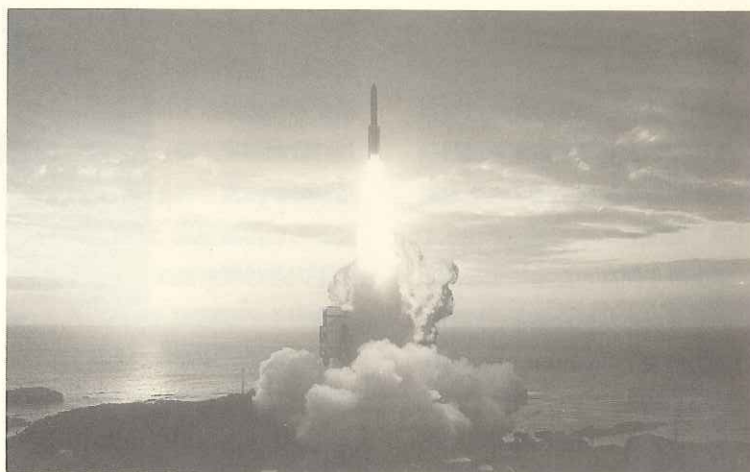


TODAY

科学技術と夢



工業技術院大阪工業技術研究所
所長 岩本 令吉



H2ロケット打ち上げ(宇宙開発事業団提供)

これからの社会において、科学技術は従来にも増して重要になるが、その役割としては次の3つをあげることができる。

第1は新しい世界像の創出である。コペルニクスやガリレオの血のにじむ努力の結果によって、近代科学が誕生して以来、科学技術は新しい世界を描き続けてきた。今後も宇宙観、地球観、物質観や新しい世界をもたらし続けるであろう。未知なるものを探求する心は人間の本性ともいえるもので、科学技術はその最強の武器である。

第2は人類共通問題への取り組みである。人類は地球環境、自然災害、食糧、疾病等さまざまな問題を抱えている。これらの問題を解決できる唯一の方法が科学技術である。

第3が産業科学技術の育成である。社会経済を発展させるためには、産業科学技術の開発が不可欠である。

これら3つの役割はいずれもおろそかにできない重要な問題である。しかしこれからのわが国の立場を考えれば、今後は第1及び第2の問題にもより力を注ぐ必要がある。そのためには、より多くの優秀な人材が科学技術の研究に携わることが

不可欠である。

一方、理工学志望の若者が減少傾向にあるという憂うべき現象がある。かつて科学は少年の夢を育んだ。現在の科学技術は専門化が進み、複雑化し、少年の夢から遠い存在になってしまったのだろうか。これからの科学技術の重要性を思うとき、少年に科学技術への夢を取り戻させ、多くの若者を科学技術に引き戻すような、教育と社会環境の整備が早急に望まれる。

このことに関連して、ボイジャーの宇宙探査の新聞記事から受けた新鮮な驚きを思い出す。ボイジャーは1989年、海王星探査を最後に惑星探査を終えて、果てしない宇宙に旅立った。この探査機には宇宙人との遭遇を想定して「地球からのメッセージと地球の代表的製造物」を搭載したという。この宇宙のどこかの星にいても、いないともしれない宇宙人との遭遇の確率がゼロでないことに、NASAの人たちは夢を託したのである。未知との遭遇に託した彼らの夢に科学技術への信頼を感じる。このNASAの人たちの気宇に、若者を科学技術に呼び戻す秘訣が隠されているように思えてならない。

材料電磁プロセシングの欧州における研究開発動向

グルノーブル工科大学教授 Marcel Garnier

本文は英文JRCM NEWS No.21に掲載された原文の抄訳である。なお、Garnier教授は昨秋来日し、JRCMで材料電磁プロセシングに関する講演を行った。

材料の高品質・低コスト化には材料処理の技術革新が必要である。磁場の力は電気の良導体に接触することなしに、熱的・機械的エネルギーを注入できる。過去数年間にわたって世界的規模で研究開発が行われた結果、材料処理に磁気流体力学 (magnetohydrodynamics) を結びつける技術が開発されてきた。この新しい分野は「材料の電磁処理技術」と呼ばれ、工業的応用面でも、魅力的でかつ有望である。

フランス及びヨーロッパにおける電磁処理技術の研究開発活動は、厳しい経済・技術競争と、環境保護のための規制強化に直面している鉄鋼業において、着実に進展しつつある。

序論

材料の電磁処理 (EPM: Electro-magnetic Processing of Materials) とは、金属だけでなく、酸化物、半導体、ガラスやセラミックス等をも対象として、特定の性質をもった材料の溶解、鋳造及び成形に新しい技術をもたらす。

鋼の連続鋳造の発展には、電磁誘導の現象が決定的な役割を果たし、材料加工の連続処理を工業的に発展させる鍵であるともいえる。磁場の交互変換、回転、移動等により電気伝導体内部に電流を誘起させる。

ジュール熱、ローレンツ力 (誘導電流と加えられた磁場との交互作用によ

って、溶融状態の材料内部に、強い攪拌運動流を起す)、直流磁場と速度との交互作用による異方的な制動効果等の効果は、鋼の彎曲型連続鋳造機で、浸漬ノズルからの溶融金属の下向きの噴射流を減少させる電磁

プレーキEMBR法に利用されている。

凝固界面近くで、直流磁場は駆動力を発生させる。実際、樹枝状晶 (デンドライト) の先端部と基底部との間には温度勾配があり、熱電対効果により電流が流れ、それが外部からかかる磁場と交互作用を起すのであろう。かけられる磁場が凝固方向に平行ならば、結果的に樹枝状晶間に攪拌運動が起こって、方向性のない凝固を促進することになる。かけられる直流磁場が十分強ければ、その材質の磁化率に比例した磁力が、他の力と拮抗できるようになる。これらのことは材料処理に独創的な道を開き、さらに交流磁場で誘起される効果も期待されている。

フランスをはじめヨーロッパでは、これらの材料電磁プロセシングの手段を活用して、製造過程の効率と製品品質の両方を改善するために多大の技術開発努力を払っている。連続鋳造法、酸化物の誘導溶解、高純度材料のプラズマ溶解製造並びに強度直流磁場の応用についての以下の例をあげる。

鋼の連続鋳造

今日建設される鋼の連続鋳造機では、



昨秋、JRCMで講演するGarnier教授

電磁攪拌装置を設置しないストランドは1つも無い。電磁攪拌 (EMS) はいまやその使用が非常に普及しているが、その目的は、製品品質の改善と歩留まりの向上である。

使用される攪拌装置の種類によってそれぞれ特性があり、次の冶金学的改善がもたらされる。すなわち、モールド部の攪拌装置MEMSは「のろ噛み」、ピンホール及び気泡を少なくし、鋳片部の攪拌装置SEMSは等軸晶の量を増加させ、中心偏析や空孔、ひび割れを減少させる。凝固完了部での攪拌装置FEMSは常にMEMSまたはSEMSと併せて用いられ、中心偏析や空孔をさらに減少させる。

さて、外部の回転磁場や移動磁場による攪拌運動を制御すれば鋳片品質が改善されるとして、溶鋼を鋳片モールドに供給する浸漬ノズルからの自然噴流が製品欠陥の原因になる。直流磁場による減速効果を利用した技術革新がABB社と川崎製鉄 (株) との協力による共同研究の成果としてあげられる。

電磁制動という意味でEMBRと名付けられているこの研究の目的は、彎曲型連続鋳機において鋳込み速度を上げ

たとき、鑄片上半部に堆積するスラグ性の介在物量を減少させることである。この堆積現象は浸漬ノズルから流れ出る溶鋼の速さが、介在物の浮上速度より大きいことから起こる。この溶鋼速度を減少させるために、かけられた直流磁場から誘起される電磁制動効果を利用するという方法が取られた。磁場は溶鋼の噴出方向に対して直角の方向にかけられ(図-1)、強い制動効果を出す。

技術的観点からすると、これは4本の極とそれに付随する巻き線と2本の磁性ヨークのみからなっており、非常に簡潔でエネルギー消費が少ない。鑄込みの噴流は制動を受けるだけでなく方向を分割されるので、新しく供給され温度の高い溶鋼と、モールド中で冷却された周囲の溶鋼とがよく混合することになる。これは鑄片メナス直下に凝固殻が新たに形成される際に、スラグ性介在物の噛み込みを防ぐ点で特に重要である。さらに鑄込みの噴流は、四隅付近で凝固厚が増加する短辺部の凝固殻に当たってこれを再溶解するが、制動を受けた噴流の場合はその範囲はずっと少ない。従って、EMBRは高速連続鑄造には効果的な道具なのである。

フランスはじめヨーロッパでは、鉄鋼会社や装置製造メーカーの研究センターが、直流磁場の分布から誘導される流体力学的な効果を数値解析のモデ

ル化することに広く活動を展開してきた。この作業の目的は磁場の分布に関して、プロセスの設計面の改善を行うことである。

電磁連続鑄造

電磁鑄造は旧ソ連(USSR)のZ.N. Getselevによって発見されたものである。凝固中の溶融金属を支え、鑄塊に形状を与えるという鑄型のもつ古典的効用と同等の効果をも、溶湯中に誘起される電磁気的圧力による機械的な効果で置き換える画期的な技術革新である。

この装置は、いまや工業的規模で利用されており(例えばAlssuisse)、極めて簡単である。適当な周波数の電流が流れる誘導子(インダクター、通常は単巻)が鑄塊を取り巻き、溶湯中に電流を誘起させ、これが電磁気的に反発力を発生させる。この誘導子の上に取り付けられている遮蔽板の位置と断面形状とを正確に設定することによって、鑄塊周辺に適当な磁場分布が得られ、溶湯のメナスが安定に保たれ、形状が適正にできる。この方法は、丸型、正

方形、長方形及び中空の鑄塊の製造に利用できる(図-2)。

電磁連続鑄造の利点は、溶湯中の攪拌運動によって凝固した製品中の大粒の結晶粒が確実に減少することである。さらに表面品質と表面直下の品質とが鑄型がないことにより改善される。

電磁鑄造はアルミニウムまたは軽金属以外の金属には適用できない。実際の湯溜りの深さが、例えば鋼の場合数mになるがそれに比べアルミニウムでは小さい(約15cm)。さらに電気伝導度や熱伝導度はアルミニウムでは高く密度は他の金属よりずっと低い。

CREM法

CREM法(Casting, Refining, Electromagnetic)はPechiney社で開発された。CREM法はモールドを使う一般的な連続鑄造法に、電磁鑄造

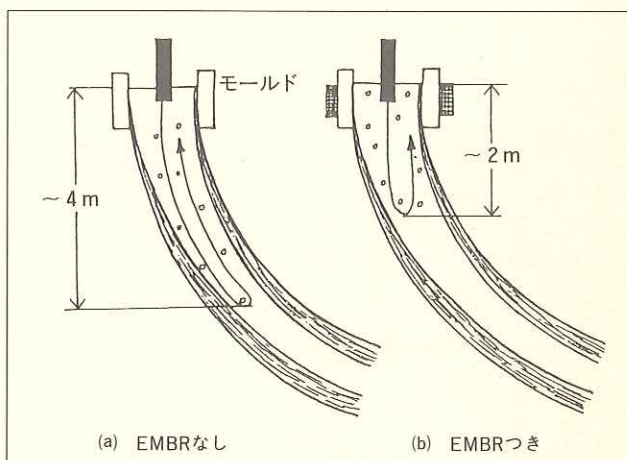


図-1 EMBRによるストランド内溶鋼流の抑制

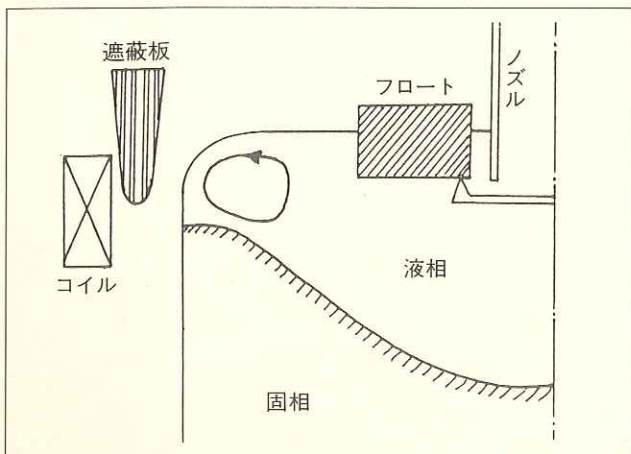


図-2 電磁モールドレス連続鑄造法

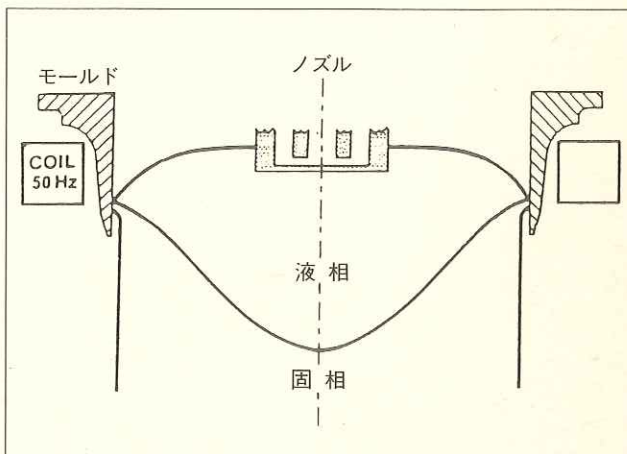


図-3 CREM法の略図

法を巧みに組み合わせて、両方の技術の利点を得ることを目指している。この方法においては1つの誘導子が鋳片モールドを囲繞している。この誘導子に産業用周波数（50または60Hz）の電流を流すのであるが、アルミニウムの場合に、この程度の周波数電流で可能であるのは、黒鉛製鋳片モールドが使用でき、その黒鉛の電気抵抗が高いので、磁気の遮蔽効果を受けなくてすむからである（図-3）。

溶湯内では、2つの主要な電磁効果が発生する。第1は反発力によって発生する電磁的圧力の結果、深いメニスカスができる。第2は電磁力が回転するためそれに誘起されて強い回転流が発生する。メニスカスの高さ、従ってモールドと溶湯との間隙の量と、攪拌運動の強さとはともに誘起電流の強さで制御できる。この方法を用いた結果

はアルミニウムの場合特に顕著で、

- 湯皸がなくなり、外表面偏析層の厚さが大幅に減少する
 - コイル電流を増加させると平均結晶粒径が小さくなる
 - 表面品質が改善される
- などの現象が見られる。

古典的鋳込み法では、最初の凝固位置が安定して一定ではなく、わずかに上下するので、さざ波状の皸ができるが、これは主として溶湯とモールドとの接触線上の表面張力効果による。メニスカスを安定させ適当な形状を保つことでこの凝固線を固定できるので、さざ波状の湯皸はなくなり、鋳片の品質は、モールドを使わない電磁鋳造法と同等のものが得られる。

しかし、CREM法は黒鉛モールドを使うので他の金属への適用はむずかしい。電磁連続鋳造法を他の金属に応

用する唯一の方法は、コールドクルーシブル（水冷坩堝式）連続鋳造法（4C法：Cold Crucible Continuous Casting Process）である。

4C法

4C法はCezusとMadyamとの共同研究の結果である。4C法は現在、専らチタニウム合金をスクラップから鋳塊に製造するのに工業規模で利用されている。4C法は基本的にはスカメルティング（訳注：共金（ともがね）の凝固殻を坩堝壁として溶解する方法）であるので、高純度、高融点、強反応性の材料を連続的に溶解、鋳造できる。

4C法の主な構成は、一種の誘導溶解炉でもある分割型水冷銅製坩堝、電磁攪拌装置及び「鋳塊用モールド」である（図-4）。4C法では特に、熔融金属のメニスカス形状の制御及び初期

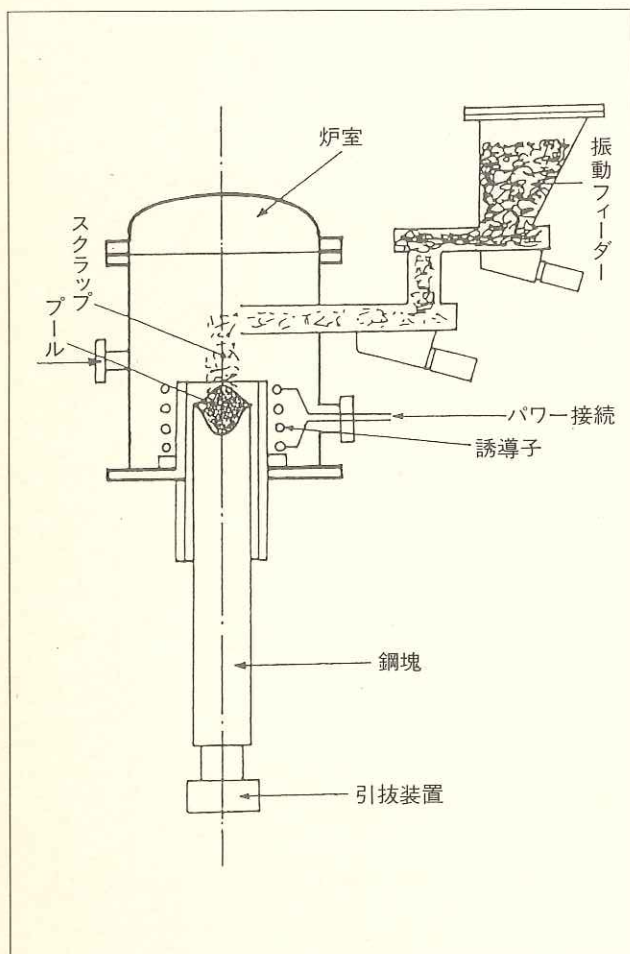


図-4 4C法の略図

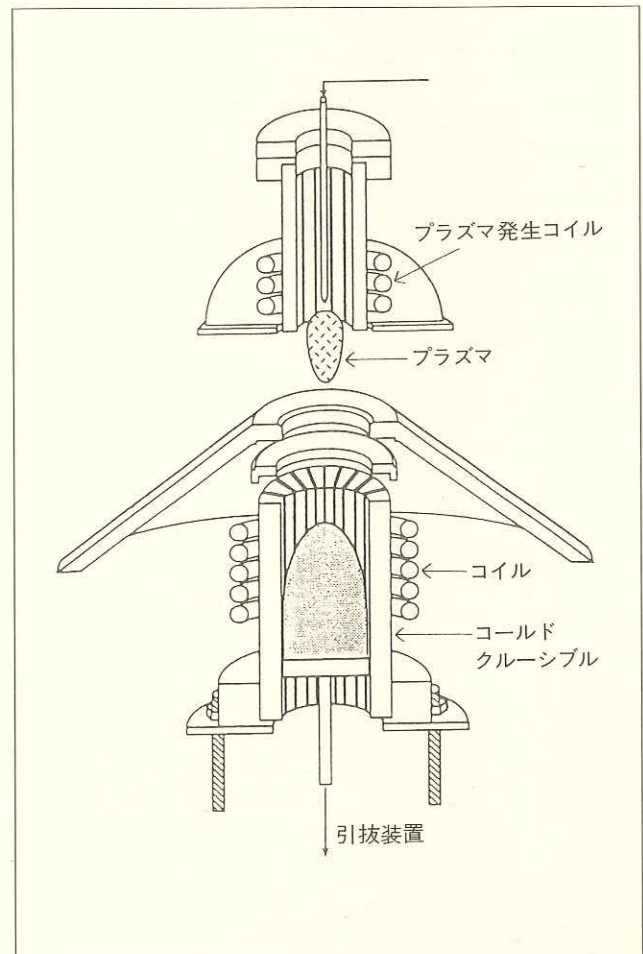


図-5 4C法と組み合わされた誘導プラズマ

凝固線を一定に保つという点で、CREM法と同様の効果をあげている。

連続铸造用の水冷坩堝は、潤滑のための媒溶剤を使用しない鑄込みが可能である。これは溶湯の自由表面の接線が、溶湯とモールドとの接触部で鉛直になるようにメニスカスの形状を電磁的に制御しているからである。この場合連続鑄造のためのオシレーションが不要である。

メニスカスの形は、溶湯の周りに漏斗があるようなものだから、例えば鋼の場合のように媒溶剤の流れ込みが必要なときは、これを容易にするという面がある。凝固した殻とモールド壁面との空隙が大きくなっていくとその結果、モールド媒溶剤の消費率が上昇する。

水冷坩堝式連続鑄造法の大きな利点は、精製する材料の清浄度の水準が高いことである。連続処理においては、4C法の補足手段を提供するのが誘導プラズマである。

誘導プラズマによる合金の連続溶製

誘導プラズマは、弧光プラズマと同様、大気圧下で $3,000^{\circ}\text{K}\sim 10,000^{\circ}\text{K}$ の温度範囲で作用し、プラズマ形成ガスとして空気、酸素、窒素、水素……等の安価な気体を使用する。弧光プラズマと誘導プラズマとの主な違いは、①弧光プラズマは電極を使用して形成されるので、その電極物質による汚染が考えられ、反応性の高いまたは侵食性の気体には適用できない、②誘導プラズマは電極を使う必要がないから、使用するプラズマ形成ガスに関してはなんの制限もない。弧光プラズマの速度は誘導プラズマに比べて速いが、合金化や精錬には後者のほうが適している。

従って、非常に高純度の材料を連続的に精製するには、誘導プラズマが適している。過去数年間に、プラズマを分割水冷銅容器に閉じ込めることがで

きるようになった結果、プラズマの出力を上げることができ、代表的なもので 500kW にまで到達した。さらに古典的な容器は石英管であったが、水冷の銅容器となったため装置が破損しなくなり、工業的な意味をもって利用できるようになった。

特殊材料の製造に誘導プラズマと4C法とを結合して、凝固組織を制御する一種の鑄物成形法とすることが、連続製法として工業的応用の可能性が高い(図-5)。

この技術の研究開発はフランスのAgyl社で行われている。

連続レオキャストイング(Rheo-casting)技術

Pechiney社では現在、工業規模での連続レオキャストイング鑄造機を開発中であるが、これは交番磁場によって溶融アルミニウム中に誘起される力学的効果を利用するものである(図-6)。

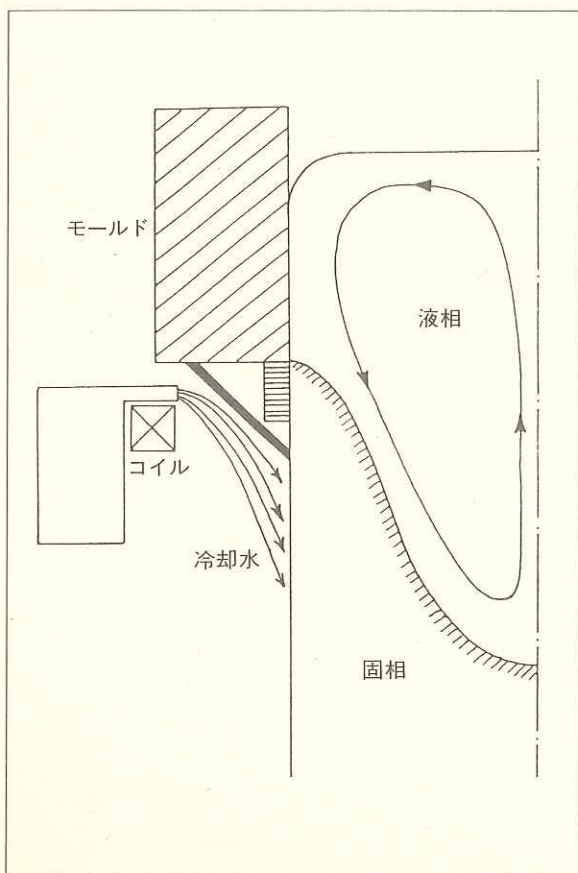


図-6 連続レオキャストイング法

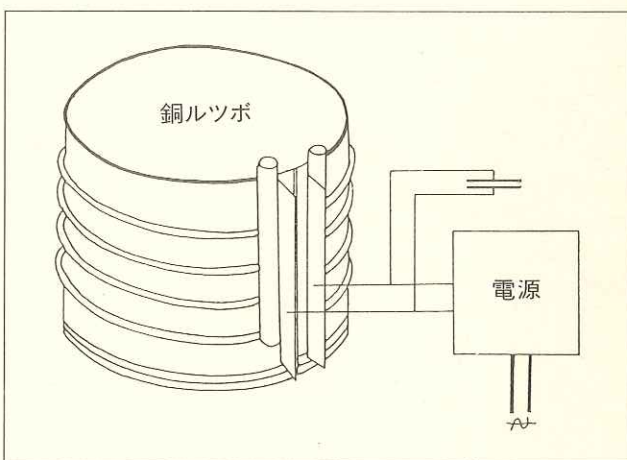


図-7 誘導スカルメルティング装置

表-1 反磁性体

	Bの最大値	B dB/dz (T^2/m)
水	27	30
エタノール	21	16
アセトン	22	20
ビスマス	16	7
アンチモニー	19	12
木	21.5	17
プラスチック	22	20

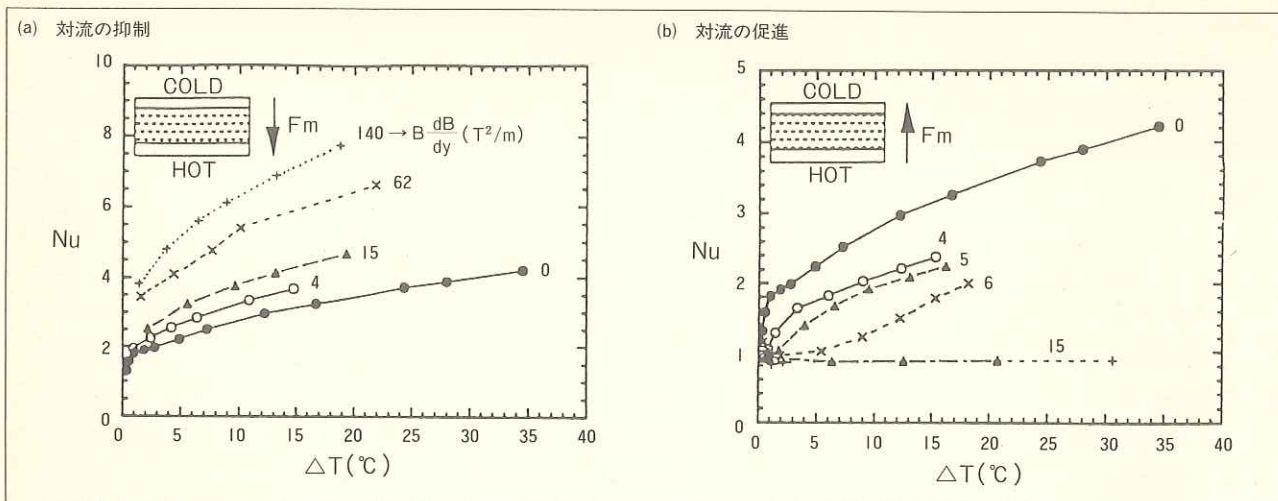


図-8 対流運動での直流磁場の効果

酸化物の誘導スカルメルティング

精力的な研究の結果、酸化物及びセラミックスの誘導スカルメルティングが工業規模で実用可能となり、これはフランスのCELES社によって開発された。この方法は単巻の誘導子からなり、これは同時に溶融物を保持する水冷の銅壁でもある(図-7)。この方法はバッチシステムとしても連铸用としても利用することができる。今日大型炉が使用されているく2m直径、酸化物の溶製速度500kg/h、供給電力が中周波(10kHz)500kW。

強磁場による材料処理

磁気勾配を示す直流磁場に置かれた反磁性体または常磁性体の材料内部に誘起される磁気力の大きさは、

$\vec{F} = \chi B \text{grad } B$ で示される。ただし χ は磁化率、 B は局所磁場を表す。

強い磁場により水や木といった多くの反磁性体を浮遊させることができる(表-1)。液体の磁化率は温度により変化する。従って、温度勾配により生ずる対流現象を抑えたり強めたりすることが可能である。図-8は温度差に対応するNusselt数を示すが、図-8(a)は反磁性体の流体内の対流を抑制することを示し、図-8(b)はそれを強め

ることを示している。繊維組織化、無方向性凝固、非金属介在物の浮上分離あるいは相分離というような種々の効果がこの直流磁場で得られる。材料処理での応用可能性が高く、また超伝導磁石が手頃な価格で得られる可能性もあって、フランスではこの分野の研究に大いに力を入れている。

結論

電磁気及び磁気の場合は、電気伝導体または磁性体(常磁性、反磁性)材料に熱的及び機械的エネルギーを注入す

るという独特の応用可能性を提供している。誘導電流の周波数等の条件を制御することで、熱エネルギーまたは機械的エネルギーのいずれかを強めることができる。このような利点があるので、材料処理の分野で研究開発の場が広がっている。直流の強力磁場単独あるいは交流磁場との結合により、革新的な製法に向けての独創的な技術が期待される。フランス及びヨーロッパでは、EPMに革新的で競争力ある技術の豊かな源泉があるとの確信のもとに、研究開発がますます盛んになっている。

INFORMATION

腐食防食協会主催セミナー案内

(社)腐食防食協会では下記のとおり、2つのセミナーを開催しますので、ご案内いたします。

第6回技術セミナー

1. 主題 プラント構造物の実践的材料技術(その1)

—国際化に対応する各国法規・規格の知識と防食設計—

2. 日時 10月26日(水) 9:30~16:30

3. 場所 北とびあ

東京都北区王子1-11-1

TEL 03-5390-1111

4. 参加費 会員、協賛(含むJRCM):

12,000円/非会員:15,000円

第20回腐食防食工学入門講習会

1. 日時 11月9日(水)~11日(金)

2. 場所 自動車会館

東京都千代田区九段南4-8-3

TEL 03-3264-4719

3. 参加費 会員、協賛:42,000円

非会員:52,000円

学 生:6,000円

1日のみの受講 会員:20,000円

非会員:25,000円

いずれも連絡先は(社)腐食防食協会

TEL 03-5818-6765 FAX 03-5818-6726

ANNOUNCEMENT

新役員の 紹介

9月28日の臨時理事会で決定された
新役員は以下のとおりです（敬称略）。
（任期：平成6年9月29日より）

平成8年3月17日）

理事

中西恭二(川崎製鉄(株)専門主監)
美坂佳助(住友金属工業(株)専務取締役)
矢島忠正(大同特殊鋼(株)専務取締役)
坦田 修(トピー工業(株)取締役)
八木英二(三菱マテリアル(株)専務取締役)
高木俊毅(住友金属鉱山(株)専務取締役)
開沼章夫(日本軽金属(株)専務取締役)
安藤正男(住友軽金属工業(株)取締役)
進藤俊光(三菱電線工業(株)専務取締役)
小池 勇(株)日本興業銀行専務取締役)
金澤 洋(株)第一勧業銀行専務取締役)
萩野周雄(三菱重工業(株)専務取締役)

審議員

貫名健三(株)三和銀行専務取締役)
戸島和之
(日本電信電話(株)境界領域研究所長)

評議員

横江信義(社)日本鉄鋼連盟常務理事)
小野修一郎
(工業技術院
物質工学工業技術研究所所長)
宇佐美 毅
(工業技術院
資源環境技術総合研究所所長)
向井 保
(新エネルギー・
産業技術総合開発機構理事)
菊池幸司
(古河電気工業(株)取締役副社長)

大雄山へ職員旅行

8月26、27日の両日、JRCMはアリシウム、レオテックと合同で職員旅行を行いました。26日は、日新製鋼(株)殿のご好意で箱根・宮城野の洗心荘に宿泊し、寮名物の「超大型」ステンレス浴槽で温泉気分をエンジョイしました。翌日は、小田原より大雄山線に乗り、曹洞宗の3番目の本山である大雄山最乗寺に参詣しました。

約600年前に創建された寺は、樹齢100年以上の杉林に覆われた広大な寺域を有し、約300段の階段を上って行き着く奥の院は、真夏でも涼しい風の

吹く別天地でした。天狗伝説がある所で、ステンレス等いろいろな材料でできた天狗の下駄を拝観したのも、いかにもJRCMらしいことでした。都会の喧騒を離れて、善男・善女、大天狗・小天狗・カラス天狗(?)になった一日でした。



最乗寺本堂前の善男・善女

活動報告

■第29回臨時理事会

日時 9月28日(水)
議題1 理事・審議員・評議員の辞任及び
新任者選任の件
2 事務所移転先及び移転日について

■第34回運営委員会

日時 9月14日(水) 13:30~15:30
議題1 理事・審議員・評議員の交代に
ついて
2 事務所移転先及び移転日について

■第96回広報委員会

日時 9月12日(月) 15:30~17:30
議題1 100号記念/10周年記念行事企画

■第47回国際委員会

日時 9月6日(火) 15:00~17:00
議題1 英文JRCM NEWS No.24の
編集方針
2 超高純度ベースメタル国際会議
出席者のレポート紹介

■第31回調査委員会

日時 9月21日(水) 13:30~17:00
議題1 新規調査部会(利材、水素吸蔵
合金)の活動状況
2 日機連からの委託調査(鉄系金
属の新機能発現、微生物腐食)
3 既存調査部会活動(電磁気力、

アルミリオーダー改質)

●第2回NS部会

日時 9月28日(水) 14:00~17:30
議題1 講演「バッテリー研究所における
LCA研究」
三菱商事(株)技術第二部リーダー
泉名英樹氏

2「地球環境保全からみた金属材料
の将来の動向」の見直し項目

●第11回電磁気力利用調査部会

日時 9月13日(火) 14:30~17:30
議題1 平成7年度省エネ新規応募テー
マ「電磁気力利用省エネ型金属
製造プロセス開発」のその後の
状況について

●第2回自動車用水素吸蔵合金 用途調査部会

日時 9月28日(水) 13:30~17:00
議題1 水素吸蔵合金用途例の調査報告
2 水素吸蔵合金を使用した自動車
部品の具体的仕様について

●第2回金属系産業廃棄物利材化部会

日時 9月19日(月) 13:00~17:00
議題1 アンケート企画/技術サーベ
イ計画

■第18回スーパーヒーター用材料技術委員会・ 第29回専門家部会合同委員会

日時 9月20日(火) 13:30~17:30

- 議題1 第1次実炉評価試験結果のまとめと供試材の寿命評価
 2 第2次実炉評価試験結果
 3 小型評価試験方法
 4 中間評価について

■第24回燃料電池材料技術委員会・

第24回金属系材料WG

- 日時 9月7日(水) 14:00~17:30
 議題1 平成6年度第2回研究進捗状況
 2 平成7年度実行計画ヒアリング
 事項検討

■第8回アルミニウムリサイクル技術部会

- 日時 8月30日(火) 13:30~17:00
 議題1 中間報告会等本年度実施事項
 2 平成7年度概算予算
 3 スクラップ需給調査/海外技術調査

■第3回腐食環境実フィールド実証化技術委員会

- 日時 9月8日(木) 13:30~17:00
 議題1 共同研究基本計画及び平成6年度研究実施内容
 2 共同研究基本協定書(案)及び成果等協定書(案)の石油公団との折衝結果
 3 共同研究契約書(案)の検討

■第2回超高速プラズマジェット加工委員会

- 日時 9月1日(木) 14:00~16:00
 議題1 平成5年度の研究結果のまとめと報告書
 2 連帯共同研究の今後の実験方針

事務所移転のお知らせ

平素はJRCMの活動に格別のご高配並びにご支援を賜り、深く感謝申し上げます。

さて、当センターでは事務所を下記に移転し、来る11月28日(月)より新事務所にて業務を行うこととなりましたので、ご案内申し上げます。なお、(株)ライムズ、(株)レオテック、(株)アリシウムも同時に下記に移転いたします。

【新住所】

〒105 東京都港区虎ノ門1丁目26番5号
 虎ノ門17森ビル6階

【電話・FAX番号】

従来と同一番号が使える予定。ただしダイヤルイン方式をとる予定ですので、部署別番号は次号以降でお知らせいたします。

【交通】

銀座線虎ノ門駅より5分
 千代田線霞が関駅より7分
 三田線内幸町駅より9分
 JR新橋駅より11分



編集後記

この夏の酷暑による渇水が著しい地区では、貯水用のポリバケツ需要が増し、それが化学品素材の市況にまで及んでいる由。気象「変化」が需給流通見直しの引き金になる例で、社会の反応、動向を見る参考との印象。

多少の曲折は吸収する右肩上がりが消えたなかでの技術開発には、感受性そして取舍選択がより比重を増すかも。本NEWSやセンターが行うこのための情報発信に微力が役立てば幸いです。(安田)

広報委員会 委員長 小林邦彦
 (編集部会) 委員 安田金秋/佐藤 駿
 賢川 潤/高木宣勝
 岡田光生/小泉 明
 佐々木晃/鹿江政二

The Japan Research and Development Center for Metals
 JRCM NEWS/第96号

本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用。
 本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発行 1994年10月1日
 編集人 財団法人 金属系材料研究開発センター広報委員会
 発行人 鍵本 潔
 発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
 〒105 東京都港区西新橋1-7-2 虎の門高木ビル2F
 TEL (03)3592-1282(代)/FAX (03)3592-1285