

(2) STAR法

鉄、クロム、ニッケル等を含むステンレス鋼ダストはその処理が難しいため、その多くは埋め立て処分されてきたが、有価金属を含んでおり、また環境上の問題も大きいことから、効率的な処理技術の開発が望まれてきた。

従来プロセスとしては、例えばロータリーハース炉を用いたINMETCO法があるが、これはクロム酸化物のような難還元性酸化物の還元は難しいという課題があった。

図8.4にSTAR法の基本原理図を示す。STAR法は2段式羽口をもったコークス充填層型竪型炉による熔融還元法であり、クロムやニッケルを含有するダストは酸素富化された熱風とともに上段羽口から吹きこまれ、レースウェイ内で熔融し、熔融した酸化物は上下羽口間の高温・高還元性のコークス充填層を滴下する間に還元され、メタルとしてスラグとともに排出される。上下羽口間の還元反応熱を補償するために、下段羽口から酸素富化した熱風を吹き込む。上下羽口間を高温・高還元性雰囲気維持することで難還元性酸化物を還元できることがSTAR法の特徴であり、得られたメタルはステンレス原料として再利用され、スラグは炉盤材として利用される。

STAR法は、1994年にJFE スチール(株)・東日本製鉄所(旧川崎製鉄(株)千葉製鉄所)で稼動開始した。ダスト中のクロムのメタルへの歩留は約98%である。

上記で触れたプロセス以外にも、1996年に大同特殊鋼(株)・知多工場において稼動開始した電気炉ダスト処理のためのDSM法等もあり、この10年は製鉄所発生ダスト処理のための新しいプロセスの実用化が飛躍的に進んだ期間と言える。環境の世紀と言われる中、今後も環境に調和したより経済的なダスト処理技術の実用化を果たすことが鉄鋼業界の社会的責務である。

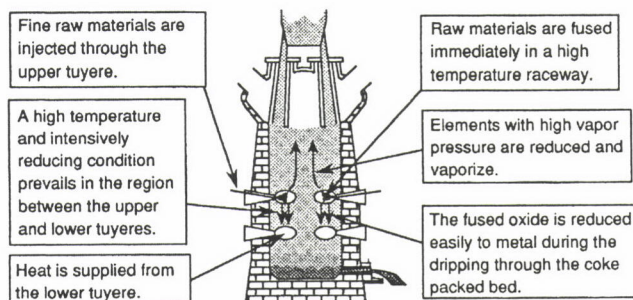


図8.4 STAR法の基本原理図
(CAMP-ISIJ, 10 (1997) -18, Fig.1)

8.1.4 スクラップ利用技術

今日、地球環境負荷の低減、省資源・省エネルギーの観点から、材料のリサイクルの徹底が強く叫ばれている。特に、鉄鋼材料については、国内の鉄蓄積量は12億トンを超え、それに伴ってスクラップの発生量は年間5,000万トンを超えるレベルに達している。さらに2010年にはスクラップの発生量は6,000万トンを超えると推定されている。従って、これらスクラップの発生量・蓄積量の増大に対応し、今後もスクラップを多量にリサイクルしてゆくために、環境に調和した溶解技術とトランプエレメントへの対策技術の進展が求められている。

(1) スクラップ溶解技術

スクラップ供給量の大半を利用している電炉法については、2.6節で詳細を述べる。キューボラについては、熱風キューボラの他に、2段羽口式の冷風キューボラや、プラズマキューボラ等、コークスを使用しないキューボラが開発されている。また最近では、微粉炭や廃プラスチックを利用するキューボラや、原料と燃料の区分け装入と多段送風を組み合わせる安価な細粒コークスを使用する高効率・低コークス比操業を可能とするキューボラが開発が実施されている。また1998年には、国内では初の誘導加熱装置を備えた鉄源溶解機能を持った混鉄炉(IRB)が設置された(図8.5)。これは、溶湯の直接通電加熱のため着熱効率は80%と高く、また常時通電するため一般電気炉と比べると電源設備容量を低く抑えられることが特徴である。

また、環境調和型のスクラップ溶解技術を目指し、1991年から1999年度にかけて通産省の補助のもと新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)および金属系材料研究開発センター(JRCM)が委託を受けて「環境調和型金属系材料再生利用基盤技術」(新製鋼プロセスフォーラム)の研究開発が実施された。このプロジェクトでは、高効率予熱・溶解技

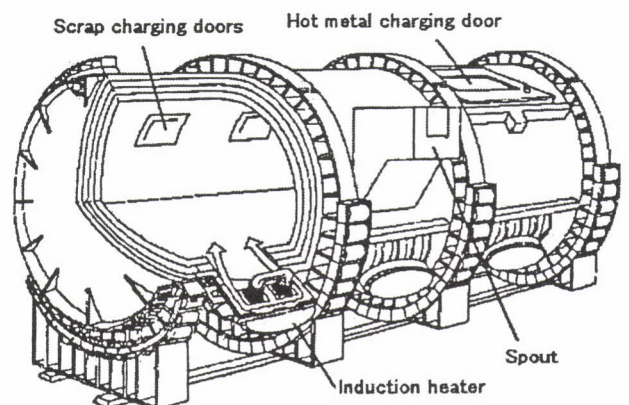


図8.5 IRBプロセス
(鉄鋼便覧第2巻 図42-8-6)

術およびダイオキシン対策などの環境対応を中心に、高効率な鉄浴型溶解技術、シャフト型溶解技術、電気炉型溶解技術の開発が行われている（詳細は2.2節に述べる）。

(2) トランプエレメント対策技術

スクラップをリサイクルしてゆく上での大きな課題として、製錬では除去されにくいトランプエレメントへの対策が挙げられる。特に、Cuは鋼製品の品質に悪影響を及ぼすことから、Cuを含有するスクラップのリサイクルを阻害することになる。このスクラップ中のCuは自動車や家電製品等のモータや電気配線から主に入ると考えられるが、その含有量は、今後増加してゆくことが予想されている。Cu等のトランプエレメント対策としては、製錬による除去、事前分別、材料科学的手法による無害化が挙げられる。過去、製錬による除去や事前分別法の研究開発が行われたが、最近では、材料科学的手法による無害化の研究が進展してきている。

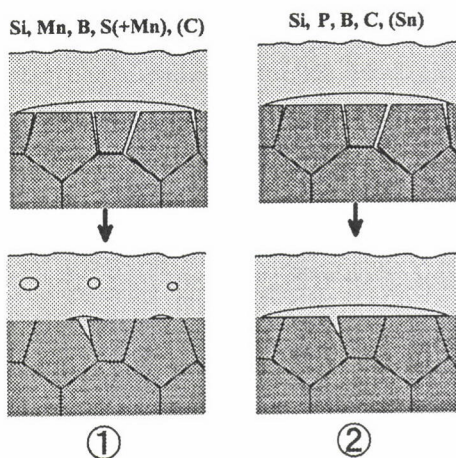


図8.6 Cuによる鋼の表面割れに及ぼす諸元素の影響
(ふえらむ, 7 (2002), 255.)

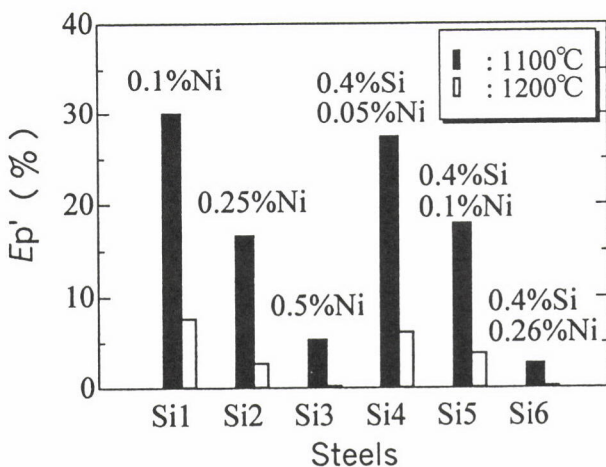


図8.7 E_p' に及ぼすSi, Niの影響 (0.1%C-0.5%Mn-0.5%Cu鋼)
(ふえらむ, 7 (2002), 254.)

鋼中のCu含有量が増加してくると、表面赤熱脆性により、鋼の表面に割れや疵を生じさせる。これは、酸化性雰囲気下での加熱時に生成する表面の酸化層と鋼の間に液相のCu濃縮相が生じ、この液相がオーステナイト結晶粒界に侵入することによって生じると考えられている。この表面赤熱脆性の感受性の評価法として、空気雰囲気下でのグリーブル試験による表面クラックの数・深さを評価する方法や、空気雰囲気とAr雰囲気での引張試験から得られる最大荷重の比で評価する方法などが提案されている。

また、表面赤熱脆性に及ぼす諸元素の影響も明らかになってきている。図8.6は、諸元素の影響を模式的に示したものであるが、Mn、Sは、スケール/地鉄界面のCu濃化相の量を減少させることにより、表面赤熱脆性を抑制する効果がある。P、Cは、Cu濃化相が結晶粒界に侵入しにくくすることによって、表面赤熱脆性を抑制する効果がある。また、Si、Bはこれら両方に効果がある。現在、表面赤熱脆性を抑制する元素としてNiは既に利用されてきているが、高価であることと製錬で除去されにくいことから、他の元素で置き換えることが期待される。図8.7に、Ni単独添加とSi-Ni複合添加の場合の表面割れ感受性指数(E_p')に及ぼす影響を示すが、0.4%のSi添加により、Ni添加量を半減できることが明らかになっている。

また、表面赤熱脆性におよぼす雰囲気の影響も研究されている。空気、乾燥空気、アルゴンガス等の雰囲気ガスの表面赤熱脆性に及ぼす影響が調べられ、空気と乾燥空気の差が非常に大きいことが報告されている。

今後は、これらトランプエレメントの無害化技術と事前分別・除去や圧延技術等との組み合わせにより、スクラップのリサイクル拡大が図られてゆくと思われる。

8.2 地球温暖化対策と循環型社会への対応

8.2.1 鉄鋼業の役割

(1) 循環型社会における鉄鋼業の貢献

はじめに、平成13年より毎年発刊されている循環型社会白書の平成16年度版から、我が国のマテリアルフロー（平成13年度実績値）を図8.8に転載する。資源が2,138百万トン投入され、そのうち1,124百万トンが蓄積純増となり、エネルギーや食料としての消費分が528百万トン、輸出が123百万トン、廃棄物等の発生量が588百万トンとなっている。また、廃棄物等の発生量のうち約3分の1である212百万トンが循環利用されている。

平成15年3月14日に策定された循環型社会形成推進基本計画において、物質フロー指標に関する3つの目標が掲げら