

溶鉄の脱炭反応の観察

Observations of Decarburization of Liquid Metal

館 充*・山村 武*・中村 正宣*

Mitsuru TATE, Takeshi YAMAMURA and Masanobu NAKAMURA

1. 基本的な考え方

実験室の研究でも実転炉による測定でも、脱炭反応について、次の事実が知られている。

(i) ある臨界〔C〕% までは酸素供給律速、それ以下では C の拡散律速と考えられる。

(ii) この臨界〔C〕% は状況によって変る。

しかし、次のような問題点がある。

(i) 酸素供給律速とは何を意味するのか、酸素の自由表面への反応吸収速度律速（ガス側拡散律速、自由表面反応律速、または混合律速）なのか、酸素の反応界面への拡散律速なのか。

(ii) 臨界〔C〕% の変化の依存する条件は何か、を明らかにする必要がある。

2. 実験

マグネシアでスタンプした高周波溶解炉（30kc・10KVA、内径 80φ）に、電解鉄 3kg—活性炭約 150g を添加して加炭—を溶解し、O₂-N₂ 混合ガスを吹きつけた。図 1 は装置概略図である。開放型と密閉型の両者で実験を行ない、密閉型については、赤外分析計により、CO、CO₂ の連続ガス分析を行なった。メタル・サンプルは適時石英管で吸い上げた。

3. 結果と考察

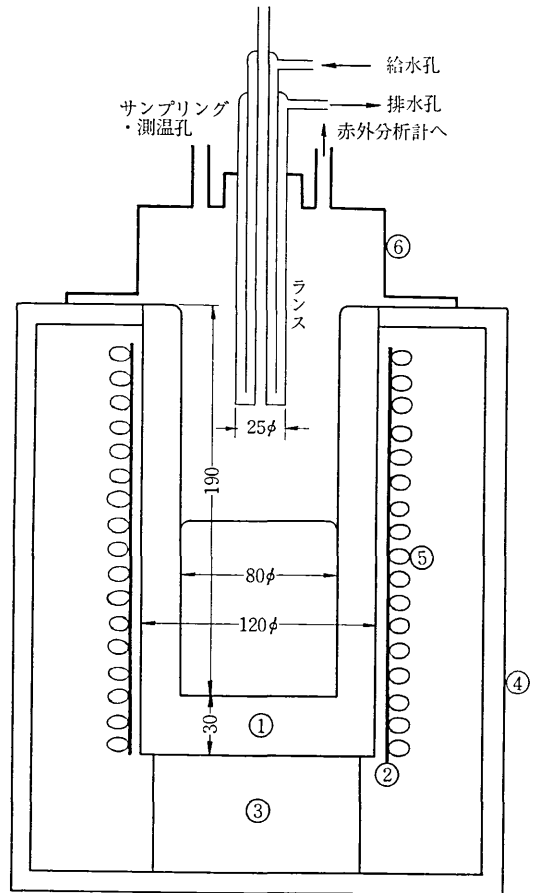
開放型における実験は、(a) 流量を一定にして酸素分圧を変える、(b) 酸素分圧を一定にして流量を変える、(c) 送酸量を一定にする、の条件で行なった。ただし浴温 1650°C、ランス高さ 60mm、ランス・ノズル径 8φ の条件は変わらない。結果を図 2～4 に示す。初期〔C〕% が一定していないので比較に困難を伴うが、図からわかることは、

(i) 脱炭初期に潜伏期ともいうべき時期（以下潜伏期という）がみられる。

(ii) それが過ぎると、いわゆる酸素供給律速期、続いて、臨界〔C〕% 以下になると、拡散律速期がみられる。

図 2 には肉眼観察の結果も合わせて記してある。一般に、1 回の吹錬で起こる現象の推移は、酸素分圧・流量の条件により多少異なるが、次の 4 期に分けられる。

(i) 平静な反応期または線香火花期。この第 1 期だけが実験条件によりかなり異なる。酸素分圧・流量が小



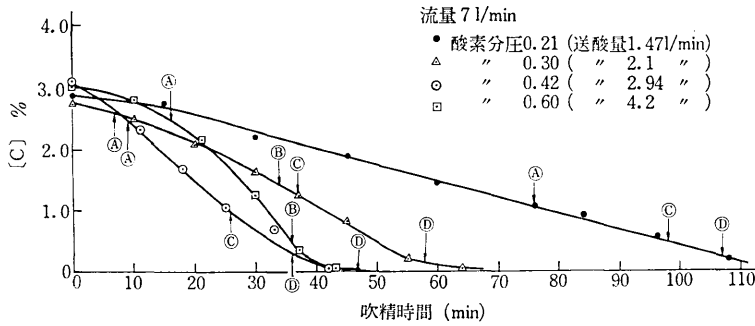
① マグネシア坩堝 ④ スレート
② マイカ板 ⑤ 高周波コイル
③ 耐火煉瓦 ⑥ 真ちゅうの蓋

図 1 装置概略図

さい場合、浴面は平静で、浴面近くの薄いフレーム（発生した CO ガスが燃焼している）と、炉頂から立ち昇る非常に薄い煙（ダスト）が見られるだけで、火点もそれと判別しにくい。酸素分圧が低くても、流量を増すと、微細で量も非常に少ないが、線香火花様火花が出る傾向がある。酸素分圧を増すと、流量にかかわらず、ダストが濃密でかなり黒い煙を排出し、吹錬初期から酸素分圧に大体比例した量の線香火花様の火花が噴出する。

(ii) spitting 期。次に spitting が激しく起こる領域

* 東京大学生産技術研究所 第 4 部



A: spitting 開始, B: bubbling 開始, C: boiling 開始, D: 白泥化

図 2 [C] % の時間変化 (酸素分圧を変える)

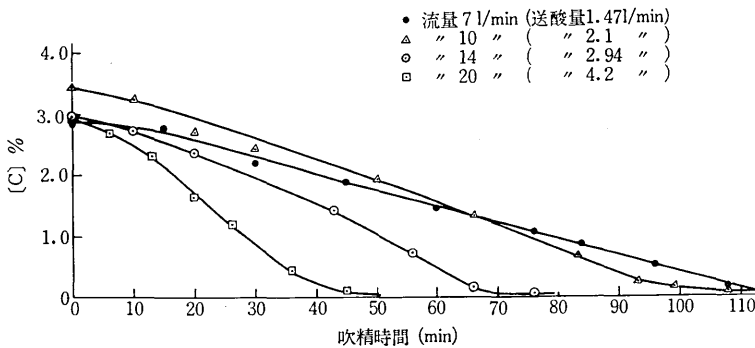


図 3 [C] % の時間変化 (流量を変える)

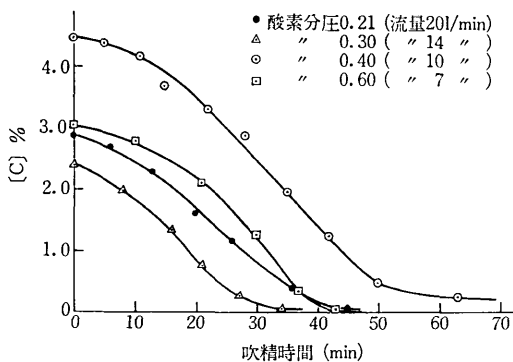


図 4 [C] % の時間変化 (送酸量 4.2 l/min 一定)

がある。白い微小粒が吹き上がる時、浴面は鳥肌立ったように見える。白い粒は徐々に大きくなり、そして、さらには火点部にランス・ノズル径より少し大き目の円い白膜が定着するようになる。なおフレームは大体この spitting 期の前後から顕著になることが多い。

(iii) boiling 期. spitting がまだ激しく起こり、spit が大粒になる頃に、浴の bubbling あるいは boiling が併発する。この時 spitting は段々弱まるが、boiling が終るまで弱い spitting は続く。この間浴面の白濁化、白泥化が進行する。

(iv) 終期. boiling が静まると間もなく、高く昇つ

ていたフレームが落ち、浴面は一旦ほとんど清浄になり、そして、火点部に微細な酸化鉄の粒らしきものが生成し、周辺部へゆっくり拡散して行って蓄積し、それが中央部を攻めるように増加してきて、やがて全面が粘稠なスラグで覆われてしまう。

以上の事実を総括すれば次のとおりである。

(i) 脱炭反応は初期は専ら自由表面で進行するが、後漸時浴内でも (ただし浴内は気泡の表面で) 進行するようになるものと思われる。

(ii) 表面反応から浴内反応併発状態への移行の時期は送酸条件によって異なり、一般に送酸速度の大きい場合ほど早くなる傾向がある。

(iii) 表面反応から浴内反応への移行につれて脱炭速度は大きくなり、大気泡発生を伴う boiling 状態において最大になるようである。

(iv) 酸化皮膜 (様の物質) が比較的早期 (高炭素域) から出没する。

したがって、次のように考えることができる。

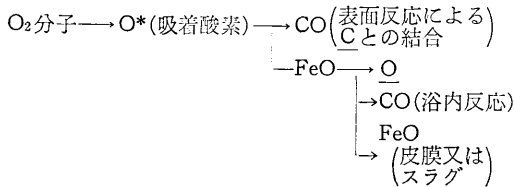
(i) 潜伏期は表面反応期に相当する。

(ii) 酸素供給律速状態は、酸素のガス相内移動速度だけでなく、表面反応から浴内反応への移行に伴う反応面の拡大、および浴内での酸素の移動速度によっても規定される状態である。

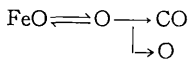
研究速報

(iii) 酸化皮膜は早期から形成される可能性があるが、その存在が顕著になるか否かは、酸化物の生成速度と消滅速度との相対的關係によって決まる。消滅速度は脱炭速度に大きく左右される。

また酸素の挙動について次の仮説が考えられる。



ここで浴内脱炭については、



のように考えることもできる。

潜伏期と酸素供給律速期については、

$$-d[C]/dt = \eta W P_{O_2} / 22400 V \dots\dots\dots (1)$$

であらわされ、両者の違いは η にあらわれる。拡散律速期については、

$$-d[C]/dt = Ak[C]/V \dots\dots\dots (2)$$

であらわせる。

密閉型における連続ガス分析の結果を、図 5, 6 に示す。実験条件は、流量 10l/min, 酸素分圧 0.21, ランス高さ 60mm, ランス・ノズル径 2φ である。脱炭速度は、

$$-d[C]/dt = N(P_{CO} + P_{CO_2}) \dots\dots\dots (3)$$

を使って求め、またそれを積分して残余 [C] % を求め

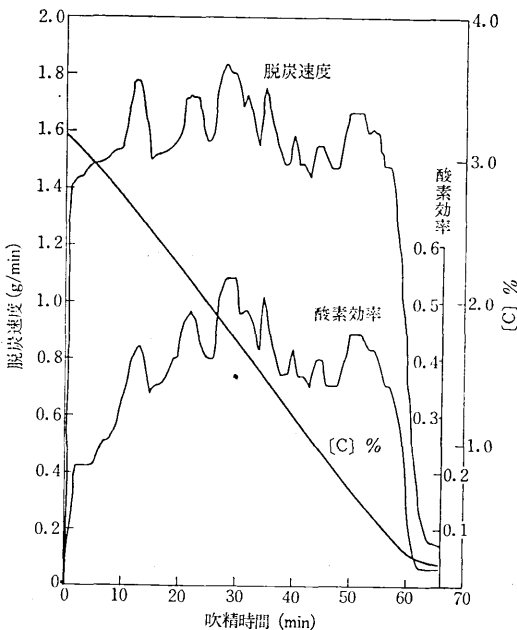


図 5 密閉型装置による脱炭速度, [C]%, 酸素効率の時間変化

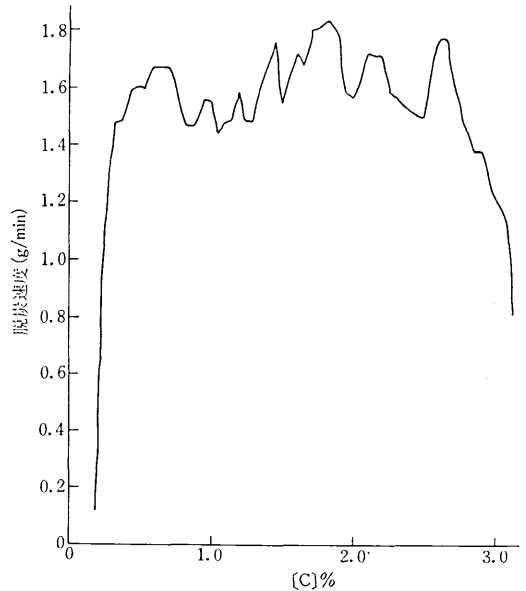


図 6 脱炭速度-[C] % の関係 (密閉型による)

た。図 5 において、酸素供給律速期には脱炭速度は一定ではなく、変動する。これは、大気泡発生と関係があるのではないだろうか。連続ガス分析結果から酸素効率を計算すると、潜伏期に相当するところで 0.2~0.3, 酸素供給律速期で 0.4~0.5, 拡散律速期で一桁オーダーが小さくなるのがわかった。

4. 今後の展望

今後、3で仮説的に述べたことを定量的に確かめるため以下の点に注意して実験を行いたい。

- (i) 初期 [C] % を一定にする。
- (ii) 温度コントロールが難しいが、できるだけ一定に保持する。

又、本実験では、浴攪拌について完全混合とみなしうるか問題がある。そのため高周波の誘導攪拌の影響を調べる必要がある。ソフト・ブローとハード・ブローの違いも調べる必要がある。

計算は、生研 FACOM 270/30 を使用した。開放型における実験は、草野祥昌氏 (現新日鉄) の協力を得た。謝意を表します。

(1970年8月25日受理)

記号説明

- A: C の酸化反応が起る面積 (cm²)
- [C]: 炭素濃度 (mole/cm³)
- k: C の物質移動係数 (cm/min)
- N: 排ガスモル数 (mole/min)
- P_{O₂}, P_{CO}, P_{CO₂}: O₂, CO, CO₂ の分圧
- t: 時間 (min)
- V: 浴体積 (cm³)
- W: 流量 (cm³/min)
- η : 酸素効率