

誌上討論

「水素-アルゴンプラズマによる鉄および鉄クロム合金の脱炭および脱窒」  
に対する討論

金子恭二郎, 佐野信雄, 松下幸雄: 鉄と鋼, 62 (1976) 1, p. 43~52

討論者 稲田 爽一\*, 渡辺 哲弥\*

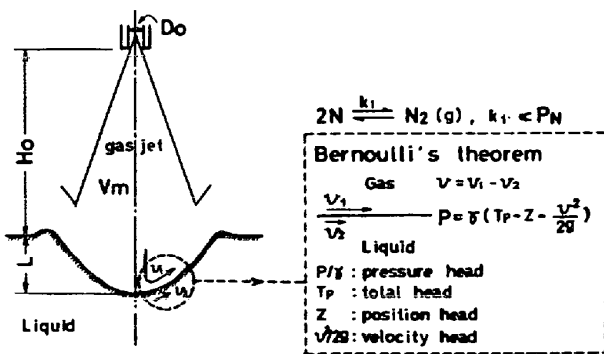
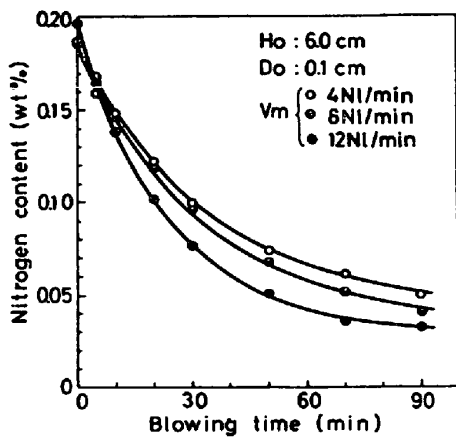
〔討論〕

(1) ガス・ジェットによる気液反応効率に関して

プラズマ・ジェットの場合ジェットの運動量はガス・ジェットのガス成分によりいちじるしく変化するのである。本論文の場合ジェットの酸素分圧が広範囲に変化されてより、酸素分圧の増加によるイオン流速の増大にもとづくジェット・エネルギーの変動はたとえランス・流量条件が同一であつても無視できないと考えられる。

著者らのガス・ジェットによる気液反応効率に関する NaOH 溶液-CO<sub>2</sub> ジェットのモデル実験によれば<sup>1)</sup>, 見かけの物質移動係数  $Ak'_L$  はガス・ジェットの運動量  $M_j$  との相関で次式で示される。

$$Ak'_L = \alpha \cdot M_j (H+L)^{-1} \dots\dots\dots (1)$$



Denitrifying curves of molten stainless iron by argon gas jet with various flow rates and proposed denitrifying model by gas jet.

但し,  $H$ : ランス液間距離

$L$ : クレーター深さ

この図は 18-8 ステンレス鋼浴に純 Ar ジェットをふきつけた場合の脱窒挙動を示したもので(鋼浴量: 7 kg, O: 100±10ppm), 同一ランス条件でガス流量  $V_m$  だけを変化させた。これから明らかなごとく, ガス流量の増加は脱窒速度に影響を及ぼしている。この結果は浴面のジェットは気液界面を攪乱し気液界面の化学反応速度<sup>2)</sup>に影響をあたえていることを示している。プラズマの場合, ジェット運動量は高温と原子状水素の高いイオン流速によりきわめて増大してより脱窒効果に対するジェットの運動量の効果は極めて大きい。ガス・ジェットによるこのような効果は定性的に Bernoulli の定理からジェットの運動量の増加がガス側粘性流のガス流速を増大し気液界面圧力を減少し, 界面化学反応速度に影響をあたえていると考えることができる。以上の観点から著者らは本研究の場合プラズマ・ジェットによる運動・熱エネルギーへの効果を考慮して製鋼反応機構を考慮すべきと考える。

(2) ガス・ジェット-溶液反応における反応界面積の評価

本研究の場合の反応効率を評価するとき界面積の評価は極めて重要である。ジェットによる気液反応系の反応界面積評価はジェットの運動量と相関して考察されるべきと考える。例へば LD 転炉のような hard blow のジェット領域では界面積は溶液への気泡導入, スプラッシュを含めてみつもらねばならない。真空脱炭のような soft blow のジェット領域では界面積は cavity 部分とジェットの運動量により表面更新が行なわれる自由界面に限定される<sup>1)</sup>。本研究は森ら<sup>3)</sup>の定義した見掛けの物質移動係数  $k^*$  を引用して考察しているが森らの研究領域は気泡界面へ気泡導入, スプラッシュの発生のある領域である。本研究の領域は soft blow の領域であり森らの結果と符合しない理由は両者のジェット領域の相違と思われる。

文 献

- 1) 稲田, 渡辺: 鉄と鋼, 投稿中
- 2) 萬谷, 篠原, 戸崎, 不破: 鉄と鋼, 60(1974) p. 1443~1453
- 3) 松島, 森: 鉄と鋼, 57(1971), p. 1636~1644

\* 日本冶金工業(株)技術部

## 〔解答〕\*

(1) プラズマ・ジェット運動量について(詳細は鉄と鋼に投稿予定)

荷電粒子の運動の式<sup>1)2)</sup>を用いて磁気ピンチ効果を生じているアルゴンのプラズマ・ジェットの性質を計算によつて推定すれば、ジェット方向 $x$ に垂直な平面の半径方向 $r$ をパラメータとした磁場 $H$ 、電子密度 $n/n_0$  ( $n_0$ は $r=0$ の電子密度)、および $x$ 方向の電子速度 $(u)_e$ はFig. のようになる。得られた計算結果に熱ピンチ効果も考慮に入れながらトーチのノズル径からプラズマ柱の半径を0.3cmとすれば、電場8V/cmの条件下では、電流350Aと計算され、実際とよく一致する。なお、計算では $T=11000\text{K}$ 、 $n_0=3.7 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ <sup>3)</sup>を用いた。つ

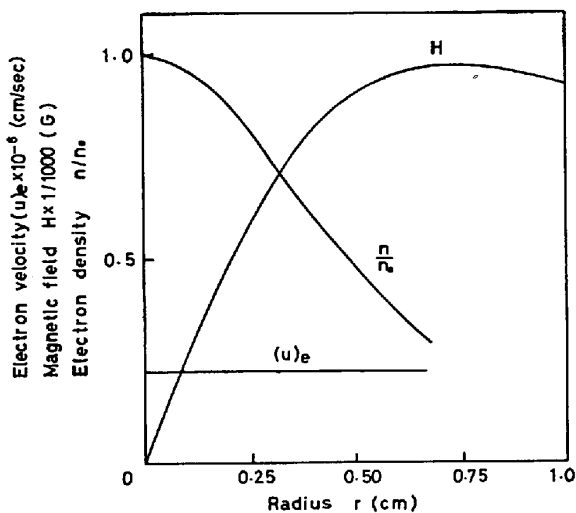


Figure The magnetic field  $H$ , the electron density  $n/n_0$  and the electron velocity  $(u)_e$  as a function of radius  $r$ .  $T=11000\text{K}$ ,  $n_0=3.7 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ .

\* 金子恭二郎, 佐野信雄, 松下信雄

ぎに、ジェットの運動量と浴面のくぼみ深さの関係については松島および森<sup>4)</sup>が紹介している。彼等によればジェット軸上の流速の減衰がなくジェットが円筒状に浴面に衝突したときのくぼみ深さは次式のようになる。

$$L/d = \sqrt{Ar} : Ar = \rho U_0 / (\rho_m - \rho) g d$$

$L$ : くぼみ深さ,  $d$ : ジェット径,  $\rho$  および  $\rho_m$ : ガスおよびメタル密度,  $U_0$ : ガス流速,  $g$ : 重力加速度。まず、プラズマ中の電子流による $L$ について求めると、 $\rho=2.5 \times 10^{-12} \text{g/cm}^3$  および  $(u)_e=2.2 \times 10^5 \text{cm/sec}$  から  $L=4 \times 10^{-3} \text{cm}$  になる。つぎに、原子およびイオン流による $L$ は、ガスの温度上昇(300→10000K)による体積増加を考慮して8l/min(300K)から $U_0=9 \times 10^3 \text{cm/sec}$  および  $\rho=3.5 \times 10^{-5} \text{g/cm}^3$  を用いて、 $L=0.6 \text{cm}$  が得られる。これは観察される $L=0.5 \text{cm}$  とよく一致し、プラズマ・ジェットの運動量の増大は電子速度によるものでなく、温度上昇にともなう体積膨張によるものと考えられる。

## (2) 反応速度の評価について

本文でも述べたように、反応界面積をジェット直下部に限定して最小に見積つて松島ら<sup>4)</sup>の $k^*$ から求めた反応速度の計算値は本系の実測値よりも大きくなった。これは、指摘されたように、松島らの結果の適用範囲よりも実際はsoft blowであるために浴鉄の攪拌程度が低いことによる結果であると十分に考えられる。

## 文 献

- 1) L. TONKS: Phys. Rev., 56 (1939), p. 360
- 2) M. BLACKMAN: Proc. Phys. Soc., B64 (1951), p. 1039
- 3) K. S. DRELLISHAK, C. F. KNOPP, and A. B. GAMBEL: Phys. Fluids, 6 (1963), p. 1280
- 4) 松島, 森: 鉄と鋼, 57 (1971), p.1636