

Table 2. Conditions of experiments..

Slag-control methods	Aluminum added in ladle (Kg)			
	C; 0.23~0.27%		C; 0.43~0.47%	
A	4	8	2	4
B	//	//	//	//
C	//	//	//	//

Table 3. Slag-control methods in reducing period.

Slag-control methods	Ca-Si (kg)	Coke (kg)	(Ca-Si) + (coke) (kg)	% of coke
A	80	8	88	10
B	80	0	80	0
C	40	15	55	37

(b) 使用鑄型は試験チャージすべて同一型式 (3・9 号) とした。

(c) 成品寸法は 200~250mm□ を対象とした。

(d) チャージの超音波結果は、成品の全平均点で表わした。

(e) 各要因の組合せを Table 2 に示す。スラグコントロールとしては、今回は造滓コークス使用量を要因として取り上げた。Table 3 に各スラグコントロールの内容を示す。

(ii) 実験結果

(1) スラグコントロールおよび Al 使用量と探傷成績

Al 添加量を倍加することによつて、高 C、低 C のグループ共に探傷成績は向上するが、この傾向は特に高 C 側で著しいスラグコントロールの影響は明らかでない。

(2) 出鋼前塩基度の影響

低 C のグループでは、いずれの Al 添加量においても塩基度 2.5 以上では探傷成績は不良となる傾向が認められる。一方高 C のグループでは、Al 添加量 2kg の場合の探傷成績は、塩基度との関係が明らかでない。4kg 添加の場合では、ややバラツキは大きい、低 C 側と同様に、塩基度 2.5 以上で成績は不良となる傾向である。

(3) 鍋下 [O] の影響

高 C グループでは、いずれの Al 添加量においても、鍋下 [O] 量が  $6 \times 10^{-3}\%$  以上で探傷成績不良のものが現われやすい。

低 C グループでは、Al 添加量のいかんにかかわらず、鍋下 [O] 量との関連は明らかでない。

以上の他、(T,Fe), (MgO) 等の影響についても述べる予定である。

### (35) 小型実験炉による脱ガス作用の実験

(真空アーク溶解法の精錬効果に関する研究—I)

日本冶金工業川崎製造所

工博 川畑 正夫・○渡辺 哲弥

#### Experiment on Degassing Effects in a Laboratory-Scale Furnace.

(Study on the refining process of vacuum arc melting—I)

Dr. Masao KAWAHATA  
and Tetsuya WATANABE.

#### I. 緒 言

真空アーク溶解における脱ガス精錬の機構は (イ) 酸化物、窒化物等電極材に含有される介在物のアーク・プラズマ中における熱解離、あるいはこれらの浮揚精錬による除去、(ロ) 溶融プール中における減圧下の C-O 反応による脱酸効果等と概念的にいわれてる。しかしながら真空アーク溶解において到達可能な脱ガス限界と被溶解材組成の関係、あるいは炭素の脱酸反応にあづかる役割等の基本的な事項に関して未だ充分解析されていない。このため筆者等は試験室的規模の真空アーク溶解装置を用い炭素濃度の異なる鉄および鉄-クロム系合金等について可及的溶解条件を一定にした真空アーク溶解を実施しその精錬機構に関し若干の考察を加えた。

#### II. 実験方法

使用した溶解装置は整流器はセレン整流器で直流側の最高出力は 2200 Amp 無負荷電圧 61 Volt の容量のものである。

供試電極材組成は C 0.03~0.20% の間に変化せしめた純鉄、13% Cr-Fe, 18% Cr-Fe, 含 Ti 18% Cr-Fe および窒素を最大 0.15% まで添加した AISI-304 合金で、その製造条件は大気中高周波溶解により約 55 mm φ × 600 mm ml に鑄造した鑄塊を表面グラインダーにて scale を除去したものを用いた。

真空アーク溶解の溶解条件は適用電流 2000 Amp, モールドは 80mm 径のものを用い約 7kg の鑄塊をえた。

真空アーク溶解した鋼塊は鋼塊中心部から試料を切りだしガス分析を含む分析試験に供し真空アーク溶解前の電極材の組成と比較した。

#### III. 実験結果および考察

(1) 溶解中の炉内圧力について

本実験の溶解中に観測せられた圧力値は大別して、

(イ) 50 μHg 以下の正常な圧力値を維持して溶解しえたもの。

(ロ) ガス放出が著しく 50 μHg 以上ないしは break-down 直前まで真空度が劣化したもの。

に大別される。後者の場合においては溶解中にはげしい沸騰現象が観察された。緒言においても述べたごとく真空アーク溶解に際しての脱ガス効果が電極中の介在物の浮揚効果にもとづくものであれば溶解中にガス放出は伴わず真空度は著しく劣化しないであろう。また脱ガス効果が介在物の熱解離あるいは C-O 反応によるものが主体となればガス体として除去され真空度劣化を惹起するはずである。今後者の場合を考えると脱ガス反応式は

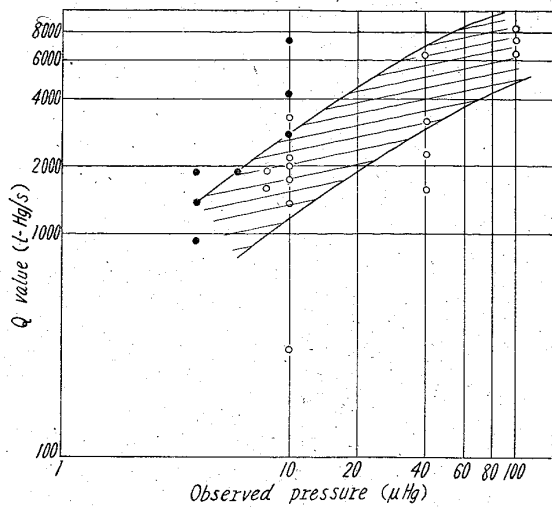
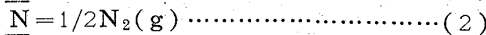
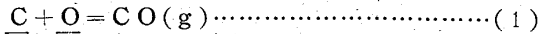


Fig. 1. Relation between the q value and observed pressure.

次式で示される。



(1), (2)式を用い電極材と真空アーク溶解材のガス成分の差および溶解効率 0.5 kg / KA/mn として単位時間あたりガス放出量を計算することができる。このようにして求めたみかけの排気量  $Q$  (l·μ·Hg/s) と溶解中に観察された真空度の関係を示すと Fig. 1 のごとく二つのグループに分類される。すなわちみかけ排気量  $Q$  Value と真空度がほぼ真空ポンプの排気曲線に近似した関係を示したものと、 $Q$  Value に関係なくほぼ一定の圧力を示したものに分けることができる。純鉄、クロム鋼、含窒素オーステナイト鋼は前者のグループに、含タンゲロム鋼および  $C < 0.02\%$  の超低炭素組成のものは後者のグループの傾向を示した。

以上のことから考えると真空アーク溶解における脱酸、脱ガス機構は電極中に含有される酸化物、窒化物は浮揚精錬作用により溶融プールに浮上し、しかも組成中にある程度の炭素が存在すればプール中において  $C-O$  反応により酸素はガス体として排気除去される。すなわち安定な酸化物、窒化物あるいは炭素濃度が著しく低い場合には浮揚精錬作用のみにより介在物は溶融プールに捕集濃縮され精錬作用が行われ、この場合には電極体中含有される介在物はガス体として排気されないために炉内圧力は大きな影響をあたえないものと思われる。

(2) 脱酸脱窒反応

Fig. 2 に純鉄、13% Cr, 18% Cr 鋼の各組成について真空アーク溶解における電極材と真空アーク溶解材の炭素酸素の濃度変化を示す。この場合誘導式真空溶解炉の脱酸精錬においては明瞭に検出された組成による脱酸限の相違は検出されず<sup>1)</sup>、各組成とも炭素量に関係なく 20~70 ppm の範囲の到達値を示した。各種オーステナイト・ステンレス鋼について残留炭素と酸素量の関係を見ると残留炭素量と酸素量に相関性はみとめられない。脱酸量と脱炭量の関係は炭素分析値の精度を考慮すればほぼ化学量論的な関係を満足しているものと考えられる。

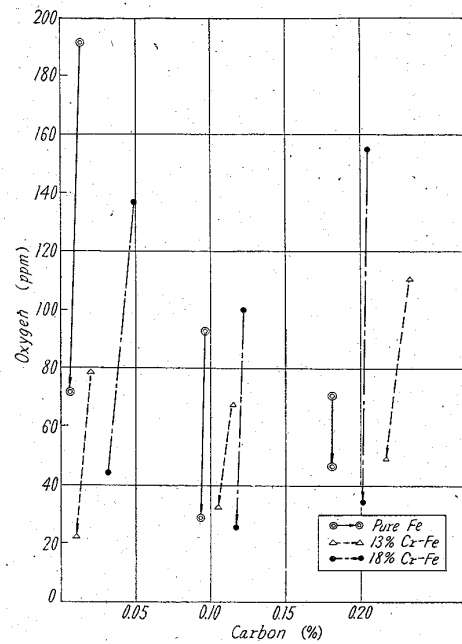


Fig. 2. Deoxydation effect in vacuum arc melting of Fe-Cr alloys.

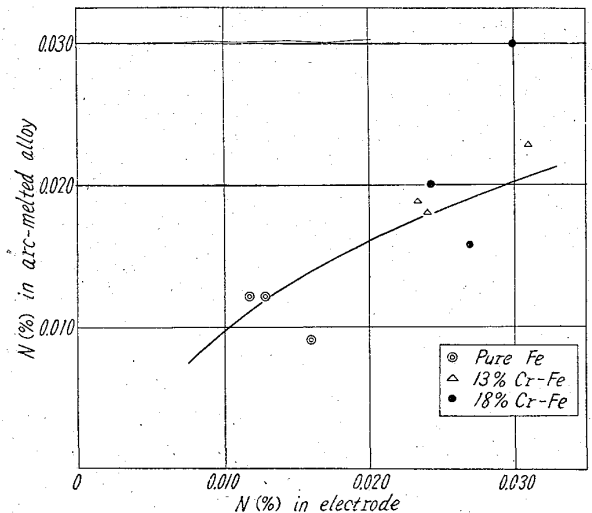


Fig. 3. Denitrifying effect in vacuum arc melting of Fe-Cr alloys.

脱窒効果については Fig. 3 に純鉄、13% Cr, 18% Cr の各組成について電極材窒素量と真空アーク溶解材窒素量を対比させて示した。これからあきらかなように窒素は酸素よりも除去され難く、特に窒素が低い組成のものではその脱窒効果は期待できない。窒素を添加して故意に高くしたオーステナイト・ステンレス鋼組成のものでも脱窒率は 20~40% 程度であった。

これらの酸素、窒素の到達値は前出(1), (2)式に溶解雰囲気圧力を平衡圧として求めた平衡値を著しく逸脱する。この理由としてはアーク・プラズマ近傍に圧力勾配の存在が予想されることや、また溶融状態に保持される時間が極めて短時間であり平衡条件に到達しがたいものと考えられる。高尾氏<sup>2)</sup>等の測定結果によれば、この程度の容量のアーク溶解においては、溶鋼がプール中で

溶融状態に保持される時間は5分程度であるといわれるから溶融プール中における反応が継続中に凝固することになる。したがって特に急冷される鋼塊表皮に porosity の欠陥を集中する可能性がある。上述の溶解でえられた試料を縦断してマクロ試験を行なった結果、脱ガス反応の著しかった溶解ほど鋼塊表皮に blow hole を残したことは上述の理由にもとづくものと思われる。

以上のことから真空アーク溶解法において健全な鋼塊を製造するためには、可及的清浄な電極を用いること、組成による反応条件を考慮して雰囲気、溶解電流の諸元を撰択すること等が極めて重要であろう。勿論脱ガス反応がこのようにプール中において支配的に行なわれるものとするれば、炉の容量によりその反応の程度は異なるものと考えられ以上は 2000 Amp 容量の炉による実験結果であり本溶解法の特質についての定性的な見解を示したものであることを附言しておく。

IV. 総 括

炭素濃度の異なる鉄、鉄クロム合金、オーステナイト・ステンレス鋼等を実験室的規模で真空アーク溶解を行ない、その脱ガス機構につきつぎの見解がえられた:

(1) 脱酸、脱ガス反応は主として溶融プール中において浮揚精錬効果および C-O 反応によつて行なわれる。窒素は酸素に比較して除去され難い。

(2) 溶融プール中における溶鋼の滞在時間が短いため平衡条件に極めて到達し難い。したがってクロムを添加して酸素が拘束された条件下でも到達酸素値に差は検出せられなかつた。

(3) 脱ガス反応が主として溶融プール中において行なわれるものとするれば、その脱ガス効果は溶解炉の容量、溶解電流等によりその反応程度も異なるものと予想される。

文 献

- 1) 川畑, 渡辺: 鉄と鋼, 47 (1961), 715
- 2) 高尾: 学振 19 委, 6382

667.10.096.517-982;  
669.187.251624.192.98  
1062036  
(36) 組成変化および鋼塊の偏析について 6672-894

(真空アーク溶解法の精錬効果に関する研究—II)

日本冶金工業川崎製造所

工博 川畑 正夫・○渡辺 哲弥

Consideration on Composition-Change and Ingot Segregation.

(Study on the refining process of vacuum arc melting—II)

Dr. Masao KAWAHATA and Tetsuya WATANABE.

I. 緒 言

第1報において実験室的規模の真空アーク溶解装置を用い、真空アーク溶解の基本的な精錬機構についての見解をのべ、その際精錬効果は溶解炉の容量により、ある程度影響をうける可能性があることを附言したが、筆者らはさらに 8000 Amp 容量の半工業的規模の真空アーク

溶解装置により、主として AISI-304, A-286 耐熱合金の溶解を行ない、その精錬機構を追求した。本実験は主として酸素、窒素等のガス成分を含めて、真空アーク溶解による成分変化、および鋼塊の均一性について、統計的な手法により解析考察したものである。

II. 供試材および実験方法

電極材の製造条件は、AISI-304 については 10 等 塩基性電弧炉にて 1 等 鋼塊 8 本に造塊し、これらを鍛造、皮削り後 170mm φ に成型し供試電極材とした。A-286 合金については、1 等 大気中誘導炉にて溶解し、500 kg 鋼塊 2 本に分注したのち、1 本を熱間鍛造、皮削りにより 170mm φ に成型し、供試電極とし、残り 1 本は大気溶解代表の試料に充当した。

両鋼種とも真空アーク溶解の作業性は良好で、グロー放電等の障害もなく、溶解中の真空度も 1 μ Hg 程度の最良の条件で、径 250mm φ、高さ約 500mm の鋼塊に再溶解することができた。鋼塊は AISI-304 については表面皮削り後熱間鍛造、圧延工程をへて 12mm 厚の板に加工し、真空アーク溶解鋼塊の中心部該当位置より分析試料を採取し、一方それぞれの電極残材より採取した大気溶解材試料の分析組成と対比させた。A-286 については大気溶解材、真空溶解材ともに Fig. 1 に示すごとく鋼塊を縦断し、片側はマクロ試験に供し、片側は鋼塊各所より分析試験片を採取し、両者の各元素組成の均一性、組成変化を考察した。

III. 試 験 結 果

(1) AISI-304 についての組成変化

Table 1 に溶解前の電極材組成と、真空アーク溶解材組成を対比して示した。対の各データは対応があるものであり、大気溶解材、真空アーク溶解材の各グループをそれぞれについてプールし、両者の平均値を各元素について比較しその有意性を検定すれば、真空アーク溶解に際しての組成変化に対する技術的見解がえられる。ただし N, O に関しては両者の平均値をみれば真空アーク溶解材により、これらガス成分は著しく低下していることは明かであり、Mn についても同様であるので、この場合両溶解法のバラツキすなわち分散比の検定のみ行なつた。

検定結果では、C については真空アーク溶解による平均濃度の減少は高度に有意であり、Si, Ni は真空アーク

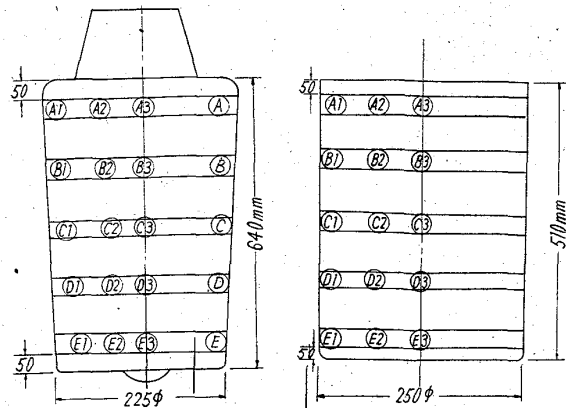


Fig. 1. Location for taking analytical samples.