

# 金材技研

## 1971

科学技術庁

# NO. 7

## ニュース

金属材料技術研究所

### V<sub>3</sub>Ga 多芯超電導線

V<sub>3</sub>Ga 化合物は超電導マグネット用材料としてすぐれた特性を示し、V下地テープの表面からGaを連続的に拡散するV<sub>3</sub>Gaテープの製法がさきに当研究所で開発され、同テープはすでに強磁界の発生に実用されている。しかし、超電導線材は磁化履歴による交流損失のため従来その応用が直流の用途に限られていた。最近、きわめて細い芯状の超電導体では履歴損失が無視でき、交流的な用途に有望なことが明らかになったが化合物でこのような細い線材をつくることは困難視されていた。電気磁気材料研究部では超電導化合物の用途を交流の領域まで拡げるため、次のような新しいアイディアによる複合加工法を用いてすぐれた特性をもつV<sub>3</sub>Ga多芯超電導線の試作に成功した。

新製法ではまず純V芯とCu-Ga合金の複合体を作成するが、これは多数のV芯を融点の低いCu-

Ga合金(20%Ga)で铸ぐるむことによってつくられる。この複合体は冷間あるいは温間で容易に線材に加工され、きわめて細いV芯をつくることができる。この線を650°~700°Cで熱処理するとCu-Ga合金からGaが選択的にVと拡散してV芯をV<sub>3</sub>Ga芯に変えることができる。写真1に試作された多芯線の断面を示し、また、写真2に線材断面上のX線マイクロアナライザー走査記録を示した。走査記録では残留したV芯、Cu-Ga合金およびその間に拡散生成されたV<sub>3</sub>Ga層を明瞭に判別できる。Cu-Ga合金中のGaの拡散はきわめて速いためGaの濃度勾配はほとんど存在しない。Cuは走査記録にみられるようにV<sub>3</sub>Ga層には固溶しないのでその超電導特性を害することがない。

Gaは融点が低く直接Vと複合加工できないが、Cuをキャリアメタルとして用い熱処理でGaのみをVに拡散させる新製法により容易に細線がつく

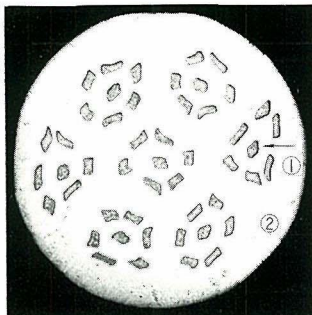


写真1 V<sub>3</sub>Ga多芯線の断面  
(外径0.4mm)  
① V<sub>3</sub>Ga芯 ② Cu-Ga合金

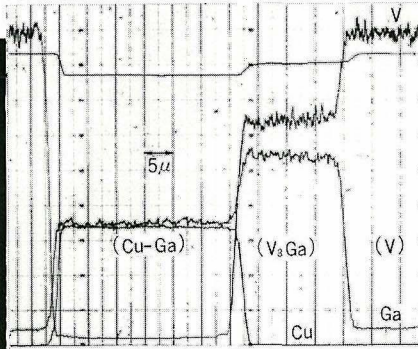


写真2 V<sub>3</sub>Ga線断面のXMA走査記録  
(V<sub>3</sub>GaおよびCuの場所的濃度変化を示す)

れるようになった。本線材のV<sub>3</sub>Ga芯は175kOeの強磁界中で $1 \times 10^5$  A/cm<sup>2</sup>の大きい超電導電流密度をもち、線材をコイルにまいても特性が低下しない。V<sub>3</sub>Ga多芯線はシンクロトロン加速磁石のような交流強磁界発生装置や電気機器にすぐれた性能を発揮し、また、従来のテープ状線材に比べて均一度の良い直流強磁界装置をつくることができる。

## 鉄鋼中における硫黄の拡散

鉄鋼材料中における硫黄の存在は微量でも機械的性質に著しく影響するので硫黄の挙動は従来より研究対象とされてきた。

拡散挙動を追求するには化学分析法、EPMA法を利用することが多いが、鉄中における硫黄の拡散を研究する場合、粒界偏析しやすく、しかも鉄中の固溶限の極めて低い硫黄に対してはこれらの方法は適切とはいえず、本ニュース1969年 No. 7に紹介したような放射性トレーサ法が最適の方法である。

鉄鋼材料研究部鉄鋼第2研究室では鉄中における硫黄の拡散挙動について研究しており、純鉄中における硫黄の拡散実験の結果として、硫黄は鉄中での固溶限が極めて低いために粒界偏析しやすく、また硫黄の粒界拡散挙動は $\alpha$ - $\gamma$ 変態とはあまり関係ないことを認めた。

鉄鋼材料中における硫黄の挙動を考慮する場合、特に炭素原子の存在効果を知る必要があるが、目下のところこの問題に対する明確な解答はほとんど見られないのが現状である。

真空溶製した鉄—炭素合金の表面に放射性硫黄を蒸着し、次いで拡散させた後試料の表面放射能を低バックグラウンド放射能測定装置(写真)で測定することによって、図に示すような興味ある拡散プロファイルを得ることができた。

これは800°Cにおいて鉄中に硫黄を表面より拡散させた場合のPenetration curveであり、炭素濃度による直接的効果以外に800°Cにおける $\alpha$ - $\gamma$ 相の存在率による間接的效果を認めること

ができる。

すなわち、No.1は0.07%Cで800°Cにおける $\alpha$ 相存在率は85%、 $\gamma$ 相15%であり、No.2(0.14%C)は $\gamma$ 相40%、No.4(0.40%C)は $\gamma$ 相100%となっている。 $\alpha$ 相の多い鉄—炭素合金においては計数率—すなわち放射性硫黄の濃度が高く、 $\gamma$ 相が増大するに伴って硫黄の濃度は低下している点より $\alpha$ 相中における硫黄の固溶限は $\gamma$ 相中におけるよりも高いことが推察される。

固溶限の高いことに関連して $\alpha$ 相の多い鉄—炭素合金では体積拡散が認められるのに対して $\gamma$ 相だけの鋼(No.4)では体積拡散はほとんど認められない。これは図のように濃度変化が拡散距離( $x$ )の6/5乗に比例している点より容易に結論することができる。

一方、炭素濃度が低く $\alpha$ 相の多い鉄合金の表面近傍では硫黄の濃度変化が拡散深さ( $x$ )もしくは6/5乗に比例しないで、むしろ2乗に比例しているのは体積拡散の証明となっている。

炭素濃度が直接的に硫黄の固溶限を低下させるという説もあるが、図に示したような顕著な現象には $\alpha$ 相であるか $\gamma$ 相であるかの結晶構造の効果の方が主導的であると考えている。

次に、硫黄の濃度変化が $x^{6/5}$ に比例するような十分な拡散深さの部分において濃度変化の勾配を調べると、炭素濃度の低いほど勾配は緩やかであり、結果として炭素濃度が増すに伴って鉄中における硫黄の粒界拡散速度は僅かながら低下する傾向のあることが認められた。

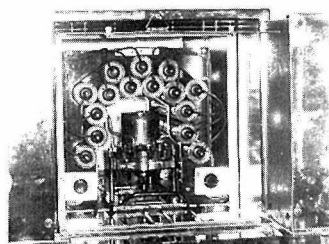
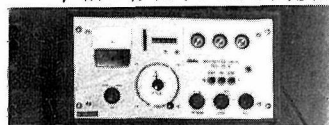


写真 低バックグラウンド放射能測定装置

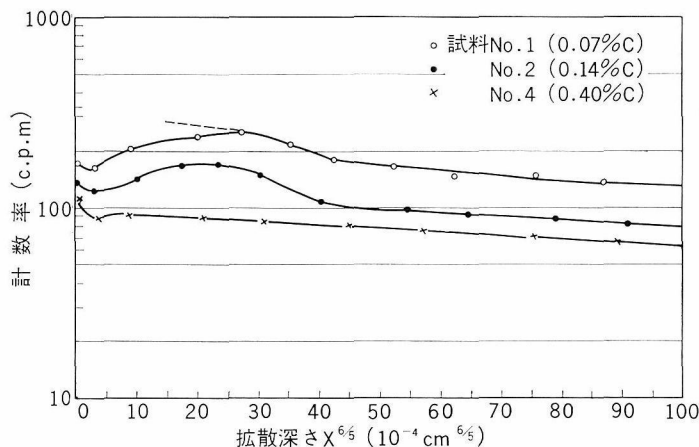


図 鉄—炭素合金中への硫黄の拡散

## アルミニウムの孔食におよぼす鉄とケイ素の影響

アルミニウムは水道水、井戸水および河川の水などの中では孔食を発生するので問題となっている。市販の純アルミニウムにも含まれている不純物である鉄およびケイ素は孔食発生に悪影響をもたらすことが定性的には知られているが、それらと孔食発生との関係についての詳細な研究はない。

腐食防食研究部湿食研究室ではアルミニウム中の鉄およびケイ素が孔食発生に果たす役割について調べている。微量のリン酸イオン、塩素イオンおよび塩素ガスを含む液中で発生する孔食を走査形電子顕微鏡によりしらべると、孔食は析出物あるいは金属間化合物の界面、および粒界などの欠陥部に {100} ファセティング溶解の形で始まることがわかった。写真1は短時間の腐食試験によって発生した初期の孔食であり、ファセットが現われている。写真の一部に影のようにみえる部分も同じファセットをもっているが、これらは光学顕微鏡では認められず、二次電子像では認められるところから、アルミニウムの表面の極めて近くにトンネル状に進んだ孔食であると考えられる。

99.97%アルミニウムには100時間まででは孔食は発生しないが、鉄およびケイ素の量が増えるにしたがって孔食発生数は増加する。写真2は粒界に鉄の析出 ( $\text{FeAl}_3$  とと思われる) が認められるところに発生した孔食の一例である。ケイ素は  $500^\circ\text{C}$  で焼なまし処理をすると粒界に再析出するので、この材料では粒界に孔食が発生しやすい。写真3は三つの粒の交点に発生した孔食の一例であり、この材料ではケイ素の量が多いので、粒界の析出物はかなり大きく、深い孔食が発生した。つまり、孔食は析出物がカソードとなり、その界面がアノードとなって溶解していき、ついには析出物のまわりがすべて溶解し去り、物理的に析出物は抜け落ちるようなかたちで進行したと考えられる。なおある程度の深さをもった孔食で自己触媒的に成長を続けるようになると、孔食溶解はファセティング溶解ではなくなって、写真3に認められるような丸みを帯びた溶解をするようになる。このような観察をつみかさねることにより、金属組織の面から孔食を防ぐ方法をえたいと努力している。

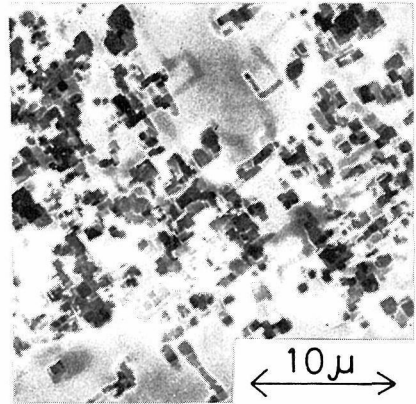


写真1 Al, 0.01Fe, 0.11Si に発生した孔食。  
腐食試験時間：2hr

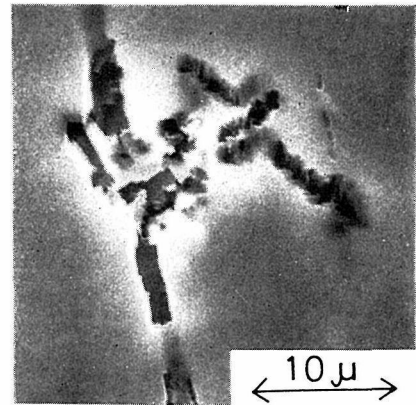


写真2 Al, 0.17Fe, 0.01Si に発生した孔食。  
腐食試験時間：1hr

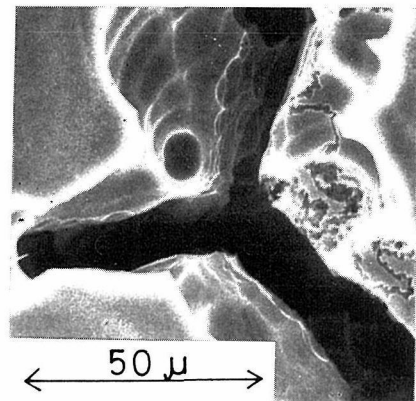


写真3 Al, 0.01Fe, 0.39Si に発生した孔食。  
腐食試験時間：100hr

## 特許紹介

### 半還元鉄のキュボラ溶解法

特許出願公告 昭46—10769  
公告 昭和46年3月19日

この発明は、キュボラにおける半還元鉄の炉内還元により、鋳物用溶鉄を製造する方法に関するものである。すなわち、還元度30~90%の半還元鉄をキュボラの装入鉄原料とし、通常のキュボラ溶解に使用されるコークス比に対し、半還元鉄中の酸化鉄を還元し、また、コークスの燃焼にて所望の炉内温度を保つコークス量（追い込みコークス比）を規定し、炉内ふん囲気の還元力を考慮して送風量、送風中の酸素量、炭化水素系物質、発熱剤、熱風温度などを適宜決定することにより鋳物用溶鉄を製造することに特徴がある。

キュボラ溶解法は、鋳物用鉄の溶融に使用されるのが普通であるが、最近のキュボラ溶解技術は、炉内におけるコークスの燃焼率が次第に低下し、CO 富化の操業に移行している。この発明はCO の炉内ガスおよび固体炭素を酸化鉄の還元に利用し、半還元鉄から直接鋳物用溶鉄を製造するもので、久保田鉄工㈱の技術的協力を得て確立された。

この発明によれば、鉄のバージニティが失われることなく、炭素量3.7%以上、硫黄量0.08%以下の溶鉄を得ることができ、鉄、鋼材などの鉄原料を一部または全量で使用しないため、極めて低廉な鋳物用鉄が製造される。

### 低硫黄耐疲労鋳鉄

特許出願公告 昭46—17419  
公告 昭和46年5月14日

この発明は、硫黄量について従来の研究範囲よりも著しく低い領域における硫黄量と耐疲労性との関係を研究した結果なされたものであって、硫黄が0.0030%以下で黒鉛組織を共晶黒鉛とし、耐摩耗性と耐疲労性を兼ねそなえる低硫黄耐疲労鋳鉄に関するものである。

鋳鉄の疲労性は、従来より、鋳鉄の重要な性質の一つに数えられ、その改善には多くの努力がなされてきた。耐疲労性には鋳鉄中の硫黄量が低いのが望ましいとされているが、両者間の相互関係は不明であった。この発明は鋳鉄中の硫黄量を一定限度以下に減少せしめることにより、耐摩耗性と耐疲労性の著しく向上せしめられた鋳鉄を提供するものである。

この鋳鉄の顕微鏡組織は、共晶黒鉛とフェライトまたはパーライトからなり、普通鋳鉄における黒鉛のノッチ効果による機械的性質、とくに引張り強さの減少が少ないから高い強さが容易に得られる。かつ、この鋳鉄は高炭素量においても共晶組織が確保される性質を有するから、これによる耐摩耗性の向上が確認された。このような性質をもつこの鋳鉄は、工作機械のフレーム、とくに耐摩耗性部分をもつフレーム、内燃機関のピストン・リング、エンジンブロック、シリンダーヘッド等に用途が可能である。

## ◇ 短 信 ◇

### 人 事 異 動

佐々木 武（管理部企画課長）  
通商産業省大臣官房付  
（現職 高知県工業試験場長） 46.4.30付  
林 弘（日本原子力船開発事業団）  
管理部企画課長に採用 46.5.1付

## 受 賞

### 日本原子力学会賞（技術賞）

科学研究官 伊藤伍郎および三島良継、大久保忠恒（東京大学）は昭和46年3月26日「安全解析の基礎としての燃料被覆管のふるまいに関する研究」にて、上記の賞を受けた。

### 亀久人賞

溶接研究部特殊溶接研究室長 蓮井 淳は昭和46年5月28日「摩擦圧接法および装置」の発明考案により、日本溶接協会より上記の賞を受けた。

通巻 第151号  
編集兼発行人 林 弘  
印 刷 奥村印刷株式会社  
東京都千代田区西神田 1-1-4

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所  
東京都目黒区中目黒2丁目3番12号  
電話 東京(03)719-2271(代表)  
郵便番号 (153)