

Fig. 5. Relationship between Mn loss in blowing and slag weight.

今回の調査では鋼滓中の (T. Fe) を層別して、量と Mn 損失の関係を求めた。(Fig. 5) 鋼滓塩低グループ (T. Fe < 14%) では、かなりのバラはあが鋼滓量の増加に伴ない、Mn 損失が増加して (T. Fe) の上昇にしたがいこの傾向は不明瞭になり T. Fe > 18% では完全に無関係になっている。

各グループ内でのバラツキは Mn 損失には、鋼滓量、鋼滓中の (T. Fe) の他に大きな要因があることを示すものであるが、終点 C で層別した結果もほぼ同様な結果を得ているゆえ、これらの間の層別を適当にすれば鋼滓量の影響はさらに明らかになると思われるが、次のように結論してよいと考えられる。すなわち Mn 損失の要因としては、鋼滓中の (T. Fe)、終点温度、終点 C % などの他に鋼滓量を考える必要があるが、その力は他の要因に比して弱いため他の要因が強くなるにつれて影響度は弱まる。

VIII. 結 言

今回の調査においても鋼滓量の増加に伴い、従来認められていたごとく全出鋼歩留の低下は明瞭に認められるほか、吹錬反応にもかなりの影響を有しているゆえ、鋼滓についてはその成分とともに量についても十分考慮する必要がある。

しかし鋼滓量を転炉作業上のコントロール対象として考えた場合には、取り得る action としては焼石灰、珪砂またはレンガ屑などを増減することであるが塩基度、歩留、Mn 損失、脱硫率などの増減、さらには作業上の難易が相互にからみ合っているゆえ、脱硫、Mn 歩留、全出鋼歩留などの特性値に対する従来考えられていた要因のほか、鋼滓量を組入れ重回帰分析を行ない鋼滓量とほかの要因の影響度を比較し、特性値別に鋼滓量をコントロール対象とするか否かを決定する必要がある。

文 献

- 1) L. S. DARKEN: "Basic Open Hearth Steel Making", (1951).
- 2) DR. J. PEARSON: Iron and Coal. December, (1960) 1410.
- 3) PAUL NILLES: Steel and Coal., April. (1960) 765.
- 4) T. KOOTZ: Iron & Steel Inst. (U. K.), November (1960) 256.
- 5) 丹羽, 下地: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 23
- 6) 藤井: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1248
- 7) 前原: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1062
- 8) 前原: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 1188
- 9) 雀部: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 322
- 10) 大石, 山本, 荒木: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 1186
- 11) 大石, 山本, 荒木: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 1186

(47) 純酸素転炉における窒素の 2, 3 の問題について

川崎製鉄, 千葉製鉄所

八木 靖浩・古茂田敬一・斎藤 達

技術研究所

工博 神崎 文暁・松野 淳一

○関根 稔弘・香月淳一

The Problems of Nitrogen in Converter Steelmaking.

YAGI, Keiichi KOMODA, Tōru SAITO

Yuki KANZAKI, Junichi MATSUNO

Itaru SEKINE and Junichi KATSUKI

緒 言

鋼中の窒素の影響については、これまでいろいろ研究検討されているが、特に深絞り性を要求される冷延薄鋼板においては、窒素は時効性の大きな原因と考えられ、鋼板製造時の問題点である。一方純酸素上吹転炉は低窒素鋼を得ることも一つの大きな特徴であるが、高純度の酸素を使用するがぎり、他の方法による溶製よりも低い窒素含有量の鋼を作ることができる。しかしながら品質の向上と安定した材質を得るためには、純酸素転炉においてもさらに溶製上の諸問題についての検討を行なう必要性が痛感された。これらの点にかんがみ、当工場では 150 t 転炉において、低炭リムド鋼溶製時の鋼中窒素の問題に関していろいろの試験および解析を進めてきた。ここではそれらの結果のうち、いくつかの問題について報告する。

II. 試験方法

試験は低炭リムド鋼 (C < 0.10%) に鋼種を限定し、150 t 転炉において酸素ランスに 3 孔ノズル (35 mm φ × 3) を使用した通常作業時のもので、一日数チャージを吹止および造塊鑄型内より Al 量を一定にしたポンプによつて採取したサンプルについてなされた。窒素分析はアンモニア蒸溜ネスラー試薬比色法によつたものである。なお冷延鋼板の諸特性を調査する際は、熱延条件、

冷延条件, 焼鈍サイクル, スキンパス圧下率の同一な試験コイルの鋼塊中央部相当サンプルを選び, 窒素の挙動を敏感に反映する降伏点および降伏伸などに対して解析を行なっている。

III. 試験結果

i) N バランス試験

鋼中の窒素溶解度は一般に Sieverts の法則にしたがうことが知られている。したがって純酸素転炉においても鋼中窒素含有量は, 酸素純度に支配されるわけであるが, 当工場においては酸素純度は約 99.6% に管理されている。しかるに吹止時の窒素含有量はかなりのバラツキを有していることから, 吹止窒素含有量に最も大きな影響を持つ因子を求める目的で, 溶銑, 屑鉄, 副原料, 溶鋼, スラグ, その他の分析試料の採取を行なつて, N バランスを求めたところ, 11 チャージの平均では, Input は溶銑 75.9%, 屑鉄 16.8%, 溶銑スラグ 2.6%, スケール 1.6%, 焼石灰 1.0%, ホタル石 0.3%, で, Output では溶鋼 54.2%, スラグ 12.1%, ダストおよび廃ガス 33.6%, の結果を得た。この酸素ガスの純度を考慮に入れない場合の結果では, Input 中溶銑の持ち込む窒素量が最も多いことが判明したので, 溶銑窒素量と吹止窒素量との関係を求めたが相関は得られなかつた。また溶銑に脱窒素剤を用いて, 脱窒素処理を行なつても吹止窒素に影響する程度は極めて低い。

ii) 造塊過程中の窒素の挙動

吹止, 出鋼, 造塊時の窒素の挙動は Fig. 1 のごとくである。これらは 11 チャージの平均値であるが, 吹止〜出鋼〜取鍋内までは窒素の pick up はなく, むしろやや減少することが認められる。そして造塊工程において, 窒素は pick up し, その吹止からの窒素の pick up 量は中央定盤で 2 p. p. m. 程度であり, 注入末期になると注入初期よりもやや高い値を示す。出鋼後の溶鋼は大気との接触が大なるほど窒素の吸収は大となるはずであるが, 本試験の結果では取鍋内より採取した試料の分析値は, 吹止時のものとほぼ変りない。また出鋼時間と

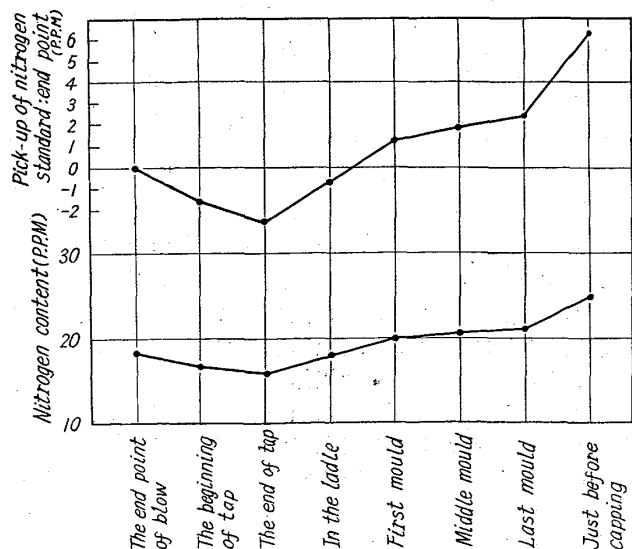


Fig. 1. The behavior of nitrogen at the each stage of steelmaking.

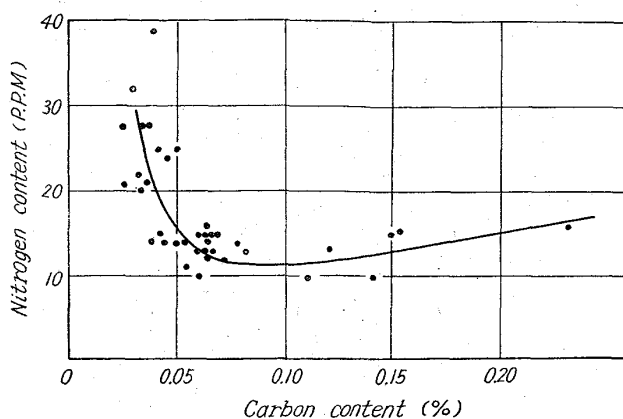


Fig. 2. Relation between carbon and nitrogen content at end point of blow.

窒素の pick up の関係を求めてみても相関はなく, 出鋼温度などの影響も顕著な傾向は認められない。注入直後から蓋置直前まで, すなわちリミング中の窒素の挙動は, 注入直後より 3〜4 分経過したリミングの最も強い時期においては, 窒素は注入直後の値よりも減少しており, Fig. 1 に見るごとく, 完全なリム層が生成して蓋を乗せる時期には, 窒素が増加している。このことは鋼塊の窒素の偏析分布においても示されるごとく, リミングの強い間はその発生する CO ガスにより, いくぶん脱窒されるが, しいにリム層の生成によつて残存する溶鋼の窒素濃度が高まり, 一つの偏析機構によつて鋼塊頭部の窒素濃度が高くなると思われる。

iii) 吹止炭素と窒素の関係および加炭剤の影響

現在使用している酸素純度においては, 吹止 C が高いほど鋼中窒素は高い値を示すが, 当工場における極低炭領域での窒素の挙動はいくぶん変つてくる。この関係を Fig. 2 に示す。これによると, C が 0.05% 程度まではゆるやかな勾配で窒素は減少するが, C が 0.05% 以下になると上昇の傾向を示す。これはガス発生量の減少による炉内雰囲気中の窒素分圧の増加によつてもたらせられたものであろう。加炭剤中の窒素含有量は一般に 1.0% 近くあると考えられている。したがって取鍋において加炭剤を投入すれば当然窒素含有量の上昇が考えられる。当工場における取鍋への加炭剤の投入量と鑄型内より採取したポンプサンプルの窒素分析値の関係を求めると,

$$y = 0.077x + 17.60 \quad (5\% \text{ 有意})$$

y: 鑄型内 N 分析値 p. p. m.

x: 加炭剤投入量 kg/ch.

であつて, 加炭剤の加窒効率は非常に高いと考えられ, 低窒素鋼を必要とする鋼種には, 取鍋への加炭剤の投入には注意を払う必要がある。

iv) 再吹錬による窒素の上昇の問題

吹錬終了後の炉内はほとんど空気によつて置換されていると考えられる。しかしながら鋼浴面は, スラグカバーによつて直接大気との接触が行なわれていないので, 窒素の pick up はない。一方再吹錬を行なう場合には, 露出した溶鋼が置換された大気との接触によつて窒素の pick up をみることが広く知られている。これは Fig.

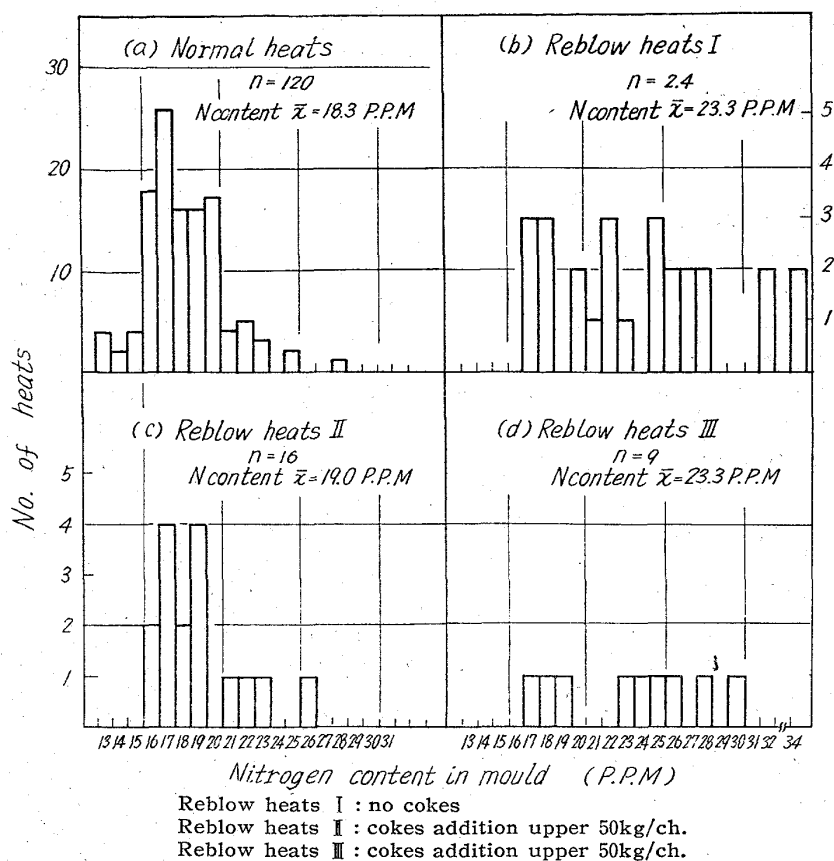


Fig. 3. Distribution of nitrogen on the test heats.

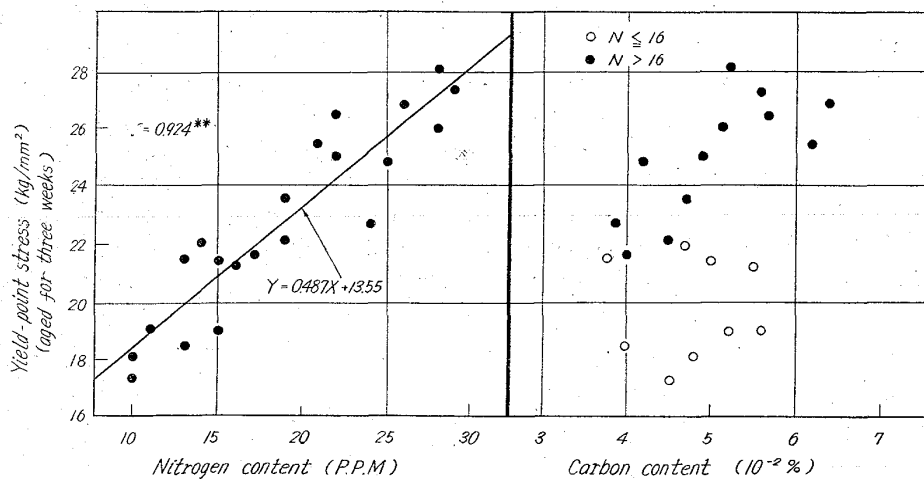


Fig. 4. The influences of nitrogen and carbon in cold sheets upon yield-point stress.

3の(a)(b)に示すごとく、昇熱用のFe-Siを投入しないで再吹錬を行なうだけで平均5 p. p. m.の窒素のpick upを示すのである。しかしながら炉内の雰囲気を他のガスで置換すれば、再吹錬時の窒素のpick upを防止できると考えられるので、再吹錬時に加炭剤を投入する方法を試みた。その結果はFig. 3(c), (d)に示すごとく、50 kg/ch.以上の加炭剤を投入すれば、その燃焼によるCOガスの発生により、再吹錬による窒素のpick upをほぼ防止できることが判明した。再吹錬時に加炭を行なつたヒートと、加炭を行なわなかつたヒートの再吹錬時の炉内ガス分析値を求めると、一応加炭剤を

投入したものは窒素分圧が減少しているような結果を得、上述のことからと符合するものと思われる。

v) 冷延鋼板の材質におよぼす鋼板内の窒素の影響

窒素が冷延鋼板の諸特性値、特に降伏点と降伏伸におよぼす影響が大であることは、周知のことであるがその影響を単独に確めるには他の要因の交絡があるため、困難であることが多い。そこで上記の各種窒素試験材において、低窒素であるものの材質の特性を把握するために、試験材25ヒート、225コイルの中から窒素含有レベルが異なり、かつ熱延、冷延、焼鈍、スキンプスの各条件が同一レベルにある21コイルのミドルサンプルにより、窒素の影響を捉えようと試みたのが以下の結果である。なお比較のためにCとの関係もあわせて示す。

Fig. 4はスキンプス後約3週間経過の試料のC方向の降伏点と窒素の関係で、それは高度の相関を示す。そこで窒素とCとの関係をチェックしてみると、その相関は $\gamma=0.309$, $t=1.418$ で有意でないため窒素の影響が明瞭に現われていると思われる。少なくとも、Cが0.04から0.06%程度の範囲での窒素の影響は、かなり大きいものと考えられる。

Fig. 5は3カ月時効に相当する $100^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ の人工時効せる試料のC方向降伏伸とN, Cの関係である。(降伏伸は引張試験速度に影響される。速度は、10mm/minである)。降伏点における関係と同様に窒素が降伏伸におよぼす寄与が、かなり大きいことが、ここにも認められる。

その他、伸び、コンカルカップ値については低窒素なら、やや良い値を示す傾向が認められた。抗張力、エリクセン値などでは、はっきりした傾向は得られなかつた。以上に示したように、窒素が低い冷延鋼板では降伏点、降伏伸ともに低くなり、ストレッチャーストレインの発生阻止に有効であることがうかがわれ、冷延鋼板の品質向上にとって、低窒素化は有力な方法であることが、確かめられた。

IV. 結 言

低炭素リムド鋼溶製時の鋼中窒素について、および材質への影響についての本報告の結果は:

i) 酸素の純度を考慮に入れない場合の窒素バランス

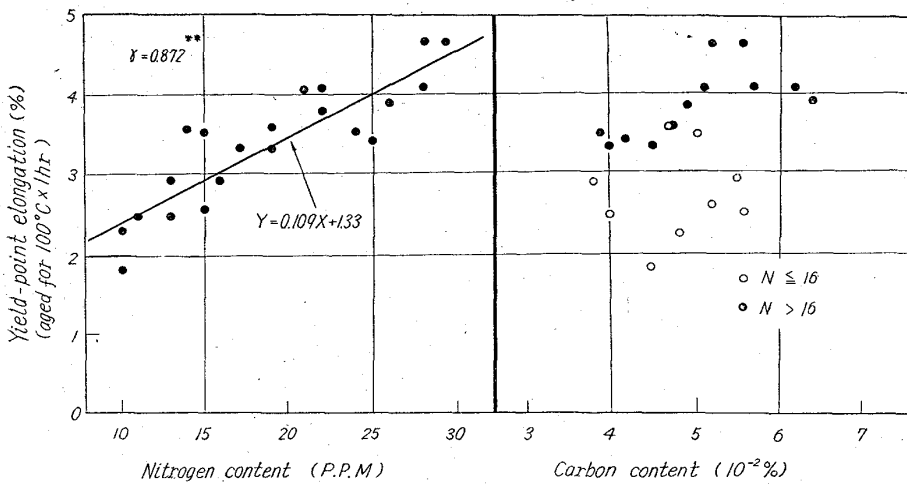


Fig. 5. The influences of nitrogen and carbon in cold sheets upon yield-point elongation.

によると、Input では溶銑の持ち込み窒素が大半を占めるが、吹止時の窒素含有量に影響ないようである。

ii) 鋼中窒素の pick-up は注入段階で最大である。

iii) 吹止Cが 0.05% 以下になるとガス発生量の減少による炉内雰囲気中の窒素分圧増加により、鋼中窒素含有量は増大する。また取鋼への加炭剤の投入は窒素含有量を増大せしめる。

iv) 再吹錬による窒素上昇は、加炭剤を炉中に添加してから再吹錬することによりほぼ防止できる。

v) 鋼板中の窒素含有量を減少せしめれば、降伏点、降伏伸を低下せしめることを得、ストレッチャーストレイン発生阻止、時効性改善に有効なことが確められた。

(48) 純酸素転炉による合金鋼の製造

尼崎製鉄, 尼崎製鉄所

青山 芳正・飯浜宇一郎・松永 昭

Alloy Steels Produced by Oxygen Converter.

Yoshimasa AOYAMA, Uichiro IHAMA and Akira MATSUNAGA

I. 緒 言

低炭素鋼を主体に発達した純酸素転炉法は、そのすぐれた生産能率および鋼質の優秀性の点から、生産は急激な上昇を示しているが、それとともに、製造鋼種は低炭素鋼にとどまらず、高炭素鋼あるいは各種合金鋼の分野にまで拡大されつつある。溶銑を主体とする純酸素転炉法では、当然、屑鉄から来る不純元素の混入が少ないこと、さらに精錬機構上、 N_2 、 H_2 、 O_2 などのガス成分が低いことが、鋼質面の大きな利点になつており、これらの利点を生かして、各種高級鋼の製造が試みられている。条鋼材、厚板材を主体とする尼鉄の転炉工場では、操業当初から比較的Cの高い鋼種が生産の大部分を占めているが、その後、高炭素鋼製造の作業化にも成功し、引続き各種合金鋼の製造を手がけている。本報では、転炉における合金添加の方法を論じ、機械構造用合金鋼、

パネ鋼、13Cr ステンレス鋼の製造について、その概略を報告する。

II. 機械構造用合金鋼

高炭素鋼の溶製において、まず問題となるのは脱磷である。その手段としては、ダブルスラッグ法によるか、あるいはシングルスラッグの特殊な吹錬方法によるかのいずれかであるが、溶銑中の磷分があまり高くない場合には、シングルスラッグでも、酸化性に富んだスラッグを作ることによつて十分磷の低い高炭素鋼を製造することができ、品質も優秀なことがすでに確められている。

機械構造用合金鋼としては、一般にCr鋼、Cr-Mo鋼、Ni-Cr-

鋼などが使用されており、JISにもそれらの規格が定められている。焼入性を目的として、これらの鋼にはいづれもCr 0.90~1.20% 程度の含有が規定されており、さらに焼戻し脆性の改善、焼入性の向上のために、NiやMoの添加が行なわれている。

NiやMoは酸化損失がほとんどないので、装入原料中に配合してもよく、あるいは、出鋼時に添加してもよい。したがつて、純酸素転炉による合金鋼溶製上の問題はCr添加に絞られ、Crをどのような方法で添加するか、いかに歩留よく添加するかが問題となる。合金鋼の製造に当り、転炉におけるCr添加の方法としては、次の3つの方法が考えられる。

(1) まず第一の方法は、転炉の吹錬終了後、合金鉄を炉内へ投入し、合金元素の溶解を待つて出鋼する方法である。合金鉄溶解による温度低下を見こんで、あらかじめ高温に吹止めることにより合金添加ができるが、高温に上げると、当然脱磷が問題となる。特に高炭素領域で高温に上げると、非常に脱磷が困難となるので、ダブルスラッグ法によりあらかじめ磷分を系外に排出するとか、少しでも高温吹止を避けるために合金鉄を予熱するなどの工夫が必要である。炉内へ合金鉄を投入する場合には、鋼滓への酸化損失があり、Crの歩留低下にも注意する必要がある。

(2) 鋼浴温度を上げると脱磷に難点があるので、温度はなるべく上げずに、Fe-SiによつてCrを溶かしこむ方法がある。転炉の鋼浴中にCrを添加して吹錬を行なえば、酸化性の鋼滓下では多量のCrが酸化されて鋼滓中へ逃げる。鋼浴—鋼滓間におけるCrの分配は、鋼滓中の(FeO)に関係があり、Fig. 1に示すように、鋼滓中の(FeO)が高くなるほど、Crは酸化されて鋼滓中へ移行する。したがつてCrを歩留よく添加するには、鋼滓中の(FeO)をなるべく低くすることが必要で、Cr添加の方法として次の方法が考えられる。目標のC%で出鋼温度まで上げ、完全除滓後、炉内にFe-CrとFe-Siとを同時に投入し、脱炭を抑えながら低圧で吹錬して、Siの発熱によつて鋼浴中にCrを溶解する方法である。この場合、鋼浴中のSiがなくなるほど吹錬を行なうとCrの歩留が悪くなるので、鋼浴中に