

金材技研 1980

科学技術庁

NO. 6

ニュース

金属材料技術研究所

ジルカロイ-2 被覆管の高温水腐食

軽水炉の運転では冷却材喪失のような重大事故には到らないが、通常の運転条件を一時的に越え安全系の作動で再び通常運転にもどるような機会の発生頻度は高いものと考えられる。このような機会の繰り返しと安全性の関係についての資料を得るため腐食防食研究部では炉外高温ループに設置したジルカロイ-2 被覆管に、核燃料の燃焼を模擬するために直接通電によってバーンアウト(焼損)までの熱流束(熱出力)をかえた場合の管の腐食挙動と、一次冷却水からのクラッド(腐食生成物)の付着状況について検討した。

温度300℃、圧力100kgf/cm²、蒸気重量率(水蒸気と高温水の割合)8.2%、溶存酸素量約20ppmの流体が2.7m/sec で流れる環境ではクラッド付着量と熱流束の大きさの関係は図のように熱流束が増しても付着するクラッド量は僅かしか増加しない。

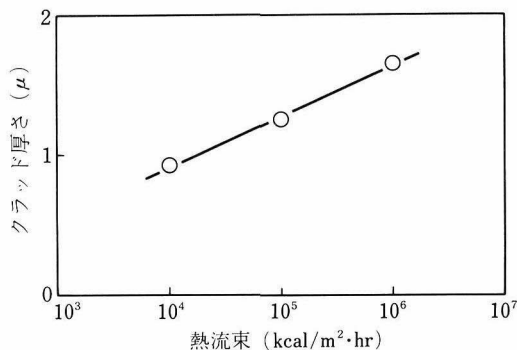


図 熱流束とクラッド厚さの関係

被覆管の腐食量と熱流束の大きさの関係は金材技研ニュース、1977、№5、1頁で示したように10⁶kcal/m²hrまでは熱流束が増しても腐食量はほとんど変化ない。ところがそれ以上の熱流束になると腐食量は急激に増す。これは管表面のキズのような欠陥部の蒸気重量率が局部的に上昇するので伝熱効果が低下してその個所の温度が急激に上昇し、写真のようなバーンアウト(焼損)を起こすものと思われる。したがって、バーンアウトに対してはクラッドの付着が著しく加速するとは考えられず、むしろ被覆管表面の局部腐食、キズなどの影響をしらべる必要がある。

この研究結果は、原子炉の安全基準の設定や燃料被覆管の検査基準の設定などに役立つものと考えられる。

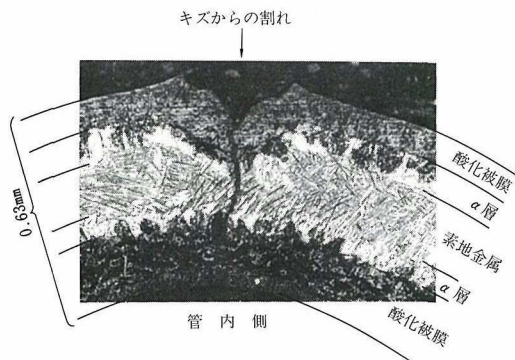


写真 被覆管のバーンアウト部近傍の断面

希土類元素を含むマグネシウム合金の電池への応用について

マグネシウムの電気陰性度は、カルシウムやアルカリ金属に次いで高い。こういったマグネシウムの電気化学的性質は、すでに電気防食の面で活用されている。この原理は、被防食金属と、それよりも卑な電位をもつマグネシウムを水中あるいは地中で、単純に接続することによって得られる防食電流により、被防食金属を腐食から保護するというものである。そして、さらにこのような性質を利用した用途として期待されているのがマグネシウム電池である。これには海水電池とル克蘭シェ乾電池があり、一部はすでに使用されている。これに用いられている陰極材はAZ61(Mg-6%Al-1%Zn-0.2%Mn)あるいはAZ31(Mg-3%Al-1%Zn-0.2%Mn)が多いが、これらは既存の構造用材料であり、選定の理由は明らかにされていない。非鉄金属材料研究部では、微量の希土類元素を含む加工性の優れたマグネシウム合金をとりあげ、電池への応用を考慮して、電気化学的性質と耐食性を調べ、マグネシウムの陰極材としての性能に及ぼす希土類元素添加の影響を検討した。

図1は、電解液(1.5M過塩素酸マグネシウム溶液にクロム酸カリウムを0.3g/100ml添加)中に供試材を陰極として挿入し、陽極に黒鉛板を用いて定電流放電を行い、電流密度と陰極に発生する水素ガス量との関係を求めて示したものである。電流密度30mA/cm²における陰極効率(全マグネシウム消費量に対する放電反応量の比)は、純マグネシウム、Mg-0.3%La合金およびMg-0.3%Ce

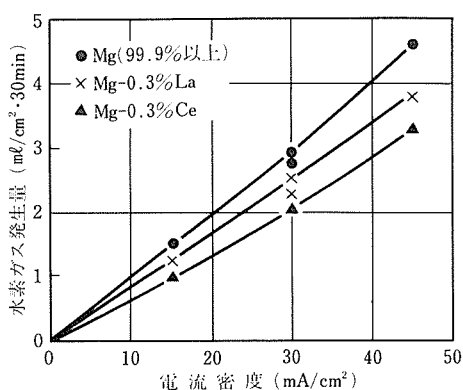


図1 電流密度と陰極における水素ガス発生量との関係(室温)

合金でそれぞれ、69%、73%および75%であり、希土類元素の添加により陰極効率は大きくなる。

表1は、開路電位、閉路電位を、飽和甘汞電極(S.C.E.)に対する電極電位で示したものである。これより、希土類元素の添加によって、電位が卑に向かうことがわかる。開路電位を測定した後、電流密度15mA/cm²で放電を行ったところ、いずれの試料も、放電開始直後に電位が貴方向に変動する、いわゆる遅延現象が認められた。しかし、遅延時間は短く、電池の構成上、支障はないと考えられる。電流を切ると、電位は再び卑方向への回復を示すが、その値は、放電前の電位よりもさらに卑となる。これは、試料表面の皮膜が放電により破壊されることに基づく現象と思われる。皮膜の影響を受けない電位は、Mg-0.3%Ce合金、Mg-0.3%La合金および純マグネシウムでそれぞれ、-1.73V、-1.62Vおよび-1.58Vであった。耐食性は、電解液に供試材を浸漬した際、腐食にともなって発生する水素ガス量で判定した。その結果は、純マグネシウムに比べて希土類元素を含む各合金の耐食性は劣る。

総括すると、希土類元素を含むマグネシウム合金は、陰極効率、電極電位の立場からみて、使用時に電解液を注入する海水電池用としては十分使用し得る。しかし、乾電池型の陰極材としては、耐食性の面での改善を検討する必要がある。マグネシウム電池は、原理においては比較的簡単であるにもかかわらず、高度な応用技術分野から成り立っており、陰極材一つをとりあげても、今後に残された課題は多い。

表1 開路電位、閉路電位(20°±0.1℃)

試料	開路電位(V) (30min)		閉路電位 (V) (15mA/ cm ²)	開路電位 (V) (ピーク 値)
	最大	最小		
Mg-0.3%La	-1.50	-1.43	-1.42	-1.62
Mg-0.3%Ce	-1.56	-1.51	-1.43	-1.73
Mg(99.9%以上)	-1.50	-1.42	-1.42	-1.58

高温破壊機構と余寿命予測

火力発電や原子炉などの高温機器の設計に際し使用される材料の実用条件下ではどのような種類の破壊が起こるか、前もって検討しておく必要がある。また稼動中の機器の寿命があとどの位あるか正確に推定することも機器の安全管理や経済的使用という観点から重要である。

クリープ試験部では、各種高温用材料について設計データを提供するため、長時間のクリープ破断試験を従来より行っているが、このデータと試料を用い、使用条件（温度及び応力）と破壊機構との関係を示す破壊機構領域図を作成している。さらに、この図から推定される実用的な条件下での破壊機構領域について、破壊を律速する因子を求め、それを定量的に把握し、余寿命予測の指標となるクリープ損傷の評価及び表示方法について検討している。

図1は蒸気タービンロータ用Cr-Mo-V鋼の高温破壊機構領域図である。温度や応力の条件により破壊の様相は1)破断延性が大きく、結晶粒が長く伸ばされて、ちぎれる粒内クリープ破壊、2)粒界にクラックを生じ、そのクラックが粒界に沿って進展し、さらに合体して破壊する破断延性の小さい粒界クリープ破壊、3)再結晶を起こし、軟化するため、破断延性が大きくなる再結晶延性破断の各領域に分けられる。しかし、Cr-Mo-V鋼の実用的な使用条件は粒界破壊の領域にある。

写真はクリープ中に生じたクリープキャビティを示す。クリープキャビティの多くは写真に示す

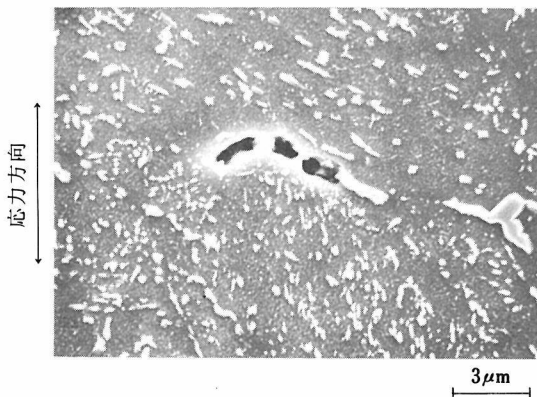


写真 クリープキャビティ（白く見える粒子は炭化物）

ように、粒界の炭化物の界面に生成し、粒界に沿って成長して行く。さらに他のキャビティとの合体などによりクラックとなり、粒界破壊の原因となる。キャビティができると試料の密度が減少するので、クリープ試験前後の密度の変化($\Delta D/D$)を精密に測定することによりキャビティ総量を把握できる。 $\Delta D/D$ を各温度、応力、及び時間でクリープさせた試料について測定し、キャビティの生成量に及ぼす各因子の影響を求めた結果、Cr-Mo-V鋼については次式で表わせることがわかった。

$$-\Delta D/D = 2.5 \times 10^5 \epsilon t \sigma^3 \exp(-56000/RT)$$

ここで ϵ :クリープ歪み, t :時間(h), σ :応力(kgf/mm²), R :ガス定数(cal·mol⁻¹·K⁻¹), T :温度(K)

上式とクリープ設計線図より図2に示すキャビティ総量線図が得られる。この図から、密度変化を測定すれば使用材のクリープ損傷の程度がわかり、余寿命の推定も可能となる。

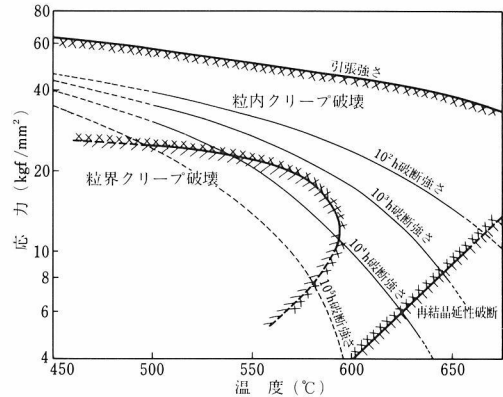


図1 Cr-Mo-V鋼の高温破壊機構領域図

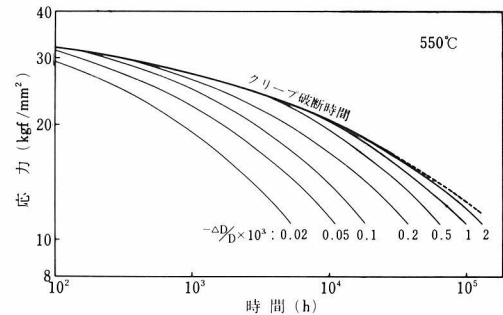


図2 クリープ損傷量としての密度変化($\Delta D/D$)と破断時間

【科学技術庁長官当所を視察】

昭和55年5月2日、長田科学技術庁長官が当所を視察した。

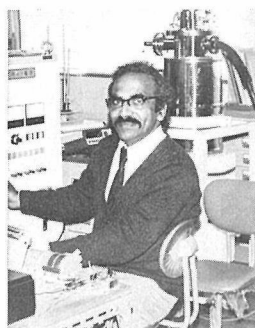
14時30分より17時にわたり、主な施設や設備を視察し研究現況の説明を受けるかわら職員を激励された。

(写真中央、長田長官)



私の誇りとなる金材技研の滞在

R.G.シャーマ博士(Dr. R.G. Sharma)
インド国立物理学研究所



今回、筑波支所の太刀川恭治博士のもとで研究する機会を得ましたのは私の永年の願望の達成でありました。過去数年間にわたり、私はずっと金材技研における太刀川博士と共同研究者らの超電導材料に関する熱心な研究に注目してまいりました。それ故今回のインド国立科学アカデミー(INSA)と日本学術振興会(JSPS)との間の科学者交流

計画により私が訪日できるようになった時の喜びは当然大きいものでした。
当研究所の研究設備と研究内容の充実ぶりは私の想像をはるかに越えるものでした。研究室はよく考えて整備されており、試料作製から特性試験まで一貫して必要な設備が整っており、一方、ヘリウム液化機や世界で唯一の17.5テスラ強磁界超電導マグネットを見るのはまさに驚きでした。それと同時にそれらの機械が、他の装置類も同様ですが、各人の研究活動にさしたる支障もなく研究者によって効率的に運営されているのを見て大変感心しました。私の感じたところでは、研究者はきわめて熱心に各自の職務に没頭しており、さらに研究面では、目標に沿った各種の材料を取り上げ、見通しよく且つよく練られた研究方針に従って研究が実行されている様子が強い印象を覚えました。近い

将来この研究部から超電導分野における革新的技術が生れることを信じております。

私の貴研滞在中の研究については、試料作製の最初からたずさわって、多種類の断面形状の V_3Ga 多芯線の研究を行うことが出来て非常に満足しております。勿論これは太刀川博士の御指導と特に田中吉秋博士および研究者皆様方の御協力の賜物と有難く存じております。振り返ってみると、3ヵ月間の滞在は研究者相互の交流にとって充分長い期間であり、非常に有益であったと考えています。太刀川博士は滞在中の私の研究に対してあらゆる援助と指針を与えて下さったばかりでなく、快適な滞在のために色々と細かい心配りをして下さり、また、超電導分野の研究に関して付近の研究機関からも情報と知識を得られるよう尽力下さり感謝に絶えません。

貴研究所を去るに当り、荒木透所長および太刀川博士に対して温かいもてなしと金材技研における研究のために特別の機会を与えられたことを感謝申し上げます。また、木村支所長、樋口管理課長をはじめ筑波支所の皆様には数々の御親切な御世話を頂き厚くお礼申し上げます。特に経験豊富で真摯な人柄の田中博士には種々御世話になり、感謝の言葉もありません。また、超電導研究室の皆様に対しても、終始変りなく友好的に手助けして頂き心より感謝申し上げますと同時に滞在中何かと御迷惑をおかけしたことをお詫び申し上げます。

最後に日本学術振興会に対して滞在中の御世話と、特に加藤及び大野両氏の直接の御援助に対し深く感謝申し上げます。

◆ 短 信 ◆

● 受 賞

本多記念研究奨励賞

小野寺秀博 鉄鋼材料研究部研究員

「加工誘発マルテンサイト変態に関する研究」に対し昭和55年5月12日表彰を受けた。

好評だった 中学生のための 金 属 教 室

科学技術週間行事にちなみ4月19日、地域の中学生を対象に「中学生のための金属教室」を実施した。



粉末冶金の説明を受ける中学生

通巻 第258号

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所

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)

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