

金材技研 1980

科学技術庁

NO.4

ニュース

金属材料技術研究所

高磁界特性のすぐれた複合加工 Nb₃Sn 超電導線材の開発

極細多芯形式の Nb₃Sn あるいは V₃Ga 高磁界超電導線材の開発は核融合炉マグネットなどへの応用のため強い関心をもたれている。しかし、純ニオブ(Nb)芯と銅(Cu)－すず(Sn)マトリックスを複合加工して作られる従来の Nb₃Sn 線材は高磁界で臨界電流 I_c が急速に減少するため12テスラ以上の高磁界中での使用に耐えられなかった。

電気磁気材料研究部では、比較的安価な Nb₃Sn 線材の高磁界特性の改善を目的として、Nb 芯へのハフニウム(Hf)添加およびマトリックスへのガリウム(Ga)添加の効果を研究した。

試料の作製は、まず Cu－Sn あるいは Cu－Sn－Ga 合金マトリックスに純 Nb 芯あるいは Nb－Hf 合金芯を挿入した複合体を厚さ約0.25mm、芯幅約2mmのテープあるいは、外径0.6mm 芯径約0.25mmの線に冷間加工した。ついでこれらの線材を700°～800°C で熱処理して芯とマトリックスとの拡散反応により Nb₃Sn 化合層を生成させる。

写真に生成された Nb₃Sn 層の組織を示したが、Nb 芯に Hf を添加すると Nb₃Sn の生成速度が2～3倍に増加し、結晶粒の細かい

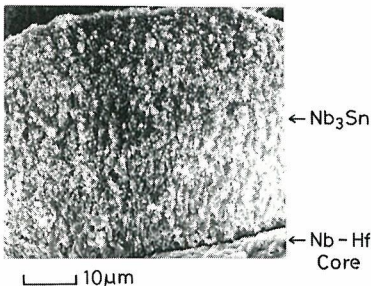


写真 Nb-5Hf/Cu-7Sn 複合加工テープの断面組織 (熱処理800°C×100hr)

Nb₃Sn 層を厚く生成させることが出来る。

図にテープ試料の磁界(H)による I_c の変化を示した。Hf を添加すると Nb₃Sn の上部臨界磁界 H_{c2} が増加し、従来の Nb₃Sn 複合加工線材 (Nb/Cu-7 Sn) に比べて I_c－H 曲線が高磁界側に移動する。また、マトリックスに Ga を加えると I_c－H 曲線が上に凸となり高磁界における I_c が増大する。Nb 芯に Hf、マトリックスに Ga を同時添加した試料では、4.2K における H_{c2} が25テスラ以上に達して17～18テスラの磁界中で大きい I_c が得られ、さらに、線試料で17テスラの磁界中で 1×10⁵ A/cm² 以上の大きい臨界電流密度が得られた。一方、上記の元素添加は、核融合炉用などの大型線材で重要な課題となる応力特性の改善にも有効なことが予想される。

本研究によって15テスラ以上の高磁界の発生が容易な Nb₃Sn 極細多芯線材が作製できる見通しが得られ、将来、核融合炉などの開発に大きい貢献をすることが期待され、現在その実用化のための研究を進めている。

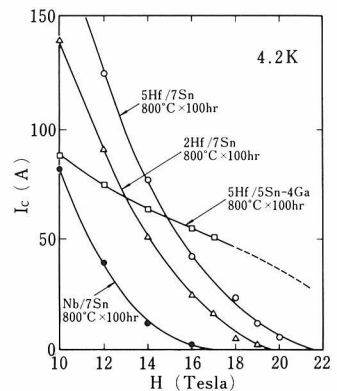


図 Nb₃Sn 複合加工テープの磁界(H)による臨界電流(I_c)の変化

オートラジオグラフィーによるフェライト系ステンレス鋼の凝固組織

今日一般の家庭の調理室などに広く用いられているフェライト系ステンレス鋼は、薄板に加工する場合に表面にリジングと呼ばれる微細なしわが発生することがある。このリジングはフェライト系ステンレス鋼を製造する際の大きな問題の一つであり、その発生を防止するには鑄塊の凝固組織を調節することが有力な手段の一つと考えられている。したがって、フェライト系ステンレス鋼の凝固組織を明らかにすることは工業的に非常に重要な課題である。

金属材料の凝固組織を調べるには、鑄塊の断面を腐食することが一般に行なわれている。フェライト系ステンレス鋼では、凝固の際に最初に晶出する部分と最後に凝固する部分での合金元素である Cr の濃度差が非常に小さい。このために腐食のされ方に差が生じにくく、これまでは、腐食による方法では凝固組織を明瞭に顕出できなかった。

製錬研究部では、この顕出困難なフェライト系ステンレス鋼の凝固組織をオートラジオグラフィーによって顕出することを試みた。オートラジオグラフィーとは、試料中の放射性物質の分布を直接写真乳膜に記録する技術であり、金属材料の研究分野では合金元素の偏析状態や拡散現象の研究などに利用されている。

これまでに行った実験では、使用する放射性元素として ^{35}S を選んだ。直径30mm、深さ 100mm の

るつば中で 17Cr 鋼を溶解し、 Fe^{35}S の形で少量の ^{35}S を添加した後そのまま冷却凝固させた。凝固した試料の縦断面のオートラジオグラフの一例を写真に示す。Aは原寸であり、BはAの一部を6倍に引伸したものである。白い部分は放射能がある部分すなわち ^{35}S の濃度の高いところで、黒い部分は放射能がない部分である。写真から、デンドライト状の凝固組織が明瞭に観察される。これまで、17Cr 鋼の凝固組織がデンドライト組織であるかどうか不明であったが、このオートラジオグラフでデンドライト組織が確認できた。

この写真は、添加した $3 \times 10^{-5}\%$ の ^{35}S が凝固の際に再分布した分布状態を示したものであるが、Bに示すように、結晶内での微細な分布まで明瞭に示現している。勿論この試料には、0.008% の非放射性の S も含まれているが、XMA などの他の手段でその分布状態を正確に知ることはできない。このように、オートラジオグラフィーはその感度がきわめて高く、特に凝固組織の顕出が困難な金属や合金の組織の顕出のみならず、その結晶内における元素の微細な分布状態を明らかにするのにきわめてすぐれた方法であることが分った。

今後は、オートラジオグラフィーの特徴を十分に利用し、金属や合金の凝固組織の改善及び金属材料の品質の向上に役立てたいと考えている。

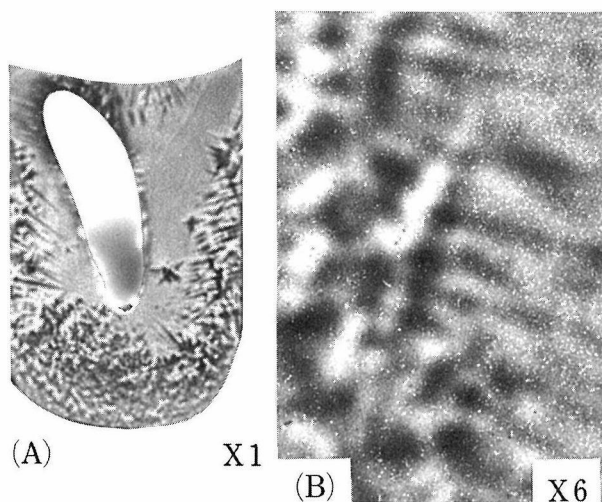


写真 17Cr 鋼の凝固組織のオートラジオグラフ

XY記録データの変換処理システム

研究業務において、実験によって生ずるデータを、XY記録計等を使用して2つの量 x と y （例えば、 x ：試験片に与える荷重、 y ：試験片の伸び）の関係を示す曲線として表現されることが多い。このようなデータに対しては、通常図形の観察や記録紙上の所要個所の目盛の読みとりなどの簡単な処理法が行われているが、より高度な2次的情報（例えば曲線の傾斜やその包む面積など）が必要な場合には、従来の手動的方法では処理時間が長くなる上に不正確になり易い。

金属物理研究部では、所内における上記のようなデータ処理の要望に応じて、図1に示すような記録図形データの半自動的処理システムを開発した。これは、平板上に置かれた記録紙上を自由に滑動できる追尾ヘッドと、追尾ヘッドに固定された標点の座標位置(x, y)に比例した電圧を発生する装置、記録曲線が複数個あるときに識別する信号を発生する回路、上記信号をまとめて電子計算

機で処理し易い形式に変換するアナログ磁気データレコーダ及びデジタルデータ集録装置、ならびに電子計算機からなる。追尾ヘッドを動かして標点を曲線に沿って動かして行くにつれて、標点の x, y 座標に比例した電圧信号と識別信号が、別に設けたデータの読取りを指令するパルス記号と共にアナログ磁気データレコーダに送られ、磁気テープ上に記録される。このデータは同じデータレコーダで高速再生された後デジタルデータ集録装置に送られ、電子計算機で処理できるような形式の紙テープデータに変えられる。これを予め電算機に格納しておいたプログラムを用いて電算機で解析処理する。320×420mm²の記録紙を取扱うことが可能で、図形変換機構部の変換精度は20×20cm²に対し約0.2%である。図2はデータ処理に用いた図形の一例で、荷重試験後の金属試料片の変形状況を記録したものである。図の中で変形は、あらかじめ等間隔で x 方向に引かれた平行線が縦(y)方向にずれたものとして表現されている。ここで、データ処理の目的をこの図形の平面内における y 方向の歪 $\epsilon = (\Delta y_0 - \Delta y) / \Delta y_0$

(Δy_0 = 変形前の平行線の間隔、 Δy = 変形後の間隔)の分布とした。図3はこのシステムによる処理結果で、図2の各格子点(代表的な測定点)の読取り値を用いて計算された各部分での歪 ϵ を z 軸方向に表現することによって、前記分布を立体的に示している。

このシステムは、上記のほか、各種のスペクトル波形の解析、金属表面の組織や温度分布パターンの面積測定など、金属材料の実験的研究に広く応用することが可能である。

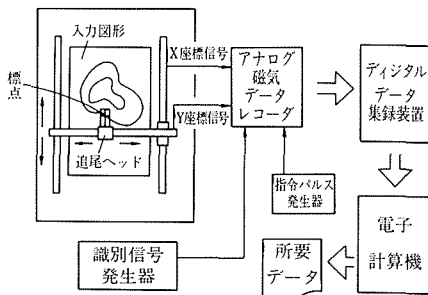


図1 図形変換処理システムの構成

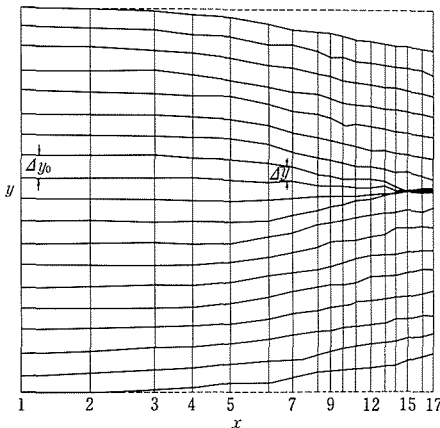


図2 入力図形データ

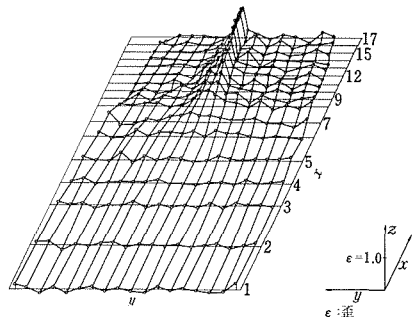


図3 出力処理結果

研究成果の発表

1. 国際会議（○印は発表者を示す）

金属と合金の電子構造に関する国際会議（昭和55年3月17日～3月21日、東ドイツ・ドレスデン）

発表論文 Self-Consistent Energy Band of CoAl

○M. Okochi and M. Lähdeniemi

エネルギー製造における液体金属技術に関する第2回国際会議

（昭和55年4月20日～4月23日、アメリカ・リッチランド）

発表論文 1) Effects of Alloying Elements on Compatibility of Vanadium-Base Binary Alloys in Liquid Sodium

○T. Suzuki, N. Iwao, T. Kainuma and R. Watanabe

2) Effects of Ion-Plated Molybdenum on Compatibility of Vanadium-Base Alloys in Sodium Environments

N. Iwao, ○T. Suzuki, M. Fukutomi, T. Kainuma, M. Okada and R. Watanabe

第4回チタン国際会議（昭和55年5月20日～5月22日、日本・京都）

発表論文 1) Crystal Structures of Martensites in Ti-Mo-Al Alloys

H. Sasano, ○T. Suzuki, O. Nakano and H. Kimura

2) Solid-Solution Strengthening of α Titanium Alloys

○H. Sasano and H. Kimura

3) Mechanical Properties of FeTi, CoTi and NiTi at Elevated Temperatures

T. Suzuki and ○S. Uehara

4) Phase Separation in Ti-V Alloys

○O. Nakano, H. Sasano, T. Suzuki and H. Kimura

5) A Metallurgical Study on Superconducting Ti-Nb Binary and Ternary Alloys

○H. Wada, K. Tachikawa and R. M. Rose

2. 春期学・協会発表（口頭）

学・協会名	発表期日	発 表 題 目	担当研究部
日本非破壊検査協会	3.18～3.19	1. 欠陥漏洩磁束の測定（磁化方向の角度による影響）	材 料 強 さ
日本原子力学会	3.27～3.29	1. 析出強化型 Fe-Ni-Cr 系合金の He 脆化に及ぼす時効処理の影響	原子炉材料
		2. プロトン照射した Fe-Ni-Cr 合金のボイドスエリング	"
日本物理学会	3.27～3.30	1. 過飽和固溶体における組成変動の拡散挙動	金 属 物 理
日本機械学会	4.1～4.3	1. JIS 機械構造用炭素鋼並びに Cr 及び Cr-Mo 鋼の軸荷重疲れ特性	疲 れ
		2. 少標本疲労データの統計解析	"
		3. A 5083 アルミ合金の疲れき裂伝ばの遅延挙動に与える圧縮過大荷重の影響	"
		4. 溶接継手の疲れ特性に与える周期的単一過大荷重の影響	"
日本鋳業会	3.31～4.3	1. 硫化銅の陽極酸化における硫黄中間生成物の薄層ラジオクロマトグラフィによる検出	金 属 化 学
		2. 熔銅中の Zn, Pb, Sn の揮発速度	製 錬
		3. 振動電解槽の設計	"
		4. S°/CuS による水溶液中の水銀の置換除去	"
		5. 振動槽による銅の連続電解採取	"
		6. S°による水溶液中の水銀の電解除去	"
日本金属学会	4.3～4.5	1. 相変態拡散理論における勾配エネルギーの役割	金 属 物 理
		2. 変調構造を含む合金の耐スウェリング特性について	"
		3. Ni-Cr-W-Nb 系合金の1000℃における組織変化	鉄 鋼 材 料

日 本 金 属 学 会	4.3 ~ 4.5	4. Fe-Ni-Mn 等温マルテンサイトの電顕観察	非鉄金属材料
		5. Fe-Ni-C マルテンサイトの逆変態の電顕観察	"
		6. 高温変形した Cu-10 at % Al 単結晶の転位構造	"
		7. P/M-Mo の圧延および再結晶集合組織におよぼす結晶粒度の影響	"
		8. 非晶質 $Ti_{50}Be_{40}Zr_{10}$ 合金の結晶化挙動	"
		9. 加圧水素雰囲気中での X 線回折	"
		10. FeTi 相の水素化特性におよぼす酸化物の影響	"
		11. 加圧水素雰囲気中 X 線回折による Mg_2Ni の水素吸蔵と脱水素過程について	"
		12. V_3Ga 複合加工多芯線の超電導特性	電気磁気材料
		13. 複合加工—外部拡散法により作製した Nb_3Sn 超電導線材	"
		14. 粉末法による Nb 系超電導化合物線材の作製	"
		15. 非晶質 Tb-Fe 薄膜における磁気不安定性	"
		16. 中性子照射したモリブデンの引張強度とマイクロ硬さの関係	原子炉材料
		17. 中性子照射したモリブデンの引張延性とマイクロ硬さの関係	"
		18. Mo および TZM の微量酸素を含む高温 He ガスならびに真空中における機械的性質の変化	"
		19. Mo および Mo 合金の高温 He ガス共存性に及ぼす前処理温度の影響	"
		20. Pd, Fe, Ni, Cu および Ag の薄膜を蒸着したタンタルの水素吸収速度	金 属 化 学
		21. 高速引張試験による熱間加工性評価について	金 属 加 工
		22. ステンレス鋼の高温における不純物の表面偏析	腐 食 防 食
		23. Ni 基耐熱合金上の Al および Cr の拡散浸透被覆層の組成と構造	"
日 本 鉄 鋼 協 会	4.3 ~ 4.5	1. 二相ステンレス鋼における σ 相生成および耐孔食性におよぼす Mo の影響	鉄 鋼 材 料
		2. γ' 析出強化型 Ni 基耐熱合金の高温特性に及ぼす炭素量の影響	"
		3. 鋼の焼入性に及ぼす熱間加工履歴の影響	"
		4. インコネル 617 の高温水蒸気中腐食	原子炉材料
		5. ハステロイ XR の還元ガス中における水素透過	"
		6. H_2 -Ar プラズマによる $CaO \cdot SiO_2 \cdot FeO(80\%)$ 系溶融スラグ中の FeO の還元	製 錬
		7. Sulfur Decoration 法による高温酸化スケールの保護性の評価	腐 食 防 食
		8. JIS 機械構造用 Mn 鋼の疲れ特性	疲 れ
		9. 鋼の疲れ限度を定めている欠陥の大きさの推定	"
		10. ボイラ用炭素鋼板 SB49 の高温低サイクル疲れ寿命	"
		11. SB 49, SBV 2, SCMV4NT, STBA 25 及び 26 の長時間クリープ破断データの評価 (金材技研における長時間試験データ・XX)	ク リ ー プ
		12. タービンケーシング用 $1Cr-1Mo-1/3V$ 鋳鋼のクリープ破断データ (金材技研における長時間試験データ・XXI)	"
		13. NRIM クリープデータシート試験における温度監視及びクリープ伸び測定システム	"
		14. NRIM クリープ破断データ解析のためのプログラムパッケージの開発	"

日本鉄鋼協会	4.3～4.5	15. 1.3Mn-0.5Mo-Ni 鋼(SBV2)のクリープ破断性質と破壊機構	ク リ ー プ
溶 接 学 会	4.8～4.9	16. Cr-Mo-V 鋼の高温破壊機構領域図 1. TM-49Ni 基鋳造合金の液相拡散溶接—Ni 基超耐熱合金の拡散溶接に関する研究(第1報)— 2. Al-Zn-Mg 合金の電子ビーム溶接部における時効性 3. 高張力鋼溶接熱影響部における水素による割れ(第1報) 4. 湿式水中プラズマ溶接における溶加材送給量について 5. 突合せ溶接継手に発生する疲れき裂発生寿命の自動計測法 —第2報— スプレー塗装した導電性格子による方法— 6. 溶接継手の疲れ強さの変動の1要因について —第2報— ガス・メタルアーク溶接継手の場合— 7. NRIM クリープデータシート試験における 304 鋼溶接継手の高温引張特性	溶 接 " " " " 疲 れ " ク リ ー プ
低 温 工 学 協 会	5.7～5.9	1. Nb ₃ Sn 複合超電導線材のストレス効果 2. Insitu 型 V ₃ Ga 線材の超電導特性と機械的試験 3. 複合加工—外部拡散法による Nb ₃ Sn 超電導線材 4. 浸透法による Nb 系超電導化合物線材の作製	電気磁気材料 " " "
日 本 鋳 物 協 会	5.12～5.13	1. 水溶性 CO ₂ 鋳型における骨材及び粘結剤の回収再生について	金 属 加 工
腐 食 防 食 協 会	5.22～5.24	1. SUS 304 ステンレス鋼の硫酸—食塩水溶液における応力腐食割れ伝播 2. 浄水場における給水管材料の水道水腐食試験(第2報)	鉄 鋼 材 料 腐 食 防 食
粉体粉末冶金協会	5.26～5.28	1. 焼結銅諸性質に及ぼす Cr-Ni 網目状拡散層の影響	金 属 加 工
金属表面技術協会	5.28～5.30	1. イオンプレーティングによるモリブデンのケイ化物被覆材の高温熱安定性	原子炉材料

【特 許 紹 介】

雰囲気流動ダイカスト法

発明者 牧口利貞、有本信也、長谷川和夫
公 告 昭和51年7月30日 昭51-25405号
特 許 昭和54年6月14日 第956407号

この発明はダイカスト鋳造において、溶融金属を鋳込む直前にダイスの分流利子とスリーブ端との間隙から乾燥した不活性ガスまたは空気を送気するか、またはダイスのベントホールからキャビティ内のガスを排気するか、或いは両者を併用することにより、キャビティ内の雰囲気ガスをダイスの分流利子からベントホールの方向へ流動させて鋳巣の発生を防止することの特徴とするダイカスト鋳造法に関するものである。

一般のダイカスト法では、溶融金属を高速、高

圧で鋳込むため、静止状態にある金型キャビティ内のガス及び鋳造時に離型剤の燃焼、分解により急激に発生するガスを溶融金属に巻込み鋳巣欠陥を発生している。この防止対策の確立は長年の懸案である。

この発明は、溶融金属を鋳込む直前に、送気、排気または両者の併用によって、キャビティ内のガスにベントホールの方向への流動慣性を予め与えておき、鋳込みが行われた際に、ガスがベントホールの方向に逃散し易い条件におくことによって鋳巣を防止する方法である。この発明を実施するための装置は極めて簡易であり、現用のダイカスト機に容易に適用することができる。しかも、この方法の利用により鋳巣をほとんど皆無にすることができる。従ってダイカスト鋳造品の信頼性の向上や用途の拡大に貢献することが期待されるだけでなく、現在すでに相当の成果をあげつつある。

◆ 短 信 ◆

● 所内公開

科学技術週間(昭和55年4月14日～4月20日)行事として、次のとおり一般に公開し、研究業務及び設備の紹介を行ないます。

本所(目黒) 昭和55年4月17日(木) 13時～17時
筑波支所 昭和55年4月18日(金) 10時～16時

● 海外出張

岡田雅年 原子炉材料研究部第2研究室長
核融合材料研究の状況調査のため、昭和55年3月1日から昭和55年3月16日までアメリカ合衆国へ出張した。

通巻 第256号

編集兼発行人 坂内富士男
印 刷 株式会社 三 興 印 刷
東京 都 新宿区 信濃町 12
電話 東京 (03)359-3811(代表)

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