

金研技研

1974

科学技術庁

NO.11

ニュース

金属材料技術研究所

引張り圧縮とねじりの組合せ荷重による疲れ試験

シャフトやパイプなどのような実際の機械構造物の基本的な要素の中には、軸方向の荷重だけでなく、同時にねじり荷重を受けている部分が非常に多い。したがって、これらの組合せ荷重下における金属材料の疲れデータを集積し、かつその結果を単軸荷重下の疲れ試験結果より推測するための法則性を見出すことは、実際の設計のために極めて有意義である。

疲れ試験部では、軸方向荷重とねじり荷重の両荷重を任意に組合せて試験できる米国MTS社製油圧サーボ式試験機を使用して、組合せ荷重下での疲れ特性を求めている。

図1はニッケル・クロム・モリブデン鋼SNCM8(600°C焼戻し)の組合せ荷重下での疲れ寿命と応力振幅の関係である。試験片はシャフトとパイプを想定して、中実(直径19mm)、中空(外径40mm、内径36mm)の2種類を使った。試験片は弾性計算によって得た試験片表面におけるねじり応力 τ と軸応力 σ の割合(τ/σ)を一定に保つようにトルク

と軸荷重を与えた。その値 τ/σ は5水準に変化させ、試験結果を von Mises の降伏条件に基づく相当応力($=\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}$)で整理した。これらの結果は単軸試験結果と中実試験片による単純ねじり試験結果の間にはさまれ、一般的にねじり成分が大きくなると相対的に長寿命を与え、かつその傾向は中実試験片(黒印)の結果の方が中空試験片(白印)のそれより強い。この事実はねじり応力が試験片断面に一樣に分布しないため、試験片表面と中心部では塑性変形が均一に起らないことと関連する。図2は図1の結果をこの事を考慮して補正した結果であるが、組合せ試験の結果はバラツキを考慮に入れて単軸試験の結果とよく一致している。このような結果から、適当な補正を加えた von Mises の相当応力を用いれば組合せ荷重下の疲れ試験結果は統一的に整理でき、実際の設計には単軸引張り圧縮試験結果をもとに弾性計算すればよいという結論の見通しがえられた。

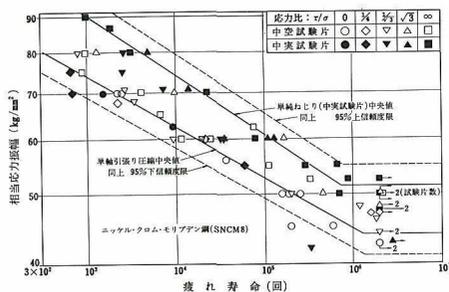


図1 相当応力振幅と疲れ寿命の関係 (相当応力は弾性計算による)

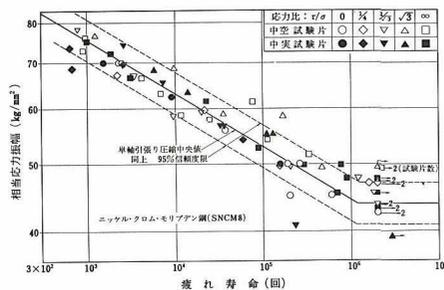


図2 相当応力振幅と疲れ寿命の関係 (図1の相当応力に塑性変形を考慮し補正した)

イメージ・マッチング技法のSiO₂粒子観察への応用

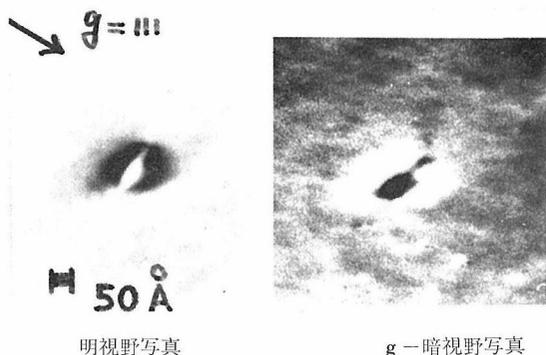
電子顕微鏡写真を解析する1つの方法として、撮影した電子顕微鏡写真と電算機で理論計算して作成した図形との一致の程度を比較する手法があり、イメージ・マッチング技法とよばれている。観察するものの性質（結晶構造、幾何学的形状、格子歪の分布状態など）を仮定し、電子顕微鏡を操作している実験条件をきめれば、回析理論を応用して、どのような電子顕微鏡写真がうつるかを、電算機を使用して紙の上やブラウン管上に描きだすことができる。このようにして計算された図形と実際の写真とを比較検討して、電子顕微鏡写真が示す実態をきめるわけである。

非鉄金属材料研究部ではこの解析法を用いて電子顕微鏡写真を解析し、電子顕微鏡観察組織と材料特性との関係の解明に取り組んでいる。しかし電子顕微鏡写真に何が写っているかを同定することは一般にむずかしいため、写真に記録されている多くの情報を見落しがちである。特に、非常に小さなものを観察する場合には、イメージ・マッチングによる解析方法の活用がぜひとも必要になってくる。

図1と図2は銅中に存在する球形の小さなSiO₂粒子を解析した例である。このようなSiO₂粒子は通常の銅板を低真空中で焼鈍する時、内部酸化によって生じ、回析パターンにより確認されている。

立体写真を用いて薄膜の3次元構造を調べる場合、マーカーを必要とするが、このようなSiO₂粒子がマーカーとして使用できるか否かを検討するためにSiO₂粒子を観察したものである。使用した電子顕微鏡はJEM150で、計算機はNEAC3100である。試料の(110)面が紙面にほぼ平行になっている、すなわち写真も図形も試料の内部組織を[110]方向から紙面へ投影したようになっている。試料の厚さはほぼ500Åである。図1の2枚の写真はSiO₂粒子の明視野写真(左)とg-暗視野写真(右)で、 $g=111$ ($S_g=0$)である。電算機で理論計算して描かせた図形の中から図1に示した写真と合うものを図2に示した。電子顕微鏡写真も電算機に描かせた図形も、球形粒子の像が円形にならずに、半月を2個くっつけた形になっている。解析した結果、SiO₂粒子が地に格子歪を与えていること、粒子が電子顕微鏡観察試料膜中に分布している位置は膜の下面に近いところであること、粒子の形状は球形で直径が80Åであることなどがわかった。

この手法を応用するところとして、転位線、析出物、結晶粒界、積層欠陥、変調構造などのくわしい観察を必要とする研究分野が考えられる。



明視野写真

g-暗視野写真

図1 SiO₂粒子の明・暗視野電子顕微鏡写真

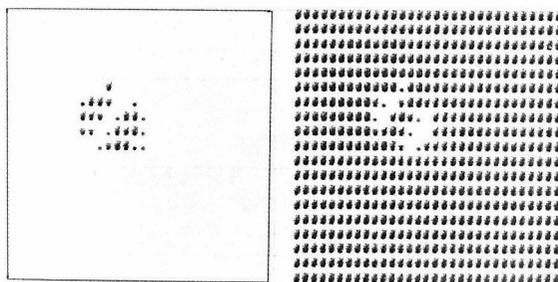


図2 電算機により描かせたSiO₂粒子像

化学蒸着法によるバナジウムのもリブデン被覆

バナジウム合金は原子炉材料として高速増殖炉の燃料被覆管や核融合炉の真空壁など 900°C前後における耐熱材料として期待されている。これはこの材料が高速中性子の吸収断面積が小さく、かつ高融点金属としては比較的成型加工性にすぐれているなどの利点を有することによるが、欠点としては酸素との親和力が大きいために酸化されやすいこと、雰囲気中の酸素などの侵入型原子の固溶によって脆化することなど、使用される環境の影響を受けやすい。

原子炉材料研究部では種々の原子炉環境下で安定な表面被覆材の開発研究を行なっているが、その1つとして燃料被覆管用バナジウム合金の液体ナトリウム中での耐食性を向上させるための表面被覆に関する研究を行なっている。本研究は、不純物として酸素を含む液体ナトリウム中で純モリブデンの耐食性がよいことに注目し、バナジウムおよびバナジウム合金の表面を純モリブデンで被覆しようと試みたものである。被覆方法には五塩化モリブデンの水素還元による化学蒸着法を用いたが、その概略は次のようなものである。熱処理を行なった試片(1×5×60mm)に、水溶液メッキによってCu, Ni, Fe, Crのいずれかを5~10μmの厚さにメッキする。次に試片を蒸着装置内で露点-60°Cの水素気流中で直接通電により加熱し、表面を清浄化したのち、装置内に設けた五塩化モリブデン蒸気発生器を70°Cから190°Cの間の適温に加熱し、五塩化モリブデンと水素の混合気流を750°Cから950°Cの間の温度に加熱した試片の表面に均一に流してモリブデンによる蒸着被覆を行なう。最後にこの被覆材を真空焼鈍炉内で10⁻⁶Torr, 500°Cで2時間熱処理を行なう。

この方法の特徴は、第1に前処理としてのメッキにある。これは蒸着反応中にバナジウムが微量の酸素や塩素などによって酸化されることを防ぐため、この処理を施さないものは被膜の密着性が著しく悪い。第2に蒸着反応時の水素気流の圧力を数Torrまで下げたことにある。これによって緻密な良質の被膜を得ることができた。写真及び

図はバナジウムにニッケルを前処理メッキしたもののについての例である。

得られた材料を700°C、酸素濃度約1ppmのナトリウムループ中で500時間腐食試験を行った結果、重量変化、表面状態の変化は認められず、また試験前後の試片のマイクロビッカースによる断面の硬度分布からもモリブデン被覆によって素地バナジウムの侵食は抑制されていることがわかった。また、この材料の被膜と素地の間の密着性試験の結果、垂直方向の密着力は6kg/mm²以上あり、90°曲げ試験によっても被覆層の剝離、脱落は起こらない。室温~1000°Cの急熱急冷を10回繰返す熱衝撃試験でも表面状態の変化は認められなかった。

このように小試片においては良い被覆材が得られたが、実用化には寸法、形状の相違に応じた技術的な研究が要求される。

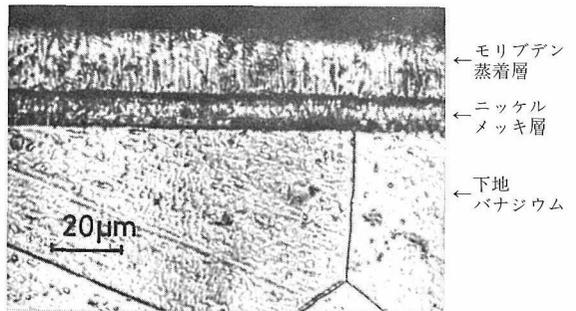


写真 バナジウムのモリブデン被覆材の断面

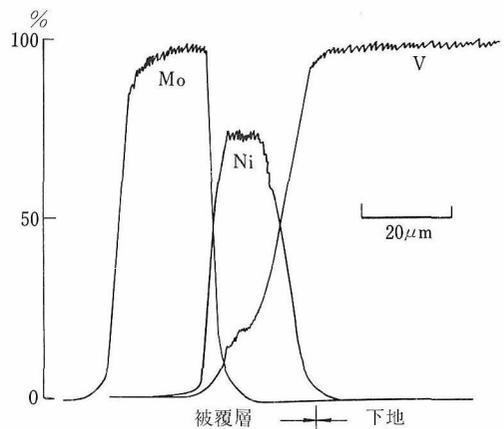


図 被覆材断面のX線マイクロアナライザー分析

【特許紹介】

超電導マグネット用合金材

公告番号 特公昭49-34038 (昭和49年9月11日)
発明者 太刀川恭治, 井上 廉

超電導材料は液体ヘリウムなどの極低温で電気抵抗が零になり、電力消費なしに永久的に電流を流したり強磁界を発生することができるので、超電導発電機、核融合炉、MHD発電、高エネルギー加速機のほか、送電、エネルギー蓄積装置等の新しい産業技術への応用が考えられている。

超電導線材はNb-Ti系などの合金に比べV₃Gaなどの化合物の方が特性面ですぐれていた。この発明は合金線材でありながら、化合物線材に匹敵する臨界磁界をもったV-Zr-Hf合金超電導材料で、化学組成はバナジウム29~98原子%、ジルコニウム80原子%以下及びハフニウム80原子%以下

で、最高の臨界温度は10.1°Kである。Zr-Hf合金とVの複合体を所望の寸法、形状の線材に加工後、これを真空中で850~1300°Cで熱拡散処理し、その合金の成分比に比例した3元合金層をつくる加工方法を採用できる。このようにして作製した超電導線材の実施例を表に示す。この材料は強磁界発生用の超電導マグネット線材としてすぐれた性質をもっている。

表 V-Zr-Hf合金超電導体の特性

加工方法別	試料記号	熱処理条件	組成(原子%)			臨界電流密度 A/cm ² 印加磁界 (30kOe)	臨界温度 °K
			V	Zr	Hf		
本方法 実施例の	G	1050°Cで25時間加熱	65	17.5	17.5	2.5×10 ⁸	9.9
	H	1025°Cで50 "	62	19	19	3.0×10 ⁸	9.8
	I	1000°Cで50 "	58	21	21	3.0×10 ⁸	9.6
	J	975°Cで100 "	50	25	25	3.5×10 ⁸	9.6
アーク 溶解	K		50	25	25	2.3×10 ⁸	9.8

【出願公開発明】

アーク溶接におけるアーク発生位置の検出方法 特公開昭49-79940
昭和49年8月1日

溶接の完全自動化を図るため溶接アーク周辺の電離気体中に設置した検出電極により電離気体中に拡散したイオンおよび電子を捕獲し、アークの発生位置を検出して溶接位置、溶込深さを検出。

平滑溶射面を作るプラズマジェット溶射法 特公開昭49-83537
昭和49年8月21日

平滑な溶射面を得るため、水等の溶体中に溶射微粉末を懸濁させてプラズマジェット中に噴霧する溶射方法。微粉末の送給が均一、安定化して、溶射面が平滑になる。磁性粉末の溶射に適す。

脆い材料の熱間鍛圧加工法 特公開昭49-88751
昭和49年8月24日

Fe-Al-Si合金、セラミック、金属間化合物等

の脆い材料の加工のため、加工材を十分厚いシース材で被覆し、シース材と工具面間を無潤滑にして熱間鍛圧する方法。シース材内部に静水圧が発生するので、脆い材料が容易に加工できる。

回転磁界による極間式磁粉探傷法 特公開昭49-95684
昭和49年9月11日

極間式磁粉探傷において試験品表面に回転磁界を与えることにより全方向の欠陥を検出するようにした。溶接試験品などの欠陥の検出精度と検査能率の向上に効果的に寄与する。

金属電解製錬法 特公開昭49-95803
昭和49年9月11日

懸濁電極による新規の金属電解製錬法において電解槽の陰極室で行わせる金属粒子の電解成長の際に、種粒子を自己生産させて槽外からの供給を省くようにした。関連発明 特公昭49-9283

◆短 信◆

●海外出張

渡辺 治 特殊材料研究部複合材料研究室長
航空宇宙用の複合材料の研究調査のため昭和49年10月6日から同年10月18日までアメリカ合衆国エアフォースマテリアル研究所他へ出張した。
山内睦文 製錬研究部主任研究官

ニッケルマットの直接電解に関する研究のため昭和49年10月25日から51年1月2日まで西ドイツベルリン工科大学へ出張。

小玉俊明 腐食防食研究部表面処理研究室研究員
金属の不動態皮膜の生成及び破壊に関する研究のため昭和49年10月28日から50年10月27日までアメリカ合衆国立標準局へ出張した。

通巻 第191号
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)

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)