

図29. 上 C量と衝撃値との関係
下 硬度と衝撃値との関係

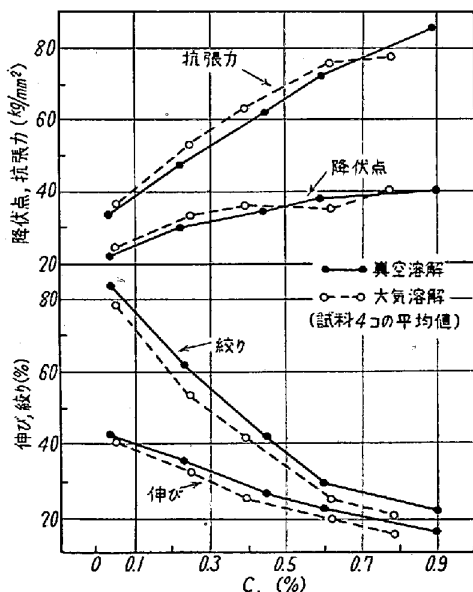


図30. C量と材力との関係

る。窒素は余り顕著に減少しない。本実験では水素、酸素は大気熔解のものに比較し約 1/10 程度に、また窒素は 1/5 程度まで低下する。

酸化物系介在物は非常に減少するが硫化物系介在物は 大気熔解の場合と差がない。結晶粒度は余り顕著な相違はない。

マクロ組織、サルファプリントは大気熔解のものと大差がない。ただし微少亀裂やプロホールはほとんど存在しない。機械的性質は衝撃値、伸び、絞りが増大し強靱性が增加する。

表 17. 抗張試験および衝撃試験結果

符 号	降伏点	抗張力	伸び	絞り	衝撃値
V A 2	50.1	52.3	22.0	63.9	14.0
	51.5	53.3	20.8	62.3	12.1
O A 2	48.6	50.7	21.2	63.9	6.3
	49.9	50.9	20.8	58.7	7.1
V A 3	61.3	62.3	16.4	53.0	14.8
	60.8	62.3	16.0	53.0	13.1
O A 3	60.8	61.6	16.4	51.0	7.4
	60.8	62.0	15.6	51.0	6.4
V A 5	60.3	62.3	12.0	21.5	8.1
	60.3	62.3	13.2	24.0	5.9
O A 5	59.2	61.1	5.2	8.3	2.5
			試材 ネックより破断		

VI. コンセルアーク熔解法の動向と将来性

高尾善一郎*

1. 欧米の動向

コンセルアーク熔解法は、もともとチタン、ジルコニウム、モリブデンなど難熔かつ活性金属の熔解法として登場し発展してきたものである。最近鉄鋼方面にもその工業的価値が広く認識され真空熔解法の主流として注目されるにいたつたのである。

コンセルアーク熔解法は金属チタン工業とともに発展したもので、現在工業的規模で稼働しているのは、米国と日本とであると言つてよく、英独など欧州諸国はきわめて最近のことである。表 18 は世界各国の設備概況を示したものである³⁰⁾。米国の金属チタン工業は航空機工業の転換のために、多少衰えたとはいえ、新しい化学方面へのいちじるしい需要伸長のため、最近では年間 6000~7000 t ベースのインゴット生産をとりもどしている。主なメーカーは T.M.C.A 社、Republic Steel 社 Crucible Steel 社、Mallory Sharon 社などである。鉄鋼方面では Allegheny Ludlum 社をはじめとして、ジェットエンジン用耐熱鋼、原子炉用ステンレス鋼など年間 70,000 t (1958 年) 以上に達したといわれる。最近ではその品質の優秀性が使用実績に現われ、軸受鋼をはじめ高力合金鋼までにおよび、その分野がいちじるしく広がっている。表 19 に米国にてコンセルアーク熔解されている鋼種を示した。

一方欧米では、英国の I.C.I 社にチタン炉、Jessop 社に耐熱鋼など特殊鋼の工業的規模の設備がある位で、ドイツその他には見るべきものがほとんどなかったが、パイロットないし実験的段階のもので最近漸く工業規模のプラントを計画しつつある現状である。

* 株式会社神戸製鋼所

表 18. 世界各国におけるコンセルアーク炉の例

会社名	鋼種	ルツボ径または インゴット単重
Allegheny Ludlum Steel Corp. (米)	特殊鋼	26" 2.5 t (最大36") (最大6.5ton)
U. S. Steel (米)	〃	10 t
Republic Steel (米)	チタン, 特殊鋼	30"
Vanadium All- oy Steel (米)	〃	24" 4 t
I. C. I. (英)	チタン	20" 2 t
W. Jessop (英)	特殊鋼	25"
Peehiney (仏)	〃	20" 4 t
Ugine (仏)	〃	16"
Meteeatiné (仏)	チタン, ジル コニウム	1 t
Krupp (独)	〃	16"
Bohos (瑞)	特殊鋼	6 t
神鋼 (日)	チタン, ジル コニウム, 特殊鋼	20" 2 t

その他米国には Universal Cyclops Steel, Midvale Heppenstahl Co., Timken Roller Bearing Co., Latrobe Steel Co. 等の各社がある。

2. 日本の動向

わが国の実情はどうか、金属チタン工業の企業化の一環として 1953 年以来筆者の神戸製鋼ならびに住友金属の両者において国産スポンジチタンの熔解加工の技術開発を進め今日のごとき、コンセルアーク熔解炉の大型化に成功したのである。神戸製鋼では月産 20 t 操業を行なうに至っている。ここに特筆すべきは、設備ならびに技術がことごとく純国産でわれわれの手で完成したことで、誇るに足るものとする。熔解チタンインゴットの規模は径 500 mm 単重 1,000 kg 以上 (鋼換算 2,000 kg) である。

最近、国内の 2~3 の鉄鋼会社においても実験室的、あるいはパイロット工場設備をもち、特殊鋼方面への進出を計画している*。筆者らは金属チタンジルコニウムのほかすでに耐熱鋼、ステンレス鋼、高速度鋼、軸受鋼ニッケル合金などの諸材料の熔製技術を確立し、その材料の特性についても、その都度、発表しているところである^{31)~33)}。特殊鋼、ニッケル合金方面への進出には、大きな関心をよせているが、米英のように航空機、原子力工業のない日本の現状では、早急な需要の開発は難しいといえよう。

3. 鉄鋼のコンセルアーク溶解材の将来性

* 最近関東製鋼に 500 kg 熔解炉が設備された。また近く関東特殊製鋼にも熔解炉が建設される予定である。

表 19. 米国においてコンセルアーク
熔解されている金属材料

種別	名称
Ni 基 超耐熱合金	Udimet 500, (I, IC), M252 (I, C, IC), D979 (C), Waspaloy (I, C, IC), Inco 700 (I, C), Incoloy 901 (I, C), GMR 235, (I, IC), GMR 235D, Hastelloy Alloy R-235 (I, IC), Hastelloy Alloy X (I, C), René 41 (I, IC), Nimonic 80A (I, C), Nimonic 90 (I, C), Refractory 26 (C, I), K42B (C, I)
Co 基 超耐熱合金	GE 1570 (I, IC), S 816 (I, C)
Fe 基 超耐熱合金	A-286 (C, IC, I), Discaloy (C, I), W 545 (C), M-308 (I, IC, C), Unitemp 212 (IC, I, C)
ステンレス 鋼および 耐熱鋼	Greek Ascoloy (C, I), Turbine Alloy (C, I), Armco 17-4PH (I, C), AISI 316 (I, C), AISI 347 (I, C), AISI 403 (I, C), AISI 410 (I, C), AISI 430 (C), AISI 431 (C, I), AISI 440 C (I, C), Lapelloy (I, C)
工具鋼	AISIA-2 (I, C), AISID-2 (I, C), AISID-4 (I, C), AISIH-11 (I, C), AISIH-13 (I, C), AISIM-1 (I, C), AISIM-2 (I, C), AISIM-10 (I, C), AISIM-50 (I, C), AISIT-1 (I, C), AISIT-15 (I, C)
その他	AISI 4340 (I, C), AISI 6150 (I, C), AISI 9310 (I, C), AISI 9317 (I, C), AISI 5100 (I, C), AISI 52100 (I, C),

コンセルアーク熔解材は、原料となる消耗電極材の作製費を含み、一般操業費が高くなるので当然材料が割高になると考えられる。しかし、この方法で作られるインゴットは押湯がほとんど不要で加工製品歩留が非常に向上するので、材料費節約の点で高操業費を相殺する有利なる反面のあことは見逃せない。例えばインゴットを例にとると、普通熔解材の 60~70% 歩留りに対して 90% 以上にすることも容易であり、この原材料の節約は特に高価な Ni, Mo, V, Co, Nbなどを配合する合金材では等閑視できない問題である。したがって高操業費はこの材料費の節約のために、十分補いができることになり、その採算圏に入る材料費の限界を算出することができる。米国の例によると、大ざっぱにいつて Ni 約 20% 以上の高合金鋼では悠に Commercial Base にのるといわれているし、筆者が千数百回に達する操業実績を基礎として 3~4 t 単重のインゴットを作る場合について試算すると原料費 15~16 万円/t の材料、例えば安定化ステンレン鋼級のようなものは、すべて普通熔解材のインゴットとほぼ同一の採算圏内にはいる見通しであ

り、したがってコストの面ではそれほど懸念するにはおよばないといえるのである。

一方品質的に Al, Ti などを多量に含有する時効性耐熱合金、磁性材、あるいは原子炉材とに注目されている Fe-Al 系合金のごときはこの方法に依存せねばならないことはいうまでもない。また普通の機械部品材においても、最近の高性能発電機用タービン、ジェネレーターローターシャフトに要求される品質は些少のゴースト、非金属介在物も許されなくなりつつある。この方面の大型特殊鋼鍛材部品への進出は品質確保の点のみでなく、製品検査、歩留りの向上より、経済的にも十分成り立つ見通しもあるのでその実現はさほど遠くはあるまい。すでに米国 U.S 社の 10t 炉の新設、Hepenstahl 社の 40t 炉の計画、英国の Jessop 社の 25t 炉などの大型化はこれを物語るものと考えられる。

4. 日本の現状

日本におけるコンセルアーク熔解は、前述の通り、専ら金属チタンの工業的生産に使用され、鉄鋼その他の合金材は要求に応じて生産しているに過ぎない。

現在、要求される方面が少ないので、余り鉄鋼の生産実績をもたないが、いろいろの特殊鋼に対する熔解技術を確立しているので、現在最高 2t (径 500mm のインゴットの熔製は可能である。写真 4 は原子炉用として要求のあつたステンレス鋼 (AISI 304) のシームレス抽伸管であり写真 5 は高速特殊ジーゼルエンジン用に製作した、表面硬化 Ni, Cr, Mo 鋼 (SAE 4340) のクランクシャフトである。その他に、熔接棒用高ニッケル耐熱合金を製作し、加工歩留りに良成績を収めている。

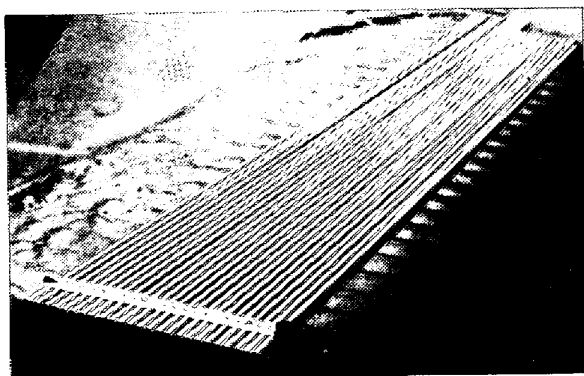


写真4. コンセルアーク材にて製作せる
原子炉用ステンレスパイプ
(8.7 o.d. x 0.53t x 1600mm)

5. 今後に残された技術的問題点

コンセルアーク熔解炉によるチタン熔解技術は過去数年にわたり幾多の変遷をたどり、今日の工業生産の基礎ができたのであるが未だ残された問題も多い。



写真5. コンセルアーク材 (SAE 4340) にて製作した高速高馬力エンジン用クランク軸

すなわち

- (1) 電極アーク安定性保持の機構ならびにその制御機構
- (2) 水冷金属ルツボのパンク予知の問題
- (3) インゴット鑄肌の改善とその安定性の問題
- (3) 二重熔解法の合理化問題

などが挙げられる。なお図 31 はアーク安定性にアルゴン熔解よりも真空熔解の方がすぐれていることを電流電圧のオシログラフに示した一例である。

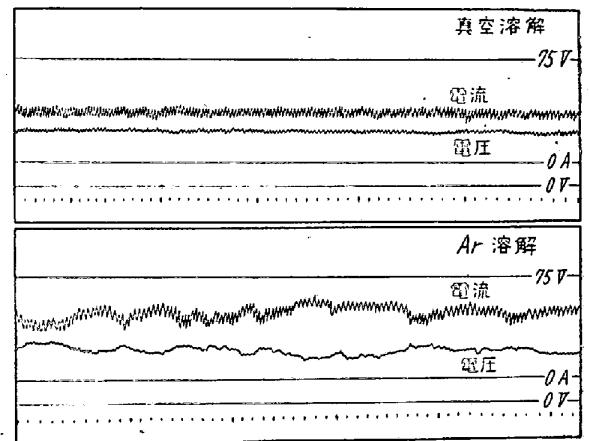


図31. チタンのアルゴン中熔解および真空熔解時の電流電圧特性

写真6 は熔解作業室であり、写真7 は熔解炉の下部の水冷ルツボである。

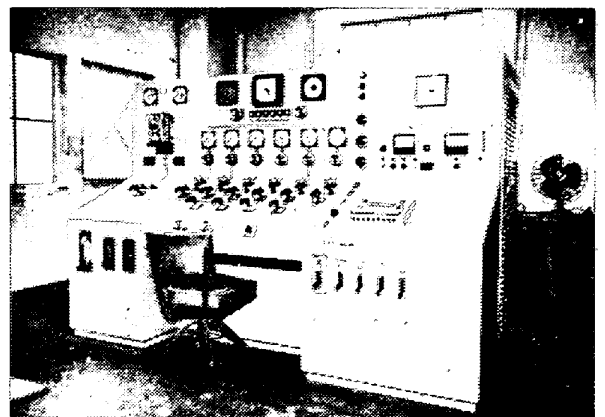


写真6. コンセルアーク熔解作業室