

万一破損した場合炉内浸水を多くする問題もあり、最適流速の決定、破損検知や予知の技術開発など今後研究すべきことは多いと述べた。

II. 溶鋼の真空脱ガス—操業と材質

新日本製鉄(株)製品技術研究所 工博

座長 渡辺省三

新日本製鉄(株)広畑製鉄所 工博

副座長 浅野鋼一

討 4 DH脱ガス処理による清浄鋼の製造について

梶井らはDH脱ガス処理において、その脱酸のタイプと非金属介在物の分離性について調査した。試験脱酸のタイプは

- (1) オープンセミキルドタイプ
- (2) オープンキルドタイプ
- (3) 完全キルドタイプ
- (4) ハーフキルドタイプ

(それぞれの方法は本論文参照のこと)

である。これらの諸脱酸法を非金属介在物の種類と量の観点から追跡した。その結果、DH脱ガス処理において炭素脱酸と強制脱酸を組み合わせることで、酸素量、介在物組成をコントロールすることが可能となることがわかった。それゆえ、成品に応じて、最適な真空脱ガス処理のパターンを選ぶことが重要であると結論している。

これに対して、伊藤は、一般的には、完全キルドにする方が全酸素含有量は低い値に到達するはずであるとしながらも取鍋、耐火物もしくは、スラグ中の SiO_2 が溶鋼中のアルミニウムによつて還元される可能性を指摘し、この場合、溶鋼中の全酸素量が増加しうるかとの質問を提出した。これに対し、梶井らは、本試験においては、溶鋼残存 Sol-Al 量が少なく、前記の可能性はないが、Sol-Al の高い他のチャージについては、Sol-Al によつてスラグならびに取鍋レンガが還元され、シリコンが溶鋼中に増加してくるが、しかし、この場合の反応は溶鋼-耐火物もしくは溶鋼-スラグの界面において、還元反応が起こるものであり、生成した Al_2O_3 は、これらの界面で生成したのち、耐火物表面に付着するか、もしくは、スラグ層に移動するので溶鋼中へ Al_2O_3 が増加することはないと考えると答えた。有馬は脱ガス処理中の再酸化が完全キルドタイプの場合、脱ガス後半の溶鋼中酸素値が他の脱酸パターンの場合にくらべてバラツキが大きく、かつ、とくに完全キルド鋼の場合にのみ酸素の再上昇の傾向があることに疑問をもち、この原因を質した。これに対し、梶井は、このように完全脱酸キルドチャージの中でも再酸化現象が生じるのは、シリコン、マンガンが低いか、またはシリコンのほとんどない鋼種にのみ起こり、この場合のスラグの酸素ポテンシャルは、シリコンマンガンが十分に存在する Half-killed の場合のスラグ酸素ポテンシャルよりも高く、溶鋼の再酸化現象はもつぱらスラグの酸素ポテンシャルによるものと説明付けている。梶岡はアルミニウム脱酸前の全酸素量 = 50ppm で脱酸速度定数 k が Zero になっている現象について、再酸化速度と介在物離の浮上分離速度とが動的平衡になっているためと解釈したが、梶井はこれらに加えて速度論的因子としては、気泡発生圧のほか、高炭素低酸素領域で

は耐火物の炭素による解離を、また、低炭素、高酸素領域では気泡表面への酸素の吸着による現象を考慮しなければならないとされている。脱酸の方法によつてその最終溶鋼組成が同一でも生成する非金属介在物に差が生ずるということについて、丸川は、介在物の組成は主として溶鋼の Sol-Al によつて、ほぼ一義的に定まるものであると主張したが、梶井はこれに対し、取鍋に十分なアルミニウムを使用する場合に生成する介在物はほとんどが Al_2O_3 であり、初期の脱酸をシリコン、マンガンで行ない、介在物を $\text{MnO-Al}_2\text{O}_3\text{-Silicate}$ にし、DH処理後期に、Sol-Al 調整用のアルミニウムを添加した場合にはこれによる介在物組成の変化は遅れ、 Al_2O_3 系の介在物は比較的少なく、未平衡状態の介在物も多く存在するとして、反論したが、江見らは、脱ガス終了時の介在物組成としては、基本的には丸川の考えを支持し、Sol-Al 含有量が 0.010% 以上においてはもつぱら、 Al_2O_3 が生成すると論じており、もし、Sol-Al 含有量が 0.010% 以上の場合でも、鋼塊中に $\text{MnO-Al}_2\text{O}_3\text{-Silicate}$ 系介在物が生ずるのは、造塊時の空酸化などの違いによるものであると主張した。

討 5 RH真空脱ガス法における脱酸処理法の実用非金属介在物ならびに鋼材材質に及ぼす影響について(有馬他)

RH真空脱ガス法において、非金属介在物を効果的に低減する方法を見出すために、脱ガス処理過程における脱酸剤の添加時期、種類、量などの変化とそれらの非金属介在物の挙動に及ぼす影響について調査した。

その結果、出鋼時の添加物をマンガンのみにとどめ、シリコン、アルミニウムを脱ガス時に少量ずつ添加した方法が鋼材特性のうち低温における吸収エネルギーおよび曲げ性を向上する結果が得られた。この方法においては、溶鋼内における 200μ 以上の超大型介在物がほとんど見い出されず、また、凝固後の鋼塊表面層における介在物量が少ないことは衝撃値や曲げ性の向上につながるものであると結論付けている。さて、江見、垣生、ならびに中西は、この報告に対し、溶鋼汲取試料ならびに鋼塊から検出された非金属介在物が、通常であれば 25μ 以上のものはほとんど見い出されないはずであり、本報告においてはそれ以上のものが、多いようであり、介在物の生成起源が造塊工程にあるのではなからうかと質した。有馬は、これに関し、顕微鏡観察による場合には、高々直径 40μ 程度の介在物が検出されるにとどまり、これ以上の大型の介在物の調査にはスライム法が適しているため、本研究にはこの手法を用いたと説明した。すなわち、顕微鏡観察による場合と、スライム法による場合では、前者は数 10μ のもの、後者は数 10μ 以上の介在物に対しての調査手段であり、この相違により検出粒径が異なるのは当然であるとの回答をした。江見、垣生ならびに中西らは、オープンヒート法が注入後の鋳型内において 250μ 以上の超大型介在物量が少ないが、 $100\sim 250\mu$ の介在物が多いにもかかわらず、凝固後のこの鋼塊の介在物量は、他の方法よりも表面層の介在物量が少ない点に関して、その原因を質した。これについて有馬は、オープンヒート法においては、真空脱ガス法の最終段階において、アルミニウムを添加するため、溶鋼

中の酸化物はアルミニウムを添加後、時間の経過につれて、球状介在物から非球状介在物もしくは、アルミナ系の微細介在物に変質していく過程にあり、とくに凝固現象時の固層と液層との界面での酸化物の変質は、顕著に起こるものであることを、その介在物の組織ならびに組成を示しながら、指摘された現象を説明付けた。

また、坂田は、DH真空脱ガス処理において、脱酸剤の添加時期を変えた実験結果を用いて、鋼種もしくは、その用途に応じて、最適脱酸法が、種々変わるものであろうとのコメントを与えた。

討 6 DH吸上脱ガス法の効果について (丸川他)

丸川らは、DH吸上脱ガス処理時の、諸成分、温度に関する基礎データを示して、真空脱ガス処理の効果を説明し、製鋼作業への利用の実例を示した。真空脱ガスの効果は

- (1) 脱炭および脱酸
- (2) 脱水素
- (3) 脱窒素
- (4) 成分調整および温度調整

に整理され、これらのそれぞれの効果は、鋼種、循環係数、脱酸の程度によつて異なる。DH処理材の鋼片疵の発生状況は、DH処理をしない場合のそれよりも大幅に改善され、かつ、アルミニウム添加量が多いほど疵発生の程度は軽減されると報告し、鋼中に検出される介在物の種類は、もつばら、鋼中の Sol-Al 含有量によつて定まるものであり、脱酸の方法、すなわち、脱酸剤の添加の順序およびその時期には依存しないと報告したが、この点は、前述の梶井らや有馬らの報告とは、異なるものであった。この報告に対し、梶岡は、窒素の平衡値は 40~60ppm の間にあり、これは窒素分圧 5~10 mmHg の平衡値に対応する。この値は実際の真空度と大幅に異なっており、この理由を質した。これに対し、丸川は、窒素が DH 処理によつて低下しえない理由として、DH 処理時の合金添加時、合金ホッパー内を窒素ガスで置換し、その後合金投入を行なっているが、この時点で槽内の圧力は 0.1 atm くらいまで上昇する。これにより、窒素が鋼中に吸収されるということは十分考えられる、と答え、また、DH法の真空度はスチームエジェクター前での測定であり、槽内の溶鋼表面の圧力は実測されていないので、真空度との関係での窒素の平衡含有量については不明であると答えた。また、佐伯は、丸川らの窒素に関するデータの 40ppm 以下において DH 処理後の方が、処理前よりも高くなっている理由を質したのに対し、丸川は、この理由は、合金中の含有窒素によるアップと考えられる、すなわち、DHでのマンガン添加は電解マンガンであり、この窒素含有量は非常に高く、処理中のアップ分と見合う量になつていると答えた。また佐伯は、脱水素に関して、従来の精錬炉などの諸データでは、未脱酸溶鋼の場合の方が、脱酸溶鋼の場合よりも脱水素が起こりやすいというデータを引用し、この報告ではこの現象が見られないことについての原因の説明を求めたが、丸川は、CO 気泡の生成機構などが、不明であるので、この件については、今後検討したいと答えた。

総 括

DH法にしる、RH法にしる従来、脱ガス装置としての面から、研究がなされてきたが、今回の報告はいずれも、脱酸反応槽としての利用面からの研究が焦点として報告された点から見て、研究の焦点の移行が見られる。なお、詳細に見れば、意見の不一致部分も見られるが、脱酸反応槽としての役割りが大幅に重要視されてきたことは、真空脱ガス設備の利用がより幅広く行なうようになってきたことを示すものであろう。このような点からみて、DH法にしる、RH法にしる、現在、工業的な利用法は十分に完成したものと考えられる。なお、真空脱ガス技術という面から見ると、DH法、RH法以外に、ASEA-SKF や LD-VAC など、新しい技術が最近急速に進んでおり、これらに関する諸研究の強告がなされることを希望する。(浅野鋼一)

III. 熱間加工の温度、速度、加工度と組織

東京工業大学金属工学科 工博

座長 中村正久

中村、植木*(東京工大)、大室(大同鋼中研)は中空円筒試料の Al, Cu, 低炭素 19-Cr-11Ni (SUS 28) 鋼および極軟鋼について広い変形速度の範囲でねじり試験を行ない、定常状態変形が $Al: 0.5 T_m$, $Cu: 0.55 T_m$, $SUS 28: 0.6 T_m$, 極軟鋼 α 域: $0.4 T_m$, γ 域: $0.6 T_m$, T_m は融点温度 ($^{\circ}K$), 以上の温度で生じ、そのときのひずみ速度、温度を含む Zener-Hollomon 因子を応力のべき \sinh 関数に対してプロットするとすべての実測点が一直線で表わされることの資料を提示し、そのほかの整理方法との比較を行なうとともに、各試料のレストレーション過程として Al とオーステナイトステンレス鋼は主としてポリゴン化、Cu は再結晶、極軟鋼はポリゴン化と再結晶の共存であることを述べた。

討論として、関根と丸山*(新日鉄基礎研)は定常状態変形の出現に及ぼすひずみ速度の影響、Zener-Hollomon 因子対べき \sinh 応力関係が直線となるのに動的レストレーション過程に変化があること、および定常状態変形応力と再結晶粒径との関係について熱間圧延における実験例を示して発表者の見解を求めた。植木は第一の質疑に対しては定常状態出現温度は下限温度として示したもので、拡散係数補償のひずみ速度対しべき応力関係として整理した図を示し、これらはひずみ速度と温度の両方が考慮されていること、および変形応力と再結晶粒径あるいはサブ結晶粒径の関係は実験の段階で定性的には討論者の示したものと同様の関係を認めているが、詳細は今後の研究にまかたいと述べた。

伊藤(大同鋼中研)は発表者が用いたクリープにおける GALOFALO の式の解説を求め、さらに定常状態変形は加工硬化とレストレーションによる軟化とがつり合った状態であるから、ひずみ速度対べき応力関係におけるべき値によつて整理すべきであろうと述べた。植木は GALOFALO の式は定常状態変形の低応力側はべき法則、高応力側は指数法則式によく乗ることを数学的にまとめたものにすぎない経験式であることを述べ、またべき法則によつて整理した場合のべき値はたしかにレストレーション過程とよい対応があり、ここで取扱った材料につい