

金材技研 1977

科学技術庁

NO.2

ニュース

金属材料技術研究所

ニオブの真空中酸化試験

核融合炉第一壁材料は中性子照射損傷や周期的な変動応力など苛酷な条件にさらされる。Nbは第一壁材料の有力候補の一つであるが、さらに酸素の吸収が心配される。

原子炉材料研究部では、Nbの真空下での酸化挙動を各種の方法によって調べている。酸化条件は、725°C、 1×10^{-4} Torr 空気とした。実際の核融合炉ではさらに高真空であることが必要とされているので当実験は加速試験になっている。試料は直径1mmの線材である。

普通、高温材料の耐酸化性は材料表面に形成される酸化物の下地金属に対する保護性によってきまると考えられる。しかし、Nbをこのような真空下で酸化すると酸素は内部に拡散して表面に酸化物を形成しない。地の酸素濃度が固溶限を越えた後に始めて酸化物が表面に核形成する。酸化物はX線回折によってNbO+NbO₂と同定された。内部摩擦法によって地中の固溶酸素の変化を調べると、固溶酸素は酸化時間20hで最大値0.48wt%に達した後、減少して0.31wt%になって一定となる。この酸化温度における固溶限は0.22wt%であるから酸素は過飽和状態になっている。光学顕微鏡観察によると20hで酸化物が形成されるので酸素濃度の変化に良く対応している。

図は酸化時間と硬度及び延性の関係を示す。硬度は20hで最大値に到達した後に減少しているが、これは固溶酸素量の変化によるためと推定される。曲げ試験は3点曲げによって行なった。条件は、支点間距離16mm, ポンチ径2.5mm, ポンチ速度1mm/minであった。延性は5hで激減し、20h以後ゼ

ロになる。走査型電子顕微鏡観察によると、破壊様式は粒界破壊であった。さらに5h酸化材を1,200°C, 1hの酸化物溶体化焼鈍を行なうと延性は完全に回復した。これらの事実より、脆化の原因は粒界に酸化物が形成された為と考えられる。

第一壁材料の寿命を5万時間とすると、単純な比例計算で環境中の酸素分圧は 2×10^{-9} Torr 以下におさえなければならない。実際は照射損傷との複合効果が予想されるので、さらにきびしい酸素分圧のコントロールが必要になる。

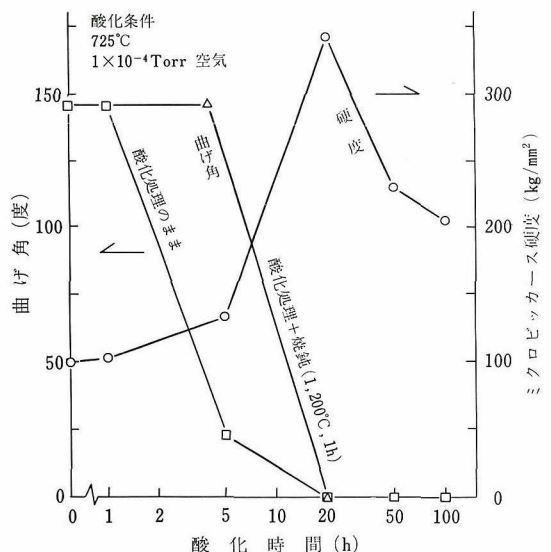


図 Nbの酸化による硬度と延性の変化

疲れき裂の開閉挙動の測定

機械や構造物の疲れ破壊には疲れき裂の発生と成長が先行することは良く知られている。したがって、疲れき裂伝播速度は工学的に重要なパラメータであって、多くのデータが得られている。疲れき裂伝播速度 da/dn とき裂先端の応力拡大係数の範囲 ΔK の間には相関があつて、いわゆる Paris の関係式

$$\frac{da}{dn} = A(\Delta K)^m$$

が成立する。この式において定数 A は応力比 R (繰返し荷重における最小荷重を最大荷重で除した値) に依存して変わることが知られている。すなわち疲れき裂伝播速度は、同一応力拡大係数範囲で比較した場合、応力比が大きいくほど速くなる。応力比によって伝播速度が変化する原因として、疲れき裂先端の開閉挙動が最近注目を集めている。疲れき裂先端部は引張荷重の下で常に開口しているわけではなく、荷重がある程度以上の大きな値になって初めて口を開くものと考えられる。口を閉じている間はき裂先端には全く損傷が加わらないと考えれば、疲れき裂伝播速度はき裂が口を開けている荷重範囲に対応するいわゆる有効応力拡大係数範囲によって支配されることになる。有効応力拡大係数範囲をノミナルな応力拡大係数範囲と応力比の関数としてあらわせば、 A の応力比依存性を求めることができる。

疲れ試験部では、疲れき裂先端部の開閉挙動を観察するために、標点間距離 1mm の伸び計を試作し、**図 1** に示す位置に取付け、荷重と伸び出力の関係を調べた。**図 2** は記録の一例である。曲線 **a** ($P-\delta$) は荷重と伸びの関係を示す。その下方で

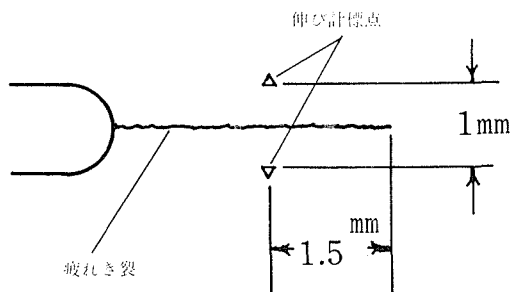


図 1 伸び計取付位置

は、き裂が完全に口を閉じているため、き裂がない試験片のバネ定数に相当する傾斜を示している。荷重の増加に伴ってき裂が開口を始めると、バネ定数は急激に減じ、それにつれて荷重と伸びの関係は折曲りを示す。最大荷重点に達した後荷重が減少しはじめると、き裂が完全に開口した状態のバネ定数を示す除荷弾性線 ($P-\delta''$) を示しながら下方に向う。き裂先端には塑性変形が生ずるため負荷と除荷の曲線はヒステリシスを示す。開口状態における弾性線は負荷と除荷で等しいという Elber の考え方にならって、除荷弾性線に平行に負荷曲線に接線を引き、その接点がき裂の開口が始まる荷重 P_{op} を与えるものとする。この図から、 P_{op} は零より大きいことが分る。曲線 **b** ($P-\delta'$) は P_{op} を高精度で読みとるため、伸び出力に適当な演算処理を加えたものである。

−1から0.8の間の種々の応力比について同様な計測を行い、 P_{op} を求め ($P_{max}-P_{op}$) の荷重範囲に対応する有効応力拡大係数範囲と疲れき裂伝播速度の関係を調べたところ、応力比が $1/3$ 以下の場合にはき裂伝播速度は有効応力拡大係数範囲のみによって定まることがわかった。したがって、Paris の式において ΔK の代りに実験的な有効応力拡大係数範囲を入れれば、 A は応力比に依存しない定数となる。しかし、応力比が $1/3$ 以上ではまだ問題が残されている。

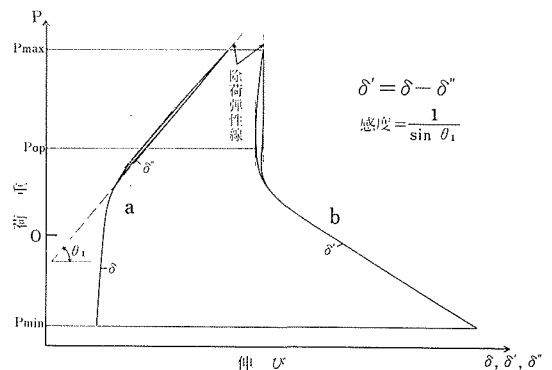


図 2 き裂開閉挙動を示す荷重と伸びの関係

供試材：HT 80

応力拡大係数の範囲、 ΔK ： $160\text{kg}/\text{mm}^{3/2}$

応力比、 R ：−0.5

管の渦流探傷に用いる内挿形コイルの特性

渦電流を利用した配管の保守検査方法は、さきに原子力発電設備の漏洩事故においても使用され、最近では航空機、化学、原子力の分野において注目されている非破壊試験方法である。

この探傷方法は試験コイルを管内に挿入して行なわれ(内挿形コイル),そのとき得られる指示信号は、欠陥のほか試料の寸法、材質等の変化の影響を受ける。これらの諸影響因子の指示信号を識別し、欠陥を定量的に検出する方法、装置を開発することは現状において最も切望されているところである。このような試験方法を確立するためには、第一に欠陥などの諸因子と指示信号(コイルのインピーダンス変化)の関係を明らかにしなければならない。

材料強度研究部では、欠陥と内挿形コイルのインピーダンス特性について研究し、試験周波数、指示の位相特性など試験の最適条件を調べ、管の保守検査において重要な減肉及び割れの定量的検出の可能性を検討している。

内挿コイルの特性を実験的に明らかにするため、肉厚の異なるステンレス鋼管(SUS316)の試料を用いてコイルのインピーダンス測定を行ない、データから減肉、電導度変化、コイルの偏心等によるコイルの特性を求めた。

図1は、肉厚の異なる管について求めた内挿形コイルのインピーダンス曲線の例である。一般に行われているように、空心コイルの抵抗成分 R_0 およびインダクタンス L_0 を用いて規準化して示して

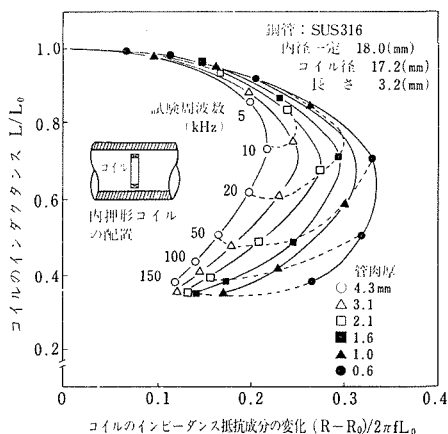


図1 内挿形コイルのインピーダンス曲線の例 (f: 周波数)

ある。図はコイルのインピーダンスが管厚、試験周波数によってどのような値をとるかが示され、また図から外径の変化(外面減肉)によるコイルのインピーダンスの変化の経路がわかる(点線)。コイルのインピーダンス変化の大きさ、方向(位相)は、指示として得られる電気信号の振幅、位相に対応する。信号検出に位相検波器を用いて特定位相の信号を検出し、雑音の抑制あるいは欠陥の判別を行なう際には、コイルのインピーダンス変化の位相を知ることが重要となる。

図2は、管の外径、内径、導電率の変化およびコイルの偏心によるコイルのインピーダンス変化の位相(角)を示した例である。二つの因子を最も区別して位相検波により識別するには、両者間の位相差が 90° であることが望ましく、このような位相特性をあらわす図から最適の試験周波数を求めることができる。

ここではコイルのインピーダンスについて位相特性を示したが、同様に振幅特性も得られている。このような基礎的データは、管の保守検査において、従来試行錯誤的に行われていた試験装置の開発、試験条件の設定、結果の判定に対して正しい指針を与え、試験方法の確立に役立つ。

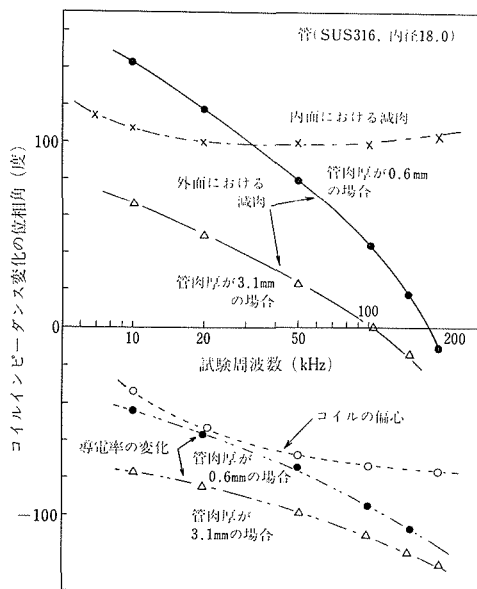


図2 試験周波数とコイルインピーダンス変化の位相角との関係

【特許紹介】

硫化鉍の乾式処理操業法

発明者 亀谷 博

公 告 昭51-524 昭和51年1月8日

特 許 第822597号 昭和51年7月28日

この発明は、銅、亜鉛、鉛を製錬する場合、硫化鉍又はその精鉍のばい焼、溶錬のような処理工程において、その排ガスと酸素の混合ガスを循環使用することにより排ガス量を最少限に抑えガス清浄化設備の軽減と同時に熱収支を改善して燃料を節減しようとするものである。

銅等の非鉄金属は硫化鉍として産出するので金属の酸化物又は溶体を得るため、炉において空気を吹き込み酸化発熱反応により炉内を高温に保持して製錬を行っている。炉内に送風される空気中の酸素が炉内反応にあずかるが、酸素を除いた80%の窒素は炉内反応に無関係で、むしろ排ガスとして多くの熱エネルギーを炉外に持ち出し、さらには無用な排ガス量が増大しガス清浄化設備を必然的な大型にする。

この発明では、**図1**の自溶炉に適用した例のように炉1からの排ガスの一部を排ガス処理設備7に導き、他の一部を送風管エジェクタ8へ導いてノズル10から噴出する酸素と混ぜてディフェザ11を経て炉1へ循環させる。この操業法の利点は排ガス清浄設備を従来の $\frac{1}{2}$ 以下の規模に抑えて熱収支を改善でき炉設計を改善し、製錬コストを低減することにある。

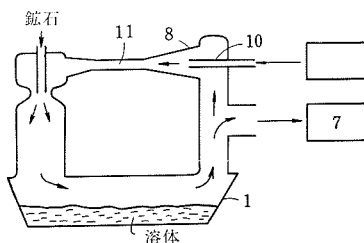


図1

電子ビーム加工における加工状態の探知方法

発明者 稲垣道夫, 橋本達也, 岡田 明, 入江宏定

公 告 昭50-37917 昭和50年12月5日

特 許 第822596号 昭和51年7月28日

電子ビーム加工法は高電圧で加速収束した電子ビームを加工材に照射するとき照射部の発生熱とビームの浸透性を利用して溶接、切断又はせん孔などの加工を行うもので、本発明は加工部分の近傍に設けた電子検出電極により電子ビームで融けた部分から放出される電子を捕獲してこれにより流れる電流を計測し加工材の局部的溶込みを探知する方法である。

図2に本発明の電子検出電極とその回路を含めた電子ビーム加工装置を示した。検出電極2は加工材1と絶縁して加工部付近に設け、電極2と接地端との間に電流計A₂と直流電源11を電極2が正電位になるよう接続する。電子ビーム5により加工材が融けるとその部分から放出された電子及びイオンが電極2で捕獲されてA₂に電流I₂が流れ、I₂の量により加工材の溶込み幅が検出できる。また、I₁とI₂との関係から溶込み深さの推定が可能になる。本発明によると電子ビーム加工における加速電圧、ビーム電流、フォーカス電流を適正に操作でき自動制御方式にすることも可能である。

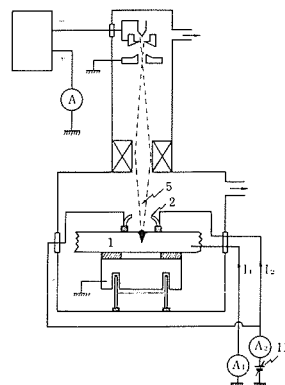


図2

◆ 短 信 ◆

● 海外出張

高橋仙之助 材料強さ研究部室長

第15回宇宙科学会議に出席ならびにジェット推進研究所等の研究状況調査のため昭和52年1月21日から昭和52年2

月12日までアメリカ合衆国へ出張した。

金尾 正雄 鉄鋼材料研究部室長

特殊鋼のとくに環境ぜい化に関する研究、調査ならびに討論のため昭和52年2月2日から昭和52年4月25日までアメリカ合衆国およびカナダへ出張した。

通巻 第218号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 保坂 彬 夫

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 1 5 3