

## 抄 録

## — 製 鋼 —

## 真空熔解における熔鋼中の種々の元素の挙動

(G. M. Gill et al, Journal of the Iron and Steel Institute, February, 1959, 172~175)

従来の真空熔解に関する研究の大部分は主として脱ガスの問題を取扱ったものであるが、この論文は熔鋼中における合金元素あるいは不純物元素の真空熔解中での挙動を研究した結果について述べている。

真空熔解中での種々の元素の挙動はその元素の蒸気圧から大体推定することができるが、しかし正確には熔鋼中に存在しているばあいのその元素の蒸気圧に関係するものである。熔鋼中でのある元素の蒸気圧はその元素の活量に関係するものであり、しかしてその活量の示し方はつぎの三つに分類することができる。

(1) 熔鋼中に溶解して理想溶液を構成するもの。すなわち Raoult の法則にしたがうもので、これらの元素には Mn, Cr, Co, Ni などがある。

(2) Raoult の法則から負の偏移をするものであり、これらの元素としては Si, Ti, Zr, B などがある。

(3) Raoult の法則から正の偏移をするものでありこの元素として Cu がある。

下記の表は種々の元素の蒸気圧および鉄と溶液を構成した場合の蒸気圧の値を示したものである。

元素名	1600°C における蒸気圧 (mmHg)	1600°C の鉄溶液に 1% 含有された場合の蒸気圧 (mmHg)	
		理想溶液としての推定値	既知の活量からの計算値
B	0.58	0.00295	—
C	$79 \times 10^{-6}$	—	—
Mg	>760	—	—
Al	16.7	0.035	0.0015
Si	0.98	0.0035	0.00006
Cr	1.55	0.0017	0.0017
Mn	25	0.25	0.25
Fe	0.10	—	—
Co	0.0097	0.00009	0.00009
Ni	0.099	0.00094	0.00094
Cu	1.03	0.0091	0.11
Zn	>760	—	—
Zr	0.00005	$3 \times 10^{-5}$	—
Mo	$8 \times 10^{-7}$	—	—
Cd	>760	—	—
Sn	1	0.0047	—
Sb	760	—	—
Ce	1	0.004	—
Pb	400	0.88	—
As	>760	—	—

まず初めに合金元素を約 1% 含有する鉄との二元合金を作り、これを約 100 g, アルミナをつぼ中で温度 1600°C, 真空度 1 ミクロンにて高周波誘導炉により真空熔解し、各元素の蒸気量が表に示した蒸気圧と密接な関係があることを確かめた。すなわち Mn, Pb, Cu, Sn および Zn などは急速に蒸発するが、Cr, Si などは蒸発速度はおそい。しかし P, Ni などは全く蒸発しない。

また二、三の実用鋼について同様の熔解をおこなったが、二元合金の場合と同様の結果が得られた。さらにこれらの実用鋼を 1 インチ直径の消耗性電極として 4 ミクロンの真空度で真空アーク熔解をおこなったが、やはり同様の傾向が得られた。しかしこの場合にはさきの熔解に比較して熔解時間が短いこと、真空度が低いことなどの理由で、不純物の除去の割合が小さい。(笠松 裕)

## 電気炉用収塵装置

(J. L. Venturini: Blast Furnace and Steel Plant, Vol. 47, (1559) No.4, pp. 371~375)

都市における空気汚染防止の問題は重要で、そのための立法措置も構じられている。この問題から Bethlehem Pacific Coast Steel Corporation の Los Angeles 工場でも収塵装置の検討をおこなった。最初は 50 t 平炉三基を対象としていたが適当なものが見出されず、50 t 塩基性電気炉について検討することにした。電気炉は燃料を使用しないので平炉よりもこの点では有利である。その後平炉は操業を停止し、現在は 50 t 電気炉と 75 t 電気炉で炭素鋼、低合金鋼を溶製している。

電気炉からの放散ダスト量は 1 ft<sup>3</sup> 当り 0.05 グレイン以下、透明度を満足させるためには 0.03 グレイン以下にする必要があり、これは 95~97% の収塵率に相当し、国内でももつとも厳しいものであつた。初期に検討した湿式法はいずれも 35% 以下で役に立たず、静電式の実験結果のみが有望であつた。研究の結果ダストの含有量およびそれ自体のイオン化能、ガスの組成などの影響がきらかになつた。発生するダストの量、質は溶解毎にことなり、設備は最悪の条件にも適合しえるものでなければならぬ。調査期間中もつとも多かつたのは 30 lb/t 装入物であつた。この発生量は装入スクラップによつて大きく変化する。

ダストを除くためには第一に炉内ガスを捕集、輸送し、ついて分離せねばならず、この各過程に問題があつた。ガス温度は低目、湿度は高目の方が収塵効率が高く、散水により条件を整える。吸引は最初電極孔からおこなつたが、これは良くないので、その後炉蓋に吸引口を取りつけフレームトラップを通してダクトに接続するようにした。トラップ内でガス温度が調整され、ダンパーを経て加湿室に入り湿度、温度が自動的に調整される。次で二基の塔を通り、この間ガス流速が下るので大粒の水滴などが落下し送風機を通つて収塵器に入る。収塵器ホッパーに溜つたダストは側面から排出される。処理可能ガス量は一炉あたり 30,000~35,000 ft<sup>3</sup> 程度である。

この設備が有効に稼働を開始したのは 1953 年 1 月であるが、その後各種の修理、改造を必要とした。これは主として水分の凝集に起因し、修理頻度、費用もかなり高い。収塵電極の腐蝕による消耗もはげしかつたが、不銹鋼を用いた結果、比較的良好となつた。収塵器内でのガス流通状態も導入口の改造などで改良され、効率も上昇しつつある。操業、修理などで面倒な事柄が増えはし

たが、工場内雰囲気も良好となり一応の目的が達成された。しかし現在まだまだ多くの研究がおこなわれており今後期待されている。(河合重徳)

### 鋼の真空溶解について (I)

(H. C. Child, G. T. Harris: Blast Furnace and Steel Plant, 47 (1959) No.3, p. 281~290)

最近いよいよ重要視されている真空溶解—誘導炉溶解とアーク溶解—の二方法について設備、操業などを述べている。

誘導炉の場合真空容器内での放電が第一に問題となり、初期の小型炉は電圧 230V 以下実験用であった。最近の工業用炉では材料装入装置、鑄型交換機構などを用いて連続的の操業が可能になつてはいるほか、コイル系、容器、絶縁物などの改良によつて 800V 程度の電圧が用いられる。

ポンプ系には油拡散ポンプ、オイルブースター、メカニカルブースター、油回転ポンプなどがおのおの必要に応じ組合わされて使用される。

真空アーク溶解炉は水冷銅製ルツボを有し、その上に炉室があつて真空系につづいている。溶解電極は水冷ラムにより上部から装入され、これがサーボモーターにより昇降される。真空アーク溶解炉は普通直流が使用されルツボ側が正に、電極が負になる。直流の方がアークの安定性、制御などが容易かつ良好である。

ポンプ系にはオイルブースター、ルツボポンプなどが用いられるが、とくに後者は爆発を生じた時なども安全で有利であり、バックポンプとしては water ring ポンプが良い。鋼の場合には Ti や Zr より安全であるが一応遠隔操作し、電極昇降はアーク電圧によつて自動調整する。電極を下方向に動かすモーターと逆方向に動かすモーターの差動を使用するとにより応動速度を早めている。またアーク電圧の測定値と真の値との差が補償されるようになってはいる。

誘導炉に用いるルツボ材としてはマグネシヤ、アルミナ、シリカ、ジルコニヤ、ベリリヤなどが単体または混合して用いられる。原料は粉碎し、各種粒度のものを混合する。時にはこれにバインダーを加えることもある。ルツボは気中で 2000°C 位に空焼して用いる。

操業時にはベースメタルを入れてから真空にし  $10^{-3}$  mmHg 位で溶解を開始する。溶落時にはガス放出が非常に盛んであるのでアルゴンなどで圧力をかけることがある。その後合金添加を行なう。添加後は再び  $10^{-3}$  mmHg 程度に真空精錬し、ついで出鋼する。鑄造時にはアルゴンを用いることが多い。この精錬時の脱ガスは圧力、温度、時間によつて変化するが、実験結果でも保持時間、真空度と共にガス含有量が減少することが認められる。しかし圧力が  $0.1$  mmHg 以下になつて本質的な脱ガスの生ずることは注意すべきである。温度を高くするとガス含有量の低下する傾向が認められるが、高過ぎるとルツボと反応を生ずる。しかし短時間多少高目の温度にするのは有効な脱ガス法である。操業時の脱ガス状況は真空度の直接観察よりむしろポンプ系から切り離れた状態で圧力上昇を見る方が良い。真空度は排気速度の影響が大きいからである。ガス含有量に対しては溶解量

の影響があり、容量の大きい方が酸素含有量の低下することが報告されており、装入材料による影響も認められている。

誘導炉真空溶解は脱ガスと同時に易揮発性物質 Zn, Pb, Bi, Cd などの除去にも非常に有用であり、一方酸化され易い合金を添加する時に成分調整が容易であることも利点の一つである。しかし Mn, Cr, Al などはロスがあるので注意しなければならない。

真空アーク溶解用電極は空气中溶解の鑄放し、または鍛造材が用いられる。時には誘導炉真空溶解によつて作製することもある。いずれにせよ、真空アーク溶解による製品の成分調整は電極のそれにより決定される。操業電流は電極および鋼種によつて決定されるが 3000~10,000A で 12in. 鋼塊、6000~18,000A で 20in. 鋼塊程度で電圧は 23~26V 位である。

鋼塊はルツボ内で冷却したり、割れ易いものは取り出して徐冷する。表面状況は低電流の場合以外には比較的良好で直接鍛造可能である。

真空アーク溶解における真空度は溶解速度、ポンプ容量、電極ガス含有量によつて変化するが、通常  $10^{-4}$ ~ $10^{-2}$  mmHg である。陰極の安定性に対しては臨界圧力があり電極が鉄の場合 1600A で  $0.5$  mmHg, 600A で  $0.03$  mmHg で、これ以上の圧力では安定な操業は困難である。アークの不安定な状況は溶解終了時に入力を低下する時顕著である。溶解時溶湯温度は 2700~4700°C に達し、窒化物などの分解を容易にする。介在物で分解しなかつたものは浮上し、鋼塊頭部に集まり除去され易い。誘導炉同様ある種の元素は揮発除去される。真空アーク溶解法は誘導炉に比しルツボ材による汚染のないこと、中心部欠陥の少ないことの二点が本質的に有利な点である。(河合重徳)

### 鋼の真空溶解について (II)

(H. C. Child and G. T. Harris: Blast Furnace and Steel Plant, Vol. 47 (1959), No.4, pp. 384~392)

誘導炉真空溶解および真空アーク溶解によつて得られた材料の諸性質、その特徴について各種の実験データを用いて論じている。これらの材料は一般的に非金属介在物が少なく、残渣量も少ないので品質的に優れており、ある種の用途、特に航空機関係などに用いられている。真空溶解で常に合金の性質が改善されるとはいえないが Ti, Al などの含有量の高い場合、酸化物、窒化物が少ないため、加工が容易となり、添加合金が有効に作用して高温クリープ強度の向上などが得られる。Waspalloy の 815°C,  $14.5$  t/in<sup>2</sup> のラプチャー試験で気中溶解材は破断時間が平均 100 時間であつたが、真空溶解したものでは 260 時間、実験最終 40ch 平均では 350 時間に達している。反応性の大きい B, Zr などの添加が容易になり、またクリープに対して有害とされる Mn, Si などを非常に少なくすることも可能である。B, Zr などを含む場合には誘導炉の方が成分調整が容易である。誘導炉真空溶解では高炭素クロム系軸受鋼がかなり作られる。軸受鋼は全介在物量を低下させるために低 S 原料を使用する必要があり誘導炉真空溶解が良いとされる。

各溶解法について比較してみると平炉では中性平炉によるものが疲労限が最大であり、真空溶解は酸性平炉材を電極としてアーク溶解したものが最も良く、ついで誘導炉、塩基性電炉材電極アーク溶解の順である。このことは軸受鋼の疲労破壊が非常に微細な介在物に関係することを示すものであろう。

真空アーク溶解は A-286 などのオーステナイト系タービンディスク材に用いられている。鍛造、とくに据込が非常に容易となり、機械的性質の方向性が少なく均一なものを得られる。この用途に対しては特に大きい介在物に対する要求が厳しいが、この方法で十分良好なものを製造可能である。同一成分の場合クリープ強さが大差ない場合にも伸が非常に増大するのでさらに強度を増すような合金を添加することもできる。

Ti, Al などを含む耐熱鋼の精密鑄造は非常に困難な問題とされてきたが、最近では真空溶解炉内へ予熱した鑄型を装入する方法が検討され、真空溶解後真空鑄造できるようになっている。この方法によりラプチャー試験時の伸がいちじるしく向上するので、この一部を強度に移行し、強度のすぐれたものを得ることができる。また機械的性質の均一性が増大し、バラツキの減少が認められる。例えば 100 時間ラプチャー試験で強度の分散は  $3\sigma$  で  $\pm 14.3\%$  から  $\pm 8.1\%$  に、 $750^{\circ}\text{C}$  熱間疲労強度が 20% 向上し、バラツキは  $33.2\%$  から  $18.2\%$  に減少、常温の伸が  $2.5\%$  から  $4.5\%$  に増大している。

真空溶解の分野としては高温強度の大きい耐熱鋼板など加工の比較的困難なもの、航空機関係高張力鋼で非金属介在物の少ないものなどが新しく開けてきており、英国では真空アーク溶解した 18-4-1 型高速度鋼の非金属介在物が少なく、炭化物偏析の少ないものを軸受用を使用する研究が行なわれている。また原子炉用材料として極低炭素、低 Mn 不銹鋼の製造に対して有効であると考えられ興味を引いている。(河合重徳)

### — 鑄 造 —

#### ゼネラルモーターズのセントラスティール

(General Motors describes Centra Steel; W. B. Larson, C. F. Joseph, F. J. Webber and R. F. Thomson: Modern Castings, Vol. 35, No. 3 (march 1959) pp. 47~52 & 134)

ゼネラル・モーターズ社は、低炭素、高珪素組成の熔湯を硼素、テルルで接種処理し、鑄放しで従来のパーライト型可鍛鑄鉄組織とはほぼ同様な組織を持つ新鑄造材料の試作に成功した。これを同社は Centra Steel と名付け、本論文にその特性等につき述べている。この材料は、機械的性質のすぐれていることは勿論であるが、特に弾性係数の高いこと、熱処理性の良いことが特徴である。熔解処理は  $1.55\sim 1.85\% \text{ C}$ ,  $2.20\sim 2.60\% \text{ Si}$ ,  $0.30\sim 0.80\% \text{ Mn}$ ,  $0.05\sim 0.20\% \text{ S}$ ,  $0.05\% \text{ P}$  程度の化学組成を持つ熔湯を硼素、テルルで接種処理する。この場合、硼素はフェロボロン、炭化ボロン、カルシウムボロン、硼砂等の形で、テルルは純テルルの他、フェロテルル、銅ペーステルル等、合金の形で使用する。硼素は処理後  $0.01\%$  程度残留するのが望ましく  $0.02\%$  程度になることは望ましくない。テルルは  $0.03\sim 0.08\%$  程

度使用する。鑄放しで得られる抗張力は  $80,000\text{psi}$  ( $56\text{ kg/mm}^2$ )、伸びは  $1\sim 3\%$  で可鍛鑄鉄等の場合と大差ないが、弾性係数は  $27.5\sim 28.5\times 10^6\text{psi}$  で可鍛鑄鉄の  $24\sim 26\times 10^6\text{psi}$  に比し大である。熱処理でその機械的性質を相当広範囲に調整することが出来、例えば焼鈍により抗張力は若干低下するが伸びは  $10\sim 20\%$  になる。しかし、 $1250^{\circ}\text{F}$  ( $677^{\circ}\text{C}$ ) 程度の低温焼鈍で抗張力を低下させることなく、伸びを上昇させることが出来る。抗張力は焼準または焼入で  $100\text{psi}$  ( $70\text{ kg/mm}^2$ ) 以上にまで高めることができるが、弾性係数はこれ等熱処理によつて変化しない。焼入、焼戻処理としては  $1600^{\circ}\text{F}$  ( $871^{\circ}\text{C}$ ) で油焼入、 $1100^{\circ}\text{F}$  ( $593^{\circ}\text{C}$ ) 1 時間焼戻しが好結果を得る。前述の通り黒鉛組織は可鍛鑄鉄に似たものであるが、分析を行つた所、黒鉛形状が予期のものである時は、残留全硼素量の  $90\%$  以上が酸に不溶性の形態をとり、黒鉛が崩れて片状になるにつれて酸に可溶性形態のものが多くなる結果を得た。このことから、残留硼素の挙動が黒鉛組織に影響するものと思われる。この場合の片状黒鉛の析出を防ぐ目的で、テルルを併用するのであるが、実際の所  $0.03\sim 0.08\%$  程度の添加ではその効果は明白でない。しかしそれ以上の添加は薄肉部の白銹化を起す。鑄込温度は白銹同様  $2650\sim 2750^{\circ}\text{F}$  ( $1454\sim 1510^{\circ}\text{C}$ ) で、鑄造性は可鍛鑄鉄の場合より若干劣るが大きな差はない。質量効果少なく、均一組織であり、鑄型種類の変化による差も少ない。

以上の通りで、未だ実験段階ではあるが、鑄鋼同様な強度を持ち、鑄鋼に優る鑄造性を持つことから現在のピニオン、ギヤー、クランクシャフト等、鍛造品に代り得るものと考えられる。(飯島史郎)

### — 加 工 —

#### ショットブラステイングによる線材の脱スケール

(Wire and Wire Products, Vol. 34 (1959) No. 1 p. 47~57)

1958 年 10 月 14 日、ニュージョージア州のアトランティック市で行われた線材協会の年度会議において、5 つの論文が発表されたが、その中の 2 つが、ドイツの Heinz Berge および Hans Krautmacher によつて行われたもので線材の脱スケールを題目としている。以下に、その 2 論文を簡単に紹介する。

#### 1) Heinz Berge による報告 (p. 47~48, p. 114)

世界中の鉄鋼業の技術者は、2 つの大きな問題すなわち塵埃および不快なガスによる大気の汚染と工業用酸、その他の有害な物質による川および地下水の汚染という問題に当面している。特に酸洗後の廃液の処理については種々の改良がなされているが、未解決であり、ドイツではその取締法規の提出に伴い、つぎの 3 方法が考えられ、試みられつつある。

#### (i) 酸洗廃液の再生装置による排除

ドイツでは大量の線引が行われ、材料も各種にわたり線引条件に差があり、複雑なために、この方面の進歩は遅く限られた所でしか行われていない。

#### (ii) 硫酸の代りに溶融苛性ソーダの使用

原理的および技術的にはよいが、大量処理には向かずコストが高くなる。

## (iii) 機械的なスケール除去

第2次大戦後から実施され、先ず曲げの方法によつて行われた。現在でもかなり実用されている。

さらに、ショットブラस्टイングによるスケールの除去は、約5~6年前にはじめられたもので、つぎの3つの方式がとられている。すなわち (a) 線材に対して切線方向に磨き噴流を送り、連続的に行う。(b) ブラスト装置の中に束にして入れて回転して行う。(c) 沢山でなく1系列ずつ装置に入れ、縦方向から表面にショットを吹きつける。しかしながら、上記の3方法を比較した際の優劣は未だ確立されていない。

2) Hans Krautmacher の報告 (p. 50~57, p. 110~113)

ドイツの Westfaelische Union Company の Hamm 工場で 1956 年以來実施されている方法について説明し、その経験および試験データをもとにして、工場への応用についてつぎの点につき示唆を与えている。

## (a) 軟鋼線のブラスト洗滌について

軟鋼線に対しては問題なく実施され、つぎの線引・亜鉛被覆などの操作に支障を来さないが、ダイスの破損は、酸洗の場合より 10~20% 高い。機械的性質には影響を与えない。コストの点では、約 15% 高くなつたがこれはこの工場における実状すなわちこの方法によつて行われている量が酸洗いされている量の 1/6 という事情によるからであろう。一般的に、この方法の効力は、スケール層の成分に大きく左右される。

## (b) 高炭素鋼線のショットブラスト洗滌について

2種類の鋼線について実施し良好な結果を得たが、これはスケールの状態がよかつた (ロッドでは 75% FeO パテンティング後は 100% FeO) ことによるであろう。ダイスの損耗は、前者同様に高い。しかし、これによる維持費の増加は、酸洗の際に生ずる材料の損失に比べると大きくはない。機械的性質には影響をおよぼさないが、疲労その他特殊な条件についてのデータは、現在実施中である (内山 郁)

## 航空機機体用工具鋼(H-11)の処理並びに仕上げ

(P. E. Ruff: Metal Progress, 75 (1959) 4, p. 97~102)

ダイカスト用ダイス鋼 A.I.S.I. H-11 (JIS SKD-6 類似) の鍛材が超音速航空機およびミサイル等の胴部垂直主軸棒等に使用され、すぐれた成果を収めている。本論文はこれ等 H-11 の取扱い方法についてノースアメリカン航空にてとりまとめた結果である。

H-11 鍛材の焼鈍状態ではその加工性は SAE 4130 と同程度に良好で、冷間加工が可能であり、パンチプレス作業にはベリリウム-銅型を、型打成形には亜鉛合金の雌型に鉛のパンチを使用する。被切削性も非常に良好で SAE 4340 と同程度である。また HRC 36~40 に硬化しても普通切削加工は行える。ただし最終焼入焼戻を施した状態では普通切削加工は困難となるが、振動を防止し得るように取付けて、100~150 ft/mn の送りで炭化物工具を操作すれば良好な仕上面を得られる。一般に熱処理後は研磨仕上げを行い、研磨後は 925°±25°F で 2 h 歪取り焼鈍を行う。

H-11 の熔接にはタンゲステンアークを用い、アルゴ

ン等の不活性ガスの被覆を必要とする。熔接棒には H-11 を用う。熔接部は 250°F に予熱し、熔接後は 400~500°F に 1 h 歪取りを行つてから室温に冷却し、完全冷却後 1200°F に 2 h 保持して再び歪取りを行い、その後最終熱処理を行う。熔接部の機械的性質は 975°F 焼戻で抗張力-伸びの組合せが最良となり、950°F 焼戻で最悪となる。熔接部の疲労試験結果では、軸と直角方向に熔接したものは良好で、非熔接材とほとんど同成績であるが軸方向に熔接したものは成績が劣る。

H-11 の熱処理は仲々複雑である。熱処理炉としては雰囲気調節炉または塩浴を用いる。厚さ 4 in の鍛材では空気焼入にて均一にマルテン化し得る。焼入には先ず 1200°F に予熱後、1850°±25°F に加熱し、所定時間保持後空冷する。塩浴で加熱した部品は冷却後ただちに 185°±10°F の湯中に漬けて塩を洗い落す。焼入硬度は HRC 55~58 である。

焼戻は 3 回行い残留オーステナイトを極力分解する。すなわち先ず 975°F に 2 h 保持を 2 回繰返して硬度検査を行い、つぎに性能曲線にしたがつて第 3 回目の焼戻を行う。焼戻はいかなる場合にも焼入後 4 h 以内に行い、また 975°F 以下で行つてはならない。焼入曲りの矯正は焼入後 375±25°F に 2 h 加熱後治具に取付け、そのまま前述の焼戻操作を行う。

焼鈍は 1650±25°F に所定時間保持後 800°F まで炉冷しあとは放冷する。焼鈍を行わずに繰返し焼入を行うと不連続的な結晶粒度の生長がおこるので注意を要す。

熱処理歪防止法として、正規焼入前に 1650°F ±25°F 焼入 1150±25°F 2 回焼戻という中間熱処理を行うと良い。

H-11 は高温における耐蝕性が少ないので使用前に表面防蝕法を行う。ただし熱処理前の銅メッキは、焼入温度で銅が結晶粒界に拡散し脆化せしめるので行つてはならぬ。また抗張力 280,000~300,000 psi の範囲では、水素脆性が激しいのでメッキを行つた場合には脆性除去操作を厳重に行わねばならぬ。防蝕法として、500°F までの使用温度ではカドミウムの蒸着処理が適当で脆性の心配は無い。使用限度 925°F 付近の防蝕にはアルミニウム熔着または蒸着が良い。高硬度の防蝕面には 700°F の使用限度でクロムメッキを行うが、メッキ終了後ただちに 625°F で 2 h 加熱後 375°F で 23 h の歪取り焼鈍を必要とする。

その他一時的防蝕法には (MIL-C-15074), 250~375°F 用防蝕エナメルには (MIL-E-7729) 等が指定されている。

なおクロムメッキ、ニッケル-亜鉛メッキ、ニッケルメッキ等の表面にショットピーニングを行うと疲労強度をいちじるしく増加する。(吉田勝彦)

## 一性 質一

溶接の熱影響部 (Ernest F. Nippes: The Welding Journal, 38 (1959) 1, p. 1~s)

この報告は、第 16 回 Adams 記念講演会において講演した内容を掲載したものである。彼の所属している Rensselaer Polytechnic Institute で行われている研

究を引用しながら、先ず鋼のアーキ溶接における熱影響部の一般的な問題について述べ、つぎの各項目に分けて詳述している。以下に要点を記する。

### 1) アーク溶接における熱影響部

アーク溶接をすると、その各部分の熱履歴がそれぞれ異なるために、組織も異なり、溶接部の中央から順次に、粗粒部、細粒部、部分的に細粒の部分、炭化物の球状化した部分が見られる。熱影響部は、そのある一部分が熱履歴により冶金学的変化の集積した部分をいう。機械的性質は組織によるという冶金学的な考えをもとにして、溶接性の問題を解くためには、熱影響部を調べるのがよい。

### 2) アーク溶接条件の推定

アーク溶接の際に生ずる亀裂は、その鋼の硬度とマルテンサイト量に関係があり、後者は鋼の焼入性および熱影響部のうける冷却速度による。これらは先ず Jominy Test によつて鋼の焼入性を調べ、溶接の際に与えるエネルギー入力および鋼の予熱によつて適当な冷却速度を与え、適当な組織にすることにより解決されるであろう。(例示)

### 3) 熱サイクル

溶接部の温度分布が種々はかられ、一般的に次式で与えられる。

$$T - T_0 = F(S, d) / 1000 \times (\text{エネルギー入力}) \times (\text{入力係数})$$

T: 溶接部中心から d の距離の点の温度

T<sub>0</sub>: 初めの材料の温度 (予熱)

F(S, d): 時間 s と距離 d の函数

これから熱サイクルが推定できる。

### 4) 熱サイクルの再現

試料直熱式でカム操作、連続フィードバック温度検出調整方式の装置を作り、試料に適当な熱サイクルを与え得る。

### 5) オーステナイト系ステンレス鋼における“knife-line attack”.

化学工業に応用した際に見られた AISI 347 ステンレス鋼の“knife-line attack”現象について調べた。適当な熱サイクルを与えて、その組織変化および 65% 沸騰硝酸中での腐蝕について試験した。

### 6) 高温用合金の高温延性

高温用合金の熔融溶接において起る亀裂は、熱影響部の組織と応力分布に対する溶接熱サイクルの影響によるものである。考案した試験機を用いて、加熱の際および冷却の際の各温度における高温延性について調べた。高温における脆化は、結晶粒界析出反応および粒界の溶融さらに結晶粒度が影響していると考えられる。

### 7) T-1 鋼の熱影響部の研究

種々の熱サイクルを与えて、組織変化、遷移温度、連続冷却変態図などをしらべ、さらに鋼材の予熱および厚みの影響などを試験した。その結果、湿度の多い時とか溶接材の延性の小さい時には、T-1 鋼は予熱を要する。この予熱の条件は、鋼材の厚い時は問題ないが、薄い場合には、厳密に規定せねばならない。

### 8) 溶接熱影響部組織の推定

高感度膨脹計で、ボロン処理合金鋼について、ボロンの効果を説明する意味を含めて、組織変化を調べた。

9) 溶接熱サイクルに応用し得る高感度膨脹計および連続冷却変態図の進歩

上記の問題について、一般的に説明している。

(内山 郁)

軟鋼熔着金属の機械的性質におよぼす拡散性水素の影響 (British Welding Journal May, 1958, 565~567)

軟鋼熔着金属の機械的性質におよぼす水素の影響に関しては、従来迄に数多くの研究があるが、これらの研究の大部分は水素含有量を定量的に決定したものは少なく、単に試料中の水素含有量を熱処理によつて変化させたり、あるいは低水素型溶接棒から得た熔着金属とセルローズ型溶接棒から得た熔着金属の機械的性質を比較して、水素の影響を云々している。この論文は常温拡散性水素と残留水素を定量的に求め、それと機械的性質の関係を調べたものである。

6種類の被覆アーク溶接棒を用いて、BS 639:1952 Appendix C に準拠して熔着金属を作り、1つの熔着金属から3個の引張試験片とアイゾット試験片を採取した。なお試料中の拡散性水素の調整はつぎのようにして行なつた。

(1) 試験片の機械加工は液体炭酸ガスの噴霧中で行い、加工終了後から機械試験を始めるまでドライアイス中に保存した。(拡散性水素量: 大)

(2) 常温で機械加工を行い、機械試験の前に 150°C で 24~48 時間焼鈍した。(拡散性水素量: 中)

(3) 機械加工、焼鈍温度は(2)と同様であるが焼鈍時間を 72~168時間とした。(拡散性水素量: 小)

上記のようにして準備した試料を機械試験後ただちにドライアイス中で冷却し、冷却後液体炭酸ガスの噴霧中で破断した部分を約 1/4" 削り取り、これを水素分析用試料とした。なお拡散性水素量はグリセリン法により求め、また残留水素量は真空加熱法により求めた。

かくして熔着金属の機械的性質におよぼす水素の影響として、つぎの諸点をあげている。

(1) 拡散性水素量の増加によつて靱性は低下する。被覆剤の系統によつてその傾向が大きいものと小さいものがある。

(2) 全水素量の増加によつて真の抗張破断応力は低下する。

(3) この試験片に含有されている水素量程度では、抗張力、降伏点におよぼす影響はあまり明瞭ではない。

(4) 拡散性水素量の増加によつて衝撃値はわずかに低下する。(笠松 裕)

ジンの高い船用鋼鉄 (W. J. Harris and C, Williams: Metal Progress. Vol 75, April(1959), p. 66~71)

第2次世界大戦中に、米国において製造した輸送船、すなわち、リバティー船、ヴィクトリー船、タンカー等が大洋を航行中、船腹が破断して大きな事故が発生するという事例が 1953 年までに 185 件、その他小さな亀裂発生等まで含めると 898 件という多きに上つた。

かかる事態に対して、船舶組織委員会は 1946 年から研究に着手し、種々なデータの整理統合等によりこの度つきのごとき結論を得た。

脆性破断の発生条件としては、(1) 非常に高い応力が存在せねばならない。すなわち過去の大事故はほとんど大洋航行中に発生している。ただし港湾中でも製造方法の不適による内部残留応力がいちじるしく存在する場合には事故を発生するにいたる。内部残留応力の実測値として 47,000 psi もあつた記録がある。(2) 応力が集中し得る切欠部分が存在せねばならない。すなわち、船体の四角な開口部等がこれに相当する。また製造中の欠陥である溶接不良箇所、割、空隙等もこれに相当する。(3) 切欠ジーン性の低い鋼を使用する。すなわち遷移温度の高い鋼を使用すれば発生条件を満足する。

これ等の脆性破断を防止する方法としては、船の設計は勿論重要であるが、材質の冶金学的問題として、鋼板の遷移温度を低下せしめることである。

第 2 次大戦中の鋼板の遷移温度の実測平均値は 70°F で、割れの発生点では 90°F 前後であり、160°F に達するものもあつた。これ等の鋼板の製造規格は、化学成分上の規定は無く、 $\sigma_B$  58,000~70,000 psi,  $\sigma_S > \sigma_B/2$  の機械的性質を満足すれば良かつた。すなわち遷移温度に関しては全く意を用いていなかったのである。

研究結果によれば、化学成分中の炭素量を減少せしめると遷移温度は低下するので、鋼板の要求する強度、溶接性より、炭素 0.20% 以下、マンガン 1.00~1.35% と定めた結果、遷移温度の平均値は 10°F となり、戦時中より 60°F 低下せしめ得た。この成分によれば 1 $\frac{1}{2}$  in 厚の板まで航行状態で十分に低い遷移温度を保つことが出来る。なお本鋼種はセミキルド鋼としたがホットトップキルド鋼ならばさらに低い遷移温度を得られる。

その他、鋼板を 1650°F より焼準することにより、また圧延終止温度を低下することによりフェライト結晶粒度は微細化し遷移温度を低下し得るが、キルド鋼板製造と共にいずれも大量生産方式を採る場合には実用的ではない。

本論文中の遷移温度は、シャルピー V ノッチ衝撃試験にて 15 ft-lb の吸収エネルギーを示す温度とした。

(吉田勝彦)

## 一 分 析

### キャリアーガス法による鋼中の水素の定量

(C.E.A. Shanahan, F. Cooke, Journal of the

Iron and Steel Institute, December, 1958, 381~385)

鋼中の水素の定量法としての真空加熱抽出法はここ数年来大いに発達し、現在では水素定量のための標準法となつているが、製鋼工場などで水素の分析をなるべく避けようとする傾向があるのは、装置を組立てる経費が大ききこと、装置がこわれやすいこと、高度の真空を取扱うためにある程度熟練を必要とすることなどの理由による。

高温において水素の抽出を早めるためには、試料周囲の雰囲気中の水素分圧を極力低下させれば良いわけであり、これを真空によつておこなつたものが真空加熱抽出法であり、一方真空の代りに窒素、アルゴンなどの不活性ガスを流して水素分圧を低下させても良いわけでありこれを利用したのがキャリアーガス法である。この方法は真空加熱抽出法のような短所がなく、分析精度も同程度である。

この分析法の大要はつぎのとおりである。すなわち約 50 g の試料を乾燥した窒素ガス気流中 (2l/h の流量) で約 650°C に加熱し、試料から放出された水素ガスを窒素ガスと共に、550~600°C に加熱された酸化銅、一酸化鉄の混合物中を通して水蒸気に酸化させる。そしてこの水蒸気を 5 ml の無水メチルアルコールに吸収させ、これをカールフィッシャー試薬で滴定する。水蒸気を含んだ窒素ガスをメチルアルコールまで導いてくるための導管には、水蒸気の凝縮を防ぐために、ニクロム線を巻いて約 70°C に加熱する。

この分析法において問題になるのはつぎの 3 つの点である。

(1) 試料からの水素の抽出速度が真空加熱抽出法に比較してどうか

(2) 抽出された水素が完全に水蒸気に酸化するか、

(3) 真空加熱抽出法に比較して分析精度はどうか。

(1) に関しては、水素の放出速度を支配するものは鋼中の水素の拡散速度であり、同じ組成、同じ形状の試料では両者の方法の間には差が認められない。(2) に関しては全く問題がない。また (3) に関しては、同じ鋼塊から採取した試料でも、水素含有量にわずかの差があるので多数の試料について比較実験をおこなつた結果、数値の点でも精度の点でもほぼ同程度であることが分つた。

なほカールフィッシャー試薬で滴定する場合に、エンドポイントは遊離ヨウ素の生成のため液が褐色になることにより判るが、より正確に知るためには "dead stop" technique を用いる方法が良い。(笠松 裕)