

Ironmaking using Microwave

Kazuhiro Nagata

Professor Emeritus of Tokyo Institute Technology

概要

現代の製鉄法は、原料の鉄鉱石とコークスを溶鉱炉で高温にして反応させ、銑鉄を得ている。この銑鉄を転炉で酸素を吹き付けて脱炭して鋼にしている。溶鉱炉では、1トンの銑鉄を製造するのに2トンの炭酸ガスを排出する。わが国の粗鋼生産量は1億トンで2億トンの炭酸ガスを排出している。これはわが国の総排出量の15%に相当する。熱力学第2法則より熱エネルギーから反応などの仕事を取り出すには限界があるがこの逆は無い。エネルギー源として電気を利用し効率よく反応に利用する必要がある。

しかし、電気を用いた製鉄法はない。アーク炉では、電気を熱エネルギーに変化させる場合、輻射熱に変換する。輻射熱は波長が $1\ \mu\text{m}$ 程度の非常に短い電磁波であり、固体の加熱効率は非常に悪い。そこで、対流による熱移動が起こる溶解にのみ利用されている。高温ガスで原料の加熱と反応を行う製鉄炉は通気性が重要であり、塊鉱を使う。塊は比表面積が小さいので還元反応に時間がかかり、溶鉱炉では6から8時間を要する。反応時間を取るため炉高が約30mと高く、原料には高強度が要求される。現在、高品質の原料の枯渇が始まっている。劣質な原料の利用法の開発が必要である。

比表面積の大きい粉鉄鉱石は反応が早く終了するが、高温ガスの強風で飛散する。2.45GHzのマイクロ波は波長が輻射熱より10万倍長く粉体には10cm以上浸透し、鉄鉱石粉や炭材粉に吸収されて内部から発熱する。その結果、20分程度でリンなど不純物濃度の低い銑鉄が生成する。

マイクロ波加熱による製鉄では、原料の加熱と反応にマイクロ波を応用し、鉄鉱石中の酸素は炭素でCO/CO₂ガスとして取る。炭素の品質は問わない。

マイクロ波の発生・伝播回路は製鉄炉で生じる粉塵や水分、タール等から隔絶する必要がある。また、大出力のマイクロ波を製鉄炉内に集中させねばならない。この相矛盾する現象を解決する必要がある。

現在、ガス炉と2.45GHzのマイクロ波で加熱するハイブリッド型の銑鉄日産1トン炉を開発している。

規模拡大のためには、大出力のマイクロ波発生装置と伝送の開発研究が必要である。



Fig. 1 20kW マイクロ波集中炉での銑鉄製造

Abstract

There is no ironmaking using electricity. An arc furnace is available only to melt metals by radiant heat. Powdered iron ore with a large specific surface area is quickly reduced to iron, but it flies out with strong wind. Microwave at 2.45GHz is electromagnetic wave with longer wavelength by 100,000 times than radiant heat. It is absorbed by iron ore and carbonaceous powders and generates heat inside. It takes 20 minutes to produce pig iron. Now, the furnace with 1 ton of pig iron per day is developed.