

アーク炉の技術変遷と最新技術紹介

小川 正人（おがわ まさと）大同特殊鋼株式会社 機械事業部 設計部 溶融設備設計室 主任部長

要約 アーク炉を用いた製鋼業が誕生し 100 年以上の時が経過した。これほど長く使われている技術であるにもかかわらず、基本原理、構造は黎明期から大きく変わらない。しかし、性能は操業方法や様々な設備技術革新によって日々向上している。アーク炉は現在、世界の粗鋼生産量の約 3 割を占める設備である。また、鉄スクラップを資源としてリサイクルする製造方法から循環型環境社会形成に向けた SDGs の切り札としてその存在感は増していくと思われる。このアーク炉の進化の歩みを振り返りながら、現在の最新技術として大同特殊鋼（以下、当社という）が開発し 2013 年当初知多工場で生産を開始した世界初の技術である炉体回転式のアーク炉（製品名：STARQ®）を紹介する。

1. はじめに

現在、粗鋼の製造方法は主に転炉製鋼法と電気炉製鋼法の 2 つがある。電気炉製鋼法とはアーク炉で電気エネルギーを高温のアーク熱に変換し原料の溶解を行うものである。具体的には、電源に接続された黒鉛電極と原料の鉄スクラップとの間にアーク放電を起こし、高温のアーク熱によりスクラップを溶解する方法である。この基本的な原理は、アーク炉の登場以来 100 年以上も変わっていない。一方で社会環境はこの 100 年で大きく様変わりしてきている。近年では SDGs（持続可能な開発目標）を掲げる国・企業が増えていることでも分かる通り、環境への配慮は産業活動においても欠かせないものである。そのような社会環境においてアーク炉の重要性はますます高まってきている。それは、転炉製鋼法に比べて二酸化炭素排出量が少ないこと、鉄スクラップを再利用するという循環リサイクル型の製造方法であることが特長のためである。

本稿ではこのような重要設備であるアーク炉に関する技術、操業の変遷を簡単に述べ、その後当社が開発した最新技術、炉体回転式アーク炉（製品名：STARQ®）を紹介する。

2. アーク炉の歴史

フランス人のポール・エルー（P.Heroult）が 1899 年にアーク炉を開発し、日本国内でも 20 世紀に入っ

てすぐにアーク炉を使用した特殊鋼の生産が開始された。これまでの長い歴史のなかで、アーク炉は設備面と操業面の両面で様々な改善がなされ発展してきた。

設備面の大きな進化は何よりも炉容量の大型化が挙げられる。炉容量は 1ton 程度から 100ton を超えるまでに至り、生産性を向上させた。また、それに伴い電源容量も大きくなった。さらに 1960 年代に超高電力操業（UHP 操業）が実用化されると炉容量に対する変圧器容量比は 0.4 MVA/t 程度から 0.5~0.7 MVA/t に増加してきた。この値は現在でも微増傾向にあり、特に海外では生産性を優先して 1.0 MVA/t を上回る炉もある。

炉容量の大型化、高電力化は生産性向上に寄与したが、一方では炉壁や炉内耐火物への熱影響が大きくなり、設備安定性や補修原単位の悪化という面もあった。この問題に対応する技術として炉蓋の水冷化や炉壁耐火物を水冷パネル化する技術が 1960 年代から 1970 年代にかけて進歩した。当時は水蒸気爆発のリスクなどを問題視することもあったようだが、現在では無くてはならない技術となっている。

高電力操業が一般的になり、アーク炉での溶解時間が短縮してくるにつれ、精錬作業が操業時間を律速するようになった。そこで、LF（従来電気炉で行っていた脱硫を行う設備）や RH（溶鋼中の不要ガス成分を真空下で除去する設備）と呼ばれる炉外精錬設備が開発され、アーク炉では溶解作業のみを行い、精錬作業は次工程の LF や RH などで行う分業化が進んだ。そのため、現在、アーク炉は溶解に特化した設備となっている。

1970 年代後半には電気エネルギー以外の代替エネルギーの利用方法が強化された。溶鋼に酸素を吹き込