

アーク・プラズマ加熱の基礎と応用事例

池田 弘一

(いけだ こういち) 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター アーク・プラズマ加熱技術部 部長
一般財団法人 電力中央研究所 電力技術研究所 主任研究員

抵抗加熱

遠赤外加熱

火に始まる人類の熱利用の歴史は産業革命の時代に劇的に変化し、今日の豊かな社会を築く礎となった。特に電気エネルギーを効率的に活用した加熱であるエレクトロヒートは、燃焼式では不可能な高温への対応や、省エネルギー、品質の向上、生産性の向上など、これからの生産現場に要求される魅力的な可能性を秘めている。これらエレクトロヒートの基礎理論から事例までを加熱方式別に全6回シリーズで解説する。

アーク・プラズマ加熱

誘導加熱

マイクロ波加熱

高周波誘電加熱

1. はじめに

一般にアークは放電現象の一つの形態であり、プラズマは物質の状態を指す。本講座で取り上げるアーク・プラズマ加熱は、産業界で近代から採用されてきた使用形態に限定する。大気圧程度のアーク放電によって得られる熱および光を加熱に適用したものをアーク加熱とする。また、気流や磁界等によってアーク放電を安定させることで得られるプラズマ（導電性の気体）を熱源に適用したものをプラズマ加熱とする。

アーク・プラズマ加熱は、他の加熱方式では実現し難い5,000~20,000℃の高温を容易に得られる。また、エネルギー密度が高いため、加熱対象物への伝熱量が非常に大きくなり、局所加熱や急速加熱を達成できる。装置を小型化できる一方で、大容量化もしやすい特徴もある。以下、アーク・プラズマ加熱の原理、主要装置、事例について述べる。

2. アーク加熱

2.1 原理と特徴

電極間の気体中に強い電界を印加すると、もともと気体中であつたごく僅かの電子が加速され、気体中の中性粒子と衝突して電離（中性粒子が電子とイオンに分かれる現象）を繰り返すうちに荷電粒子が急増し、やがて電極間に電流が流れる。

大気圧以上の気体に直流または交流の電界を印加する場合、膨大な中性粒子の存在ゆえに拡散が非常に小さく、雷のように電流が狭い通路に集中し、アーク放

電に至る。電流が集中すると、もはや強い電界を加えなくても中性粒子間の頻繁な衝突によって電離が生じ、アーク（通電経路）は5,000℃以上の高温となる。

このようなアークを抵抗体とみなすと、アーク加熱の原理は抵抗加熱のそれと共通している。高輝度アークからの伝熱は対流が支配的で、それに次いで放射が多く、伝導は無視できるほど小さい。さらに、加熱対象物に通電した際のジュール発熱が加わる場合もある。

2.2 用途

ほとんど高温操作の工業用に限られ、小は2~2000 μ s程度のパルスアークによる放電加工から、100 MVA超の電炉まで広範囲に及ぶ。大電流アークの電圧は、電流に依存せずほぼ一定で、アーク長にほぼ比例する。したがって、電流とアーク長によって大電力を容易に制御できるため、製鋼用が大半を占め、最大の電力消費量を誇る電気加熱方式となっている。

(1) 溶解、精錬

鉄屑溶解の製鋼用アーク炉や溶鋼の取鍋精錬炉（レールドルファーマス）を中心に、高級鋼製造用の真空アーク炉、熔融スラグの抵抗熱で溶解するエレクトロスラグ再溶解炉、銅または銅合金の溶解用に使用する揺動式アーク炉等がある。

(2) 加工、溶接

機械加工の困難な穴あけ、溝加工、表面加工等の微細加工や、最も普及している溶接方法として被膜金属アーク溶接やガスシールドアーク溶接（ティグ溶接、ミグ溶接）等がある。

(3) 熔融、その他

アーク炉を用いた焼却灰、ガラス屑、煉瓦、医療廃