

し、25分以下の準備時間が達成されている。

3.4.3 耐火物における最近の進歩

(1) 耐火物の施工・補修における機械化、自動化

最近の主な一貫製鉄所の製鋼工程（溶銑搬送から連铸まで）における耐火物原単位はおよそ10 kg/t前後であり、この10年間に30%程度の低減が図られている。また施工の省力、機械化を目的として、不定形耐火物の使用量が増加してきており、鉄鋼向け耐火物のおよそ50%が不定形耐火物で占められるようになってきている。中でもキャストブルの使用量が大きく増加しているが、これは低セメントキャストブルの開発に負うところが大きい。

Fig. 3.37 に主要一貫製鉄所の取鍋耐火物の原単位ならびに不定形耐火物の使用比率の推移を示す。ジルコン質キャストブルを用いた取鍋の流し込み施工は1980年頃にすでに実用化されていたが、取鍋における2次精錬の増加による操業条件の苛酷化などのために広く普及するに至らなかった。アルミナ・スピネル質キャストブルが開発されたことによって、取鍋の不定形化が急速に普及していった。最近では側壁のみならず敷部にも流し込み施工が行われており、不定形化

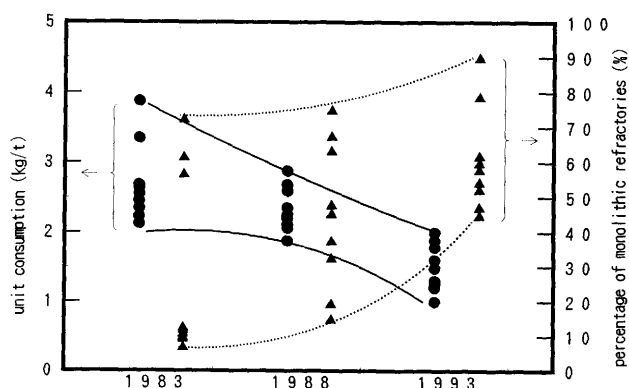


Fig. 3.37. Changes of refractories unit consumption (●) and percentage of monolithic refractories (▲) for steel ladles in the major steel works from 1983 to 1993.

比率は50%をこえるところまできている。一部の製鉄所ではスラグラインへの施工も実施しており不定形化比率が90%に達している。製鉄所によって若干の差があるが平均的には、流し込み施工はれんが施工に比べて、耐火物コストで20~30%、施工工数で30~40%の低減効果が得られている。今後、MgO-Cれんがに匹敵するキャストブル、あるいは継ぎ足し補修技術、などの開発が進めばいっそうの施工の省力とコスト低減に寄与するものと思われる。

タンディッシュ本体の各製鉄所平均の不定形化率はおおよそ60%前後となっている。永久張りれんがを除いて、内張りはすべてキャストブルの流し込み施工とし、不定形化率が90%に近い工場もある。

タンディッシュの断熱ボードあるいは鍍塗りコーティング材の施工は、自動吹き付け機の開発によって施工の自動化と同時に作業環境の改善も図られた。このほか、スライディングノズル交換作業の自動機器なども積極的に取り入れられてきている。

不定形耐火物による施工を、混銑車、転炉などにも拡大していく試みがなされているが、実用化レベルには至っておらず、まだ当分の間はれんが施工が主流でありつづけると思われる。転炉においては、寿命向上のために長尺の大型れんがが使用されており、これに伴ってバランスなどを用いたれんが積み付け機が導入されてきている。また、れんがの搬入から積み付けまでの一連の作業を自動化した設備も開発されている。この設備においては、れんがは事前に積み付ける順番にパレットに組み込んでおく。炉内の築炉ロボットは積込み位置を自己演算する動作制御機能を有しており、築炉工が施工するのと同程度の築炉精度が可能と報告されている。

耐火物の補修で一般的に行われている方法は湿式の吹き付け施工法であり、自走式の吹き付け機あるいは自動吹き付け機が開発されている。熱間吹き付け補修の際には、添加水分量の微妙な調整が必要であるが、れんが表面温度を測定し最適な水分量を自動的に調整することによって補修作業を自動

Table 3.1. Summary of refractories diagnosis methods applied for each equipment.

Method	Equipment						
	B.F. trough	Torpedo	Charging ladle	BOF	Teeming ladle	RH, DH degasser	Tundish
Thermo-couple	○						
Fine multi-sensor	○			○			
Optical fiber	○						
Infrared thermometer		○					
Laser profile meter		○	○	○	○	○	
Micro-wave profile meter				○			
Electro-magnetic sensor					○		
ITV camera		○				○	
Observation by eye	○		○	○	○		○

化し、経験と勘に頼っている作業を解消しようとする取り組みもなされている。

溶射補修は湿式の吹き付けに比較して、信頼性の高い熱間補修法であり、脱ガス炉の補修などに利用されてきている。最近では2~3 t/hの大容量の設備が実用化され、転炉、取鍋などの補修にも適用されている。

不定形耐火物による施工の機械化は現在は溶銑鍋、取鍋、タンディッシュなどに留まっているが、今後、混銑車、脱ガス炉などにも適用できる材料の開発が進めば、さらに機械化が進むものと考えられる。また、機械化をさらに進めて自動化に近づけていくためには、フリーフロータイプのキャストブルなどの新しい機能を持った材料と施工機器の組み合わせた技術の開発が望まれる。

(2) 耐火物の診断、計測技術

稼働中の耐火物の診断・計測の方法として、温度測定から推定する方法、レーザー光、電磁波などを利用したプロフィール計測、ITVカメラで炉内観察する方法などが利用されている。Table 3.1に各設備ごとにどのような手段によって耐火物の診断が行われているかを示す。

混銑車については、赤外線カメラによって鉄皮温度を監視し、ホットスポットの発見と終点判定に利用されている。また、ITVカメラで混銑車内部を観察する方法も利用されている。混銑車用のレーザープロフィールメーターを開発する試みがなされているが、実用化にはまだいくつかの問題が残されているようである。ITVカメラは混銑車、RHなど目視観察の困難な設備に利用されており、定量的な診断はむずかし

いが、簡便で異常の有無の監視に有効な手段である。

転炉には、レーザー光を用いたプロフィールメーターが広く利用されている。最近では測定操作の自動化、解析ソフトウェアの充実などによって、使いやすい設備になってきている。取鍋の診断に適用できるソフトウェアも開発されている。

取鍋耐火物の診断方法として、高周波を用いた残存厚み診断技術が実用化されている。この装置の原理は、耐火物表面に高周波の送波コイルと受波コイルを配置し、高周波電流を送波コイルにかけると鉄皮からの距離に応じて渦電流が誘起される。それを受波コイルで検出し、その出力値から耐火物の厚みを求める、というものである。この方法の特徴は、耐火物の厚みと同時に耐火物背面に侵入している地金についても、その面積、深さなどが検出可能な点である。

温度測定による診断は簡便な方法としていろいろなところに利用されているが、耐火物中に埋め込んだ光ファイバーのラマン散乱現象を利用して耐火物の診断を行う試みもなされている。

これまでに種々の耐火物診断技術の適用、開発が進められてきているが本当に満足できるものはまだ少ない。多くの場合は、機器による診断と目視観察あるいは経験との組み合わせに頼っているのが現状である。また、診断、補修にかなりの時間と人手を要している。連続的かつ自動的に耐火物の診断を行い、その結果に基づいて自動的に補修が行える技術に向けて取り組んでいく必要がある。

3.5 環境問題に応える製鋼技術

3.5.1 序—リサイクルの促進とスクラップ

人間活動の増大と開発途上国の成長により、全世界のエネルギー総使用量が増大し、大気中へ放出される、NO_x、SO_x、CO₂の総量が地球規模で問題になっている。国内においては廃車の放置およびシュレッターダスト・スラグによる土壌汚染などが問題になっており、政府はこれら国内外の問題に適切に応えるべく、Table 3.2に示すようにリサイクルおよび環境に関する法律を整備してきている。

特に1991年10月に施行されたいわゆるリサイクル法(再資源化促進法)においては、自動車・家電製品・缶などは製品として、あるいは鉄鋼スラグはその副産物としてリサイクルされるべきものであることが明記された。

これらの法を踏まえて、通産省・新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)・地球環境産業技術研究機構(RITE)・金属系材料研究開発センター(JRCM)の連携下で、仏のUsinor-Sacilor(US)および国内製鉄メーカー12社が共同して、「環境調和型金属系材料回生利用基盤技術」(新製鋼プロセスフォーラム)を平成3年から8カ年計画(予算総額100億円)で進めている。鉄源としてスクラップを回生するには、Cuなどによる不純物汚染の防止が今後は大切な技術となるため、効率的予熱・溶解技術にとどまらない新プロセスの構築が意図されている。このプロジェクトは、鉄スクラップの国内蓄積が10億tに達し、年間排出量も4,000万tにもなる現在の日本において、鉄造りと環境対策の両面において極めて重要である。この新製鋼法の開発に関連して、二つの研

Table 3.2. Enactment of laws for materials recycling.

1991 October	Law for promotion of utilization of recyclable resources
1992 July	Wastes disposal and public cleansing law (Amendment)
1993 June	Law concerning rational use of energy and recyclable resources
1993 November	Basic law for environments