

# 金材技研

## 1975

科学技術庁

# NO.10

## ニュース

金属材料技術研究所

### V<sub>3</sub>Ga極細多芯線を用いた100キロガウスマグネット

$\beta$ -W型化合物の極細多芯線を用いた超電導マグネットは100キロガウス以上の強磁界が発生出来、また、きわめて安定性よく均一度のよい磁界が発生出来るため、現在その実用化が超電導の分野における先端的課題になっている。さきに電気磁気材料研究部では化合物極細多芯線を製造するための複合加工法を発明し、ついで新技術開発事業団のあっせんにより企業化された。今回この製法によりつくられたV<sub>3</sub>Ga極細多芯線を用いた小型の強磁界マグネットが交流特性測定装置の一部として当研究所に設置された。

使用されたV<sub>3</sub>Ga極細多芯線の断面(熱処理前)を写真1に示したが、Cu-19%Ga合金マトリックスに径約10 $\mu$ mのV芯を55本含んだ0.12mm径の多芯線が6本、中央のW線のまわりによられた構造になっている。この線材はきわめて安定であり、当研究所でそのコイルテストを行った結果では毎秒200キロガウス以上の大きい速度で励磁しても臨界電流が低下しなかった。

マグネットの外観を写真2に示したが、経済性の考慮からNb-Ti極細多芯線を外側に、V<sub>3</sub>Ga極細多芯線を内側にまいた構造になっている。このマグネットは30mmの有効内径に104キロガウス、また、Nb-Tiコイルのみで80mmの有効内径に60キロガウスの磁界を発生する。Nb-Tiコイルと、V<sub>3</sub>Gaコイルは直列につながれ、両者を単一の電源で励磁することが出来る。このマグネットはまき線部の外径134mm、長さ

150mmできわめてコンパクトなほか、高速励磁が可能、磁界のヒステリシスがななどの特長をもっている。

安定性のよい化合物極細多芯線を用いた強磁界超電導マグネットは発電機などの電気機械、エネルギー貯蔵装置、シンクロトン用磁石などにすぐれた性能を発揮することが期待され、また、高い均一度が要求されるNMR用磁石などに好適であろう。今回、当研究所で開発されたV<sub>3</sub>Ga線材によりはじめて化合物極細多芯線の実用化の道がひらかれたことは、超電導技術の進歩の上に意義の大きいステップになると考えられる。

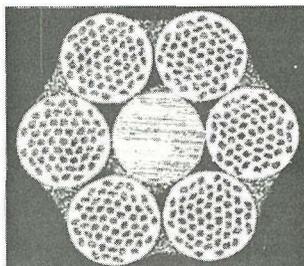


写真1 V<sub>3</sub>Ga極細多芯線の断面  
(外径0.36mm)

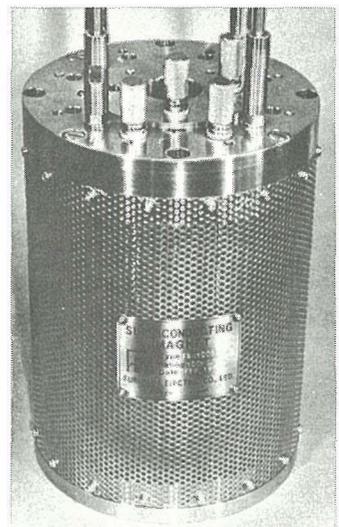


写真2 100キロガウス超電導  
マグネットの外観

## 変形した銅単結晶の中の転位配列

金属材料を塑性変形させると、一般にその強さを増す。この加工硬化の性質は、金属材料の強度およびその成形加工において重要な意味をもっている。

非金属材料研究部では、基礎的な立場から、この加工硬化現象の究明を進めている。変形した銅単結晶を、種々の面で切断し、薄片を作り、透過電顕法で内部の転位配列を観察して、それら転位配列と塑性的性質との間の関係を調べてきているが、最近その一部がまとまった。

図1は、500kV電子顕微鏡(SMH-5B型)で撮った透過写真である。a図は、14.4kg/mm<sup>2</sup>まで変形した[112]軸引張試料の( $\bar{1}\bar{1}1$ )側面の転位配列である。右側の八面体の投影図は、試料面とすべり系の間の幾何学的な関係を示している。[112]試料は、おもに( $\bar{1}\bar{1}1$ )面上の[011]と( $\bar{1}\bar{1}1$ )面上の[101]の2種類のすべり系が働くが、それに相当して、セル境界が2つの方向に層状に発達しているのが

観察できる。b図には、7.1kg/mm<sup>2</sup>まで変形した、[415]軸引張試料の( $\bar{1}\bar{1}1$ )側面の転位配列である。この[415]試料は、おもに( $\bar{1}\bar{1}1$ )面上の[011]のすべり系が働き、それに相当して、一方向に発達した層状セル境界が観察できる。

a図を注意深く観察すると、これらの層状セル境界は、[011]と[101]の2つのすべり方向から少しずれていることがわかる。b図の場合も同様にずれている。更に他の面での観察を加えると、これらの層状セル境界は、すべり面から2°~7°傾いていることがわかった。

図2は、[112]と[415]結晶のセル境界の密度を引張応力の関数として示した。[112]結晶の場合2つの方向に層状セル境界が発達しているので、2つの黒点で表わした。[112]結晶の層状セル境界の全体の密度は、2つの黒点の和であるから、[415]のそれとほぼ等しくなる。セル境界密度は、引張応力に比例し、両方の結晶で、その比例定数はほぼ等しい。

このように、すべり面から傾いた層状セル境界が、変形と共に増加して、結晶の強度を荷っていることが明らかになった。この事実は、鉄など他の金属でも観察されている。

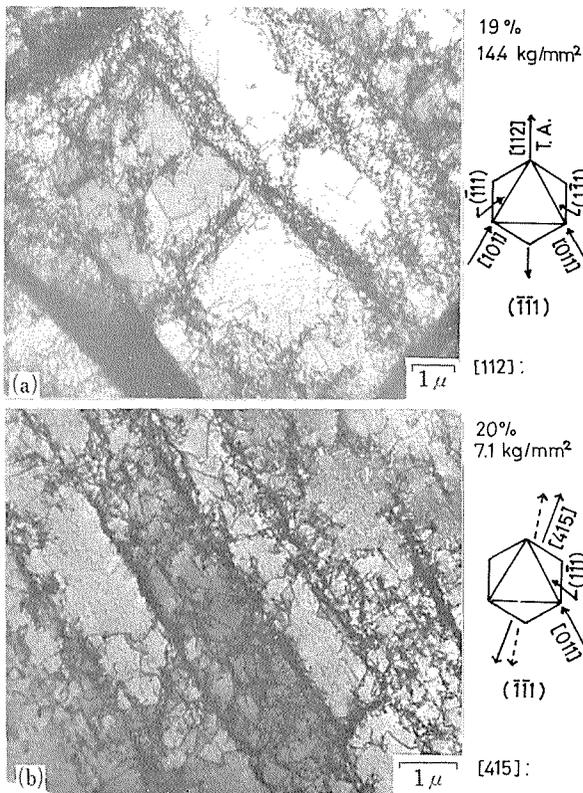


図1 変形した銅単結晶の( $\bar{1}\bar{1}1$ )側面の転位配列

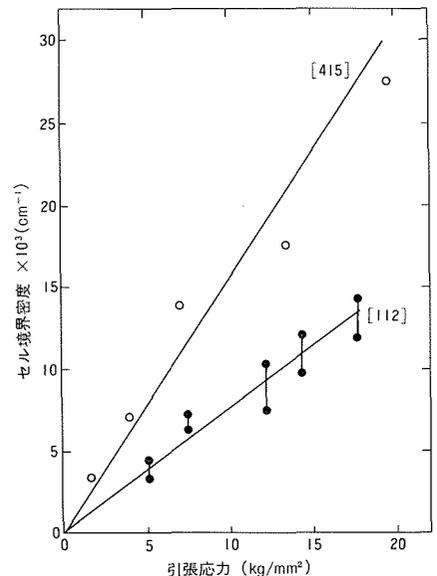


図2 セル境界密度と引張応力との関係

## 湿式水中プラズマ溶接における 2, 3 の実験結果

すでに本紙面〔通巻178号(1973.10)〕で、水深300mに相当する30kg/cm<sup>2</sup>の加圧淡水中において湿式水中プラズマ溶接を行いうる可能性のあることを紹介したが、本溶接法の実用化には、なお幾多の解決しなければならない問題が山積しており、これらの解決が要望されている。ここでは、その後、溶接研究部で行われた一連の水中溶接実験により得られた2, 3の結果を述べる。

さて、湿式水中プラズマ溶接によって得られる溶接金属はどのような性質をもつてであろうか。

湿式水中溶接においては、周囲の水雰囲気によって生ずる水蒸気またはその解離によって発生した酸素によって溶融金属は酸化され化学組成は変化する。本実験では、1パスの下向きビード溶接によって、各水圧下において気孔を含まない溶接金属を作製し、これらに含まれるC, Si, Mn, P, Sの5元素を定量して母材のそれらとの比較を試みた。本実験では溶加材を使用していないのでこの比較は容易である。表は結果の1例を示したものである。

Cは水圧の増大に伴ってその消耗する割合は単調に低下する。一方、SiおよびMnの消耗は大気圧下の水中では前者が約70%、後者が約50%とかなり大であるが、5および10kg/cm<sup>2</sup>の水圧下では

表 各水圧下において得られる溶接金属の化学組成と機械的性質の1例

水 圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	成分元素量(上段,%)と消耗率 <sup>2)</sup> (下段,%)					3) 炭素当量 (Ceq)	引張強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	伸 び (%)
	C	Sn	Mn	P	S			
大気圧下	0.041 69	0.09 69	0.52 49	0.020 —	0.014 —	0.13	53.0	19.2
5	0.056 57	0.20 31	0.87 14	0.020 —	0.014 —	0.21	62.8	10.0
10	0.078 40	0.22 24	0.86 15	0.020 —	0.015 —	0.23	63.3	7.7
20	0.095 27	0.16 45	0.76 25	0.021 —	0.015 —	0.23	64.3	8.2
30	0.11 15	0.13 55	0.70 31	0.021 —	0.015 —	0.23	63.7	7.3
母 材	0.13 —	0.29 —	1.01 —	0.021 —	0.015 —	0.31	48.7	37.2

注) 1) 母材: JIS SM41A 鋼19mm厚熱延材

2) 消耗率(%) =  $\frac{(\text{母材中の成分量} - \text{溶接金属中の成分量})}{\text{母材中の成分量}} \times 100$

3) 炭素当量(Ceq) =  $C + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Mn}}{6}$

4) G. L.: 20mm

(但し、大気圧下の試験片のみ10mm)

これら両者の消耗する割合は低下し、それ以上の水圧では消耗の割合は再び増大する。PおよびSは、各水圧下における溶接の前後においては殆んど変化しない。

この化学組成の変化の傾向は、既発表の被覆溶接棒によるものなどかなり様相が異なっており、その反応過程や反応条件について目下検討中である。

分析試料を採取した残りの溶接金属より引張試験片を作製し引張強さおよび伸びを調べた。表に、硬さに対する炭素当量と試験結果を併記した。いずれの水圧下においても、得られる溶接金属の引張強さは母材のそれより高く、逆に伸びは母材のそれより低い。この結果から、溶接金属の伸びを向上させる工夫が必要であることがわかる。

溶接継手を作製するにあたっては、与えられた諸条件下でどのような形状の溶接金属が得られるかを知ることも重要である。ここでは、1例として、1パスの下向きビード溶接において得られる溶融断面積とプラズマアーク電気入力との関係を水圧をパラメータとして図に示した。同図から、同一電気入力においては水圧が増大すると溶融断面積は減少する傾向が認められる。この原因としては、水圧が増大するとプラズマ作動ガスの密度が増してアーク柱の冷却を促進する結果、アーク柱からの熱損失が増すことが考えられる。また、同一電気入力下で得られる溶融断面積にばらつきがみられるのは、水中でプラズマアークを安定化するために重畳しているプラズマジェットの作動状態が母材の溶融にかなりの影響を与えるためと推定される。

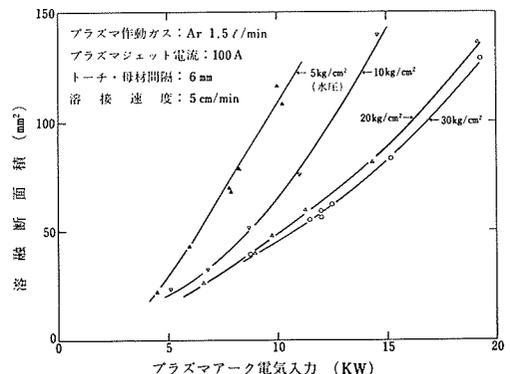


図 プラズマアーク電気入力と溶融断面積の関係

## 【特許紹介】

### 金属硫化物粉末の電解製錬法

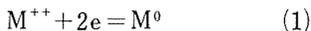
公告番号 昭50-13203

発明者 亀谷 博

銅やニッケル、鉛などの非鉄金属製錬法は複雑なプロセスで行われている。銅製錬の例では、硫化鉱を自溶炉、転炉、精製炉の順で溶解製錬して粗銅をつくり、電解精製して純度の高い銅を生産している。これらの工程は個別に進行するバッチ法で特に電解工程は非能率的である。

この発明は、原理的には本紙 1974 No.10 で紹介した懸濁電極による金属電解製錬法（特許775861, 特公昭49-9283）であるが、これと異なる大きな特徴は金属硫化物原料から電気化学的に純金属を得る直接法にある。電解槽は隔膜により陽極室と陰極室に区切られている。陽極室には金属硫化物粉末を、陰極室には純金属粉末をそれぞれ装入し、各室の電解液の攪拌により粒子を懸濁させると、これにより電極に衝突した粒子はつぎのように電解反応をする。

陰極室の純金属種粒子は陰極との衝突で負の電荷を受け取って負に帯電し、電解液中を懸濁しつつ(1)式の陰極反応をして電荷を失うが、次の衝突により再び負の電荷を受ける。



ここで、電解液中の金属イオン  $M^{++}$  が粒子表面にて電子  $e$  と結合し析出した金属  $M^0$  が生成する。粒子は懸濁中にこのような過程を繰返し、純金属粒子の成長が進行する。

他方、陽極室では硫化物原料粒子は電導性の良い場合は、陽極に衝突し電極に電子を与え正の電荷をもち、ついで電解液中を懸濁しながら(2)式の陽極反応をして電子を生じ正の電荷を中和するが、次の衝突により再び電子を陽極に与える。



ここで、金属硫化物粒子  $MS$  は懸濁中にこのような陽極溶解を繰返し行い、硫化物中の金属が金属イオン  $M^{++}$  となって溶液中に移行し、単体硫黄を放出する。

硫化物原料の電導性が悪い場合は、粒子と陽極との間の電子の授受が簡単に行われなために粒子と陽極との間に電子を運ぶ媒介が必要である。

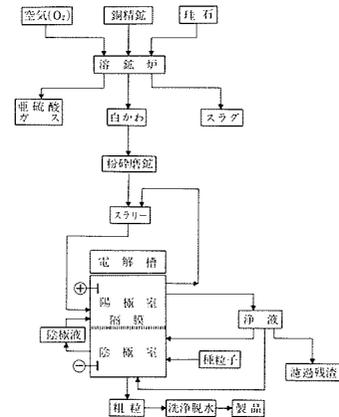
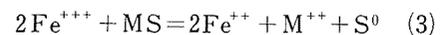


図 金属硫化物粉末の懸濁電解製錬のフローシート

この媒介は多価金属イオン例えば鉄イオンの如く2価及び3価の2つの原子価をもつ金属イオンにより容易に行われる。すなわち、陽極室において第1鉄イオン ( $Fe^{++}$ ) が陽極に電子を与えて酸化され第2鉄イオン ( $Fe^{+++}$ ) に変わる。このようにして生成した第2鉄イオンが粒子表面と十分接触し(2)式と同じ陽極反応が生じ硫化物中の金属が溶解する。この反応は全体として(3)式で表わされ、鉄イオンは2価と3価との間を往復し、触媒の如く作用する。



この発明の方法を実施する電解製錬工程の例をフローシートにより図に示した。陽極室で電解酸化され金属イオン、白かわ中の不純物等を含む電解液は大部分が浄液に送られ、残渣などの固形分と清浄な水溶液とに分離し、水溶液は陰極室へ送給される。固形分から金、銀、ビスマス、鉛等の有価金属が回収される。この新しい製錬工程では、全工程が連続化され、また公害上特に問題が多い転炉、精製炉などの工程を省略することができ、また銅以外の他の非鉄金属の製錬にも応用し得る。

本発明の実施例として、銅70%、鉄3%を含む硫化銅原料を2規定の硫酸に懸濁させ、さらに第1鉄イオンを入れてサラン炉布で仕切られた陽極にて8Aの電流を流して電解の結果、陽極電流効率は銅について84.3%、鉄について6.5%であった。陰極室の他の実施例では銅粒子の陰極電流効率は93.9%であった。この電解製錬法は連続プロセスとしてクロードシステムを採用することができる。

# 研 究 成 果 の 発 表

## 国内の秋季学・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	8.14～8.16	1. 電磁誘導試験コイル間の相互誘導インピーダンス変化特性について	材 料 強 さ
日 本 金 属 学 会	10.1～10.3	1. 鉛のドハース・ファンアルフェン効果	金 属 物 理
		2. 変調構造合金のX線回析	"
		3. Fe-Ni-Si合金の $\alpha\gamma$ 2相平衡状態の数値解析	鉄 鋼 材 料
		4. Fe-Ti-C系合金の組織と変形抵抗について（溶製法による炭化物分散強化合金の研究 第1報）	"
		5. TiC分散強化鉄基合金の高温特性について（溶製法による炭化物分散強化合金の研究 第2報）	"
		6. Ni-20Cr-3W合金の高温特性におよぼす雰囲気の影響	"
		7. (111)[ $\bar{1}\bar{1}2$ ]方位MoTa結晶の再結晶方位におよぼすゾーン精製回数の影響	非鉄金属材料
		8. マルテンサイト変態組織と磁区の電子顕微鏡観察	"
		9. 炭素繊維-金属基複合材の摩耗特性について	"
		10. 多結晶Mgの加工性におよぼす希土類元素添加の影響	"
		11. Nb-H合金の核磁気共鳴	"
		12. ニオブ中の析出水素化物の成長機構	"
		13. $\alpha$ -チタン合金のひずみ時効	"
		14. $\beta$ を含む領域より徐冷したZr-2.5%Nb-Ru合金の時効挙動	"
		15. Cu-Zn合金におけるサイクリックマルテンサイト変態	"
		16. RC <sub>05</sub> 系化合物の保磁力の温度依存性	電気磁気材料
		17. FeSi <sub>2+x</sub> の固溶性と熱電特性	"
		18. MnSi <sub>2-x</sub> の金相と熱電特性	"
		19. Pr(Co <sub>1-x</sub> Cu <sub>x</sub> ) <sub>5</sub> 単結晶の磁性	"
		20. 複合加工V <sub>3</sub> Ga超電導線材の研究-純Al複合の影響	"
		21. Laves相複合超電導線材V/Hf <sub>x</sub> Zr <sub>1-x</sub> の研究	"
		22. 原子炉用バナジウム合金のクリープ特性	原子炉材料
		23. 高純度液体Na中でのV合金の諸性質におよぼす酸素濃度の影響	"
		24. 圧延した不均質Fe-Co合金の機械的性質	強 力 材 料
		25. 加工したFe-Niマルテンサイトの二相焼鈍組織	"
		26. 原子吸光分析法によるTi合金中のAlの定量	金 属 化 学
		27. 高周波溶解速心鑄造による発光分光分析用試料調製法の検討	"
		28. 304系ステンレス鋼中の析出物の定電位電解抽出	"
		29. 硫化カルシウムの製法とその性質	製 錬
		30. 含Cr合金の高温酸化スケール中に生じたマイクロクラック	腐 食 防 食
		31. Ni-20Cr-(Si)合金の酸化層の剝離と酸素分圧の関係	"
		32. SUS304ステンレス鋼の高温水による応力腐食割れ発生と伝播におよぼす環境側因子の影響	"
日 本 鉄 鋼 協 会	10.1～10.3	1. Coを含ませるMar-M200およびMar-M246Ni基耐熱鑄造合金	鉄 鋼 材 料
		2. 各種ステンレス鋼の切削抵抗について	"
		3. マルテンサイトステンレス鋼の応力腐食割れにおける孔食の役割	"
		4. 2相ステンレス鋼の靱性におよぼすオーステナイト量の効果	"
		5. 数種の耐熱金属材料の水素透過におよぼす圧力の影響	原 子 炉 材 料
		6. 耐熱金属材料の高温特性におよぼす雰囲気の影響	"
		7. 高張力鋼における疲れ初期伝播速度への切欠の影響	強 力 材 料
		8. 高張力鋼における低サイクル疲れ割れ発生および伝播について	"
		9. 二相混合組織をもつNi-Cr-Mo鋼の強度と破壊靱性について	"
		10. マルエージ鋼の繰返し熱処理による組織変化と機械的性質	"
		11. 高強度、高靱性Fe-13Ni-Mo合金の低温特性(フェライト系極低温構造材料開発の基礎的研究 第1報)	"
		12. 鉄およびニッケルの凝固時における気孔生成におよぼす水素の影響	化 学
		13. 酸化鉄の加圧水素還元挙動	製 錬
		14. 流動層における粒子混合に及ぼす有孔分離板の効果	"
		15. 鉄鉱石の流動還元における充填物の効果について	"
		16. 加圧流動層還元	"
		17. G.P.レーザーによる低合金鋼中のC, Si, Mnの発光分光分析	工 業 化
		18. G.P.レーザーによる溶接中のC, Si, Mnの発光分光分析	"

日本鉄鋼協会	10.1~10.3	19. 17Cr-14Ni鋼の高温強度に及ぼす置換型固溶元素Ti, Zrの影響 20. SUS321鋼の高温低サイクル疲れ特性におよぼす時効の影響 21. 12Cr-Mo-W-V鋼の長時間クリープ破断特性 22. 19Cr-9Ni-1.4W-0.4Nb-0.2Ti鋼の長時間応力リラクセーション特性	材料強さ 疲れ クリープ "
日本分析化学会	10.1~10.4	1. スパークイオン源質量分析法による金属中の水素定量(その2) 2. 14MeV中性子放射化分析法による金属マグネシウム中の酸素の分析	金属化学 "
第19回材料研究連合講演会	10.7~10.8	1. 種々の強さレベルに熱処理した鋼の疲れ破面の様相	疲れ
日本材料学会	10.8~10.9	1. 異なる溶鋼間の確率疲れ特性の比較	"
日本物理学会	10.10~10.12	2. ボイラ管用炭素鋼のクリープ破断強さとばらつき要因 1. 鉛のドハース・ファンアルフェン効果 2. プリリュアノン境界と状態密度 3. CuCr <sub>2</sub> Se <sub>4</sub> の偏極中性子回折I 4. Nb <sub>x</sub> Ti <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> (x=1~0.8)における相転位と結晶構造解析 5. 銅-10%アルミニウム合金単結晶の加工硬化 6. Cu単結晶の電頭内変形 7. 変形した[414]銅単結晶のセル構造 8. SmCo <sub>3.5</sub> Cu <sub>1.5</sub> 単結晶の磁化の時間変化 9. Feを添加したMnSi <sub>1.73</sub> の結晶育成とその半導特性 10. MnSi <sub>1.73</sub> 近傍の結晶育成と熱電特性 11. 金属NbのNMRの交換尖鋭化	クリープ 金属物理 " " " " 非鉄金属材料 " " 電気磁気材料 " " 金属化学
日本機械学会	10.11~10.14	1. ΔK <sub>th</sub> に至る疲れき裂伝播閉閉挙動 2. プラケットが溶接されたIビームの曲げ疲れ強さ 3. HT80鋼のき裂伝ばに及ぼす過大荷重の影響 4. 突合せ溶接継手のP-S-N曲線 5. 簡単な繰返し変動トルクを受ける丸棒のクリープ	疲れ " " " " クリープ
溶接学会	10.16~10.18	1. 純ニッケル溶接金属の気孔生成におよぼす水素, 窒素の影響 2. TIGアークにおける裏波ビート形成についての二形態 3. 開先加工するアブセツト溶接法に関する研究(第1報) 4. 高張力鋼溶接熱影響部の靱性におよぼす硫化物の影響 5. ろう接継手の機械的性質(I) 6. 水中プラズマ溶接部の変形 7. 電子ビーム溶接方向と溶接現象(第3報) - 立向き溶接 - 8. 拡散接合に関する研究(第3報)	金属化学 溶接 " " " " " "
放射化学討論会 化学系連合会	10.17~10.19	1. 金属フタロシアニン系における反跳化学(第5報)	金属化学
日本鋳物協会	10.21~10.24	1. 炭素繊維中の微空隙 1. 生産製造工程の品質管理に関する情報処理 2. 塩化バリウムを主粘結剤とした水溶性鋳型に関する研究	非鉄金属材料 金属物理 金属加工
日本原子力学会	11.4~11.6	1. オーステナイト系ステンレス鋼の中性子照射脆化に及ぼす前処理の影響 2. 高温水蒸気中におけるジルカロイ-2被覆管の酸化と脆化について	原子炉材料 腐食防食
炭素材料学会	11.11~11.13	1. 繊維系複合材料の研究 2. 高分解能電子顕微鏡像“結晶子”の大きさとX線回折による結晶子の大きさの比較	非鉄金属材料 "
低温工学協会	11.12~11.14	1. 化学蒸着法で作成したNb <sub>3</sub> Si化合物の超電導性 2. Laves相複合超電導線材 V/Hf <sub>x</sub> Zr <sub>1-x</sub> の温度特性	電気磁気材料 "
金属表面技術協会	11.19~11.20	1. インピーダンスおよび分離特性による塗装鋼の腐食進行過程の研究 2. Al陽極酸化皮膜の生成と溶解におよぼす電解液のPHの硫酸濃度の効果	腐食防食 "
粉体粉末冶金協会	11.26~11.28	1. 焼結製造用含Cr-Mn低合金鋼粉の製造 2. 噴霧法によるCu-Sn複合粉の製造	金属加工 "

◆短 信◆

●海外出張

渡辺 亮二 原子炉材料研究部長  
核融合炉のための照射効果とトリウム工学, 金属の照射

損傷の基礎的問題に関する国際会議ならびに日米照射損傷  
セミナー視察討論のため昭和50年9月25日から昭和50年10  
月13日までアメリカ合衆国へ出張した。

通巻 第202号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 林 弘  
印刷 株式会社 ユニオンプリント  
東京都大田区中央 8-30-2  
電話 東京(03)753-6969(代表)

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)