来、黒鉛粉に比べて偏析防止が難しかった銅粉についても、効果を高めたCu偏析防止処理「KIP クリーンミックス」を開発し販売している。このクリーンミックスは銅粉を鉄粉粒子表面に熱的な

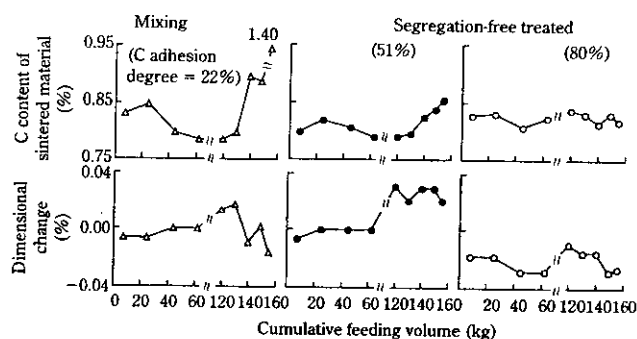


Fig. 2 Stabilization of sintered material properties with KIP Clean Mix powder

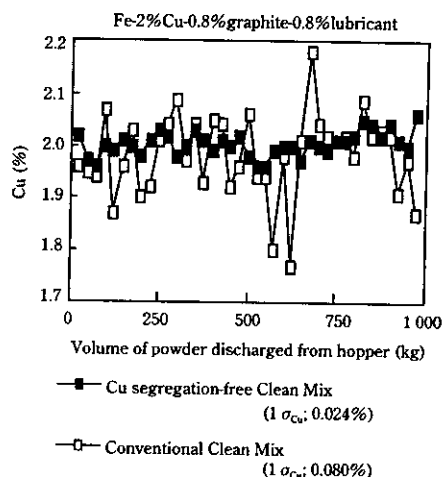


Fig. 3 Scattering of Cu content in compacts made from the powders discharged from hopper

拡散により付着させており、従来の結合剤による付着より高い偏析防止効果が得られる。Fe-2Cu-0.8C配合の偏析防止粉1tを搬送機で輸送した場合の、成形体の銅の成分変動を Fig. 3 に示す。従来の偏析防止粉に比べて、Cu含有量の標準偏差が0.080%から0.024%に70%低減される。見掛け密度、引張り強さ、シャルピー衝撃値などの粉体、焼結体特性は、Table 1 に示すように従来粉末との互換性がある。従来のクリーンミックスに比べて、寸法変化率が同等で、寸法変化率の変動が標準偏差で0.020%から0.016%と20%低減されるので、材料の特性を変えずに、焼結機械部品の寸法のバラツキを大幅に低減させることができる。

3.3 ワックス系潤滑剤 KIP クリーンミックス KWAX

前述の固体潤滑剤粉末として、ステアリン酸亜鉛が混合粉の流動性を良好にするため焼結機械部品で広く用いられている。しかし、ステアリン酸亜鉛が焼結炉内で分解して生成堆積する酸化亜鉛の除去作業が生産性を低下させ、焼結体表面に亜鉛に起因する汚れを生成し、焼結部品の品質を低下させている。金属成分を含まない有機物のワックス系潤滑剤がこのような問題を解決するが、混合粉の流動性が低下するので一般的でなかった。焼結機械部品の生産では生産速度、焼結部品の密度均一性やこれに起因する寸法精度を向上させるために、原料粉の流動性が重要である。川崎製鉄は混合粉の流動性を支配する粉末同士の付着力を制御し、ワックス系潤滑剤を用いながら、従来のステアリン酸亜鉛を用いたものと同様の優れた流

Table 1 Properties of powders and sintered compacts of the Cu segregation-free KIP Clean Mix powder

Powder	Apparent density (Mg/m ³)	Tensile strength (MPa)	Impact value (J)	Dimensional change during sintering (vs. die cavity)	
				Dimensional change (%)	Standard deviation, σ (%)
Cu segregation-free Clean Mix	3.35	467	11	0.39	0.016
Conventional Clean Mix	3.35	469	11	0.38	0.020

Composition: Fe-2%Cu-0.8%graphite-0.8%lubricant

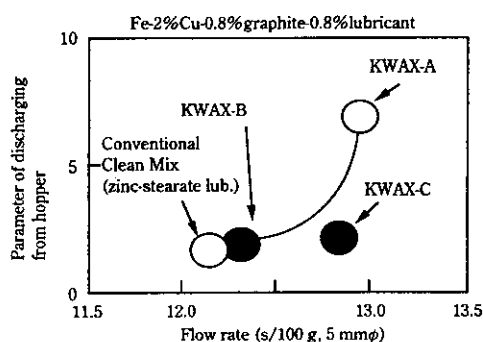
Specimen: $\phi 38 \times \phi 25 \times 10$ tGreen density: 6.85 Mg/m³Sintering: 1 130°C $\times$ 20 min in endothermic gas

Fig. 4 Flowability of KIP Clean Mix powders with wax lubricant

動性が得られる「KIP クリーンミックス KWAX」の新製品を開発販売している。クリーンミックス KWAX の流動性を Fig. 4 に示す。「KWAX-A」はワックス系潤滑剤を用いた従来のクリーンミックスである。新製品の「KWAX-B」は従来のステアリン酸亜鉛を用いたクリーンミックスと同等の流動性で、従来製品の欠点であったバネ式チューブ型搬送機での搬送時の機内への潤滑剤の付着堆積も防止している。潤滑剤に金属成分をまったく含まない新製品の「KWAX-C」もステアリン酸亜鉛を用いたクリーンミックスと同等の優れたホッパー排出性が得られる。粉体、焼結体特性は Table 2 に示すように KWAX-B, C では、従来のステアリン酸亜鉛系クリーンミックスに比べて見掛け密度が同等以上で、焼結体引張り強さ、衝撃値、焼結寸法変化が従来製品と互換性がある。また、KWAX-C は連続成形時の成形体重量の変動が、標準偏差で KWAX-A に比べて 60% 以上も低減される。このように「KIP クリーンミックス

KWAX」の使用により焼結機械部品の生産性、品質を格段に向上させることができる。

3.4 その他の焼結機械部品用途

焼結機械部品の製造では、できる限り生産性を高めることが求められるが、川崎製鉄ではこのようなニーズに応えるよう、焼結中に黒鉛を焼結体中に析出させて切削時の潤滑剤として被削性を高める鉄粉を開発したり、熱処理により高強度となるため焼結ままでは被削性が高い合金鋼粉「KIP シグマロイ 2010¹⁰⁾」、焼結後の熱処理を省略して焼結のままでも高い強度が得られる Ni 系部分合金化鋼粉「KIP シグマロイ¹¹⁾」や真空還元 Cr-Mo-V 系合金鋼粉「KIP103V¹²⁾」、も製造販売している¹³⁾。

4 新しい用途

焼結機械部品のように主に鉄の機械的性質を利用した構造用部品としての用途以外に、鉄の磁気的性質や化学的性質と粉末の性質を活かした他の機能での鉄の用途を紹介する。

4.1 電磁用材料用途

焼結して使われる場合と、圧縮成形したままで使われる場合とがあるが、後者が圧粉磁芯として需要が伸びている¹⁴⁾。鉄粉の圧粉磁芯は、飽和磁束密度が高い鉄の磁気的性質と粉末の小さな粒径を活かして、一般的な電磁用材の電磁鋼板および酸化物のフェライトが使われている周波数の中間の 1~数百 kHz の帯域で使用される。ここ数年電子・電気機器からのノイズ対策として、特にモバイル電子機器用の増加で需要が増えている。川崎製鉄では、多孔質な粒子形

Table 2 Properties of powders and sintered compacts of KIP Clean Mix powders with wax lubricant

Powder	Apparent density (Mg/m ³)	Tensile strength (MPa)	Impact value (J)	Dimensional change during sintering (vs. die cavity) (%)	Feature
KWAX-C	3.25	434	10	0.40	With wax lubricant only
KWAX-B	3.39	430	11	0.38	Without lubricant sticking with wax lubricant
KWAX-A	3.20	422	10	0.40	Conventional Clean Mix with wax lubricant
Conventional Clean Mix	3.25	435	10	0.34	With zinc-stearate lubricant

Composition: Fe-2%Cu-0.8%graphite-0.8%lubricant

Specimen: $\phi 38 \times \phi 25 \times 10$ tGreen density: 6.85 Mg/m³Sintering: 1 130°C $\times$ 20 min in endothermic gas

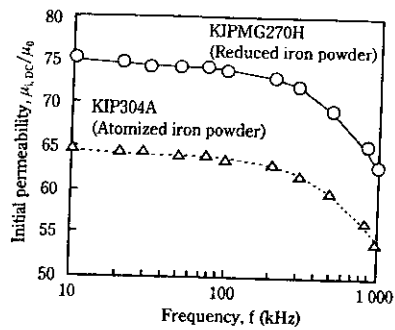


Fig. 5 DC initial permeability $\mu_{i, DC}/\mu_0$ of iron powder cores

状により高周波領域での電磁特性が優れる還元鉄粉の圧縮性を高め、Fig. 5 に示すようにアトマイズ鉄粉「KIP304AS」に比べて格段に透磁率が向上した「KIPMG270H®」を開発販売している。今後、回転機器やフェライト材が使われている部品の中周波数化などによりさらに需要が増えると考えられる。

4.2 化学反応用

鉄が酸素や他の元素と反応する化学的性質と粉末の広い比表面積を活かす用途である。空気中の酸素との反応において、食品などの包装袋中の酸素を吸収するのが酸化防止剤で、この時に発生する熱を利用するのが鉄粉カイロや温湿布剤である。さらに、プリント基板などのエッチング用に使われた塩化鉄廃液中の Cu などの有価金属を回収¹⁵⁾する用途にも需要が伸びている。

5 おわりに

鉄粉は鉄の特性と粉末の性質との両方を活かした新しい機能で、鉄の用途を今後も広げるものと期待されている。KIP 鉄粉は 1998 年に「ISO9001」と「ISO14001」を取得しており、焼結機械部品用途に加えて、電磁気材料用途、化学反応用途などの新しい鉄の用途に、お客様に安心して使っていただける品質を安定供給する体制を整えている。今後もさまざまな用途で鉄が役立てることを期待している。

参考文献

- 小倉邦明：川崎製鉄技報，31(1999)2, 125
- 木村 尚：「粉末冶金 その歴史と発展」，(1999)，9，[アグネ技術センター]
- 森岡恭昭：特殊鋼，29(1980)7, 15
- K. Ogura, R. Okabe, and S. Takajo: Progress in Powder Metall., MPIF, Princeton (N. J.), 43(1987)619
- 峰岸俊幸，牧野来与志，杉原 裕，前田義昭，高城重彰，桜田一男：川崎製鉄技報，24(1992)4, 262
- 尾崎由紀子，藤長政志：川崎製鉄技報，31(1999)2, 130
- 上ノ園聡，杉原 裕，小倉邦明：川崎製鉄技報，31(1999)2, 135
- 上ノ園聡，杉原 裕，小倉邦明：川崎製鉄技報，31(1999)2, 139
- Metal Powder Report, (1999), 18
- 宇波 繁，上ノ園聡，小倉邦明，藤長政志：粉体粉末冶金協会講演概要集平成 9 年度秋期大会，1-20A(1997)109
- 小倉邦明，阿部輝宜，榎石幸雄，高城重彰，峰岸俊幸，初谷英治：川崎製鉄技報，19(1987)3, 202
- 宇波 繁，古君 修，上ノ園聡，小倉邦明：粉体および粉末冶金，43(1996)9, 1106
- 上ノ園聡，小倉邦明，中野善文，楊積 彬：粉体および粉末冶金，44(1997)9, 871
- Metal Powder Report, 53(1998)4, 12
- 小倉邦明：川崎製鉄技報，31(1999)2, 125