

金材技研 1979

NO.8

ニエース

科学技術庁

金属材料技術研究所

核融合炉第一壁材料の疲労特性

核融合炉は21世紀のエネルギー源として大きな期待がかけられているが、そこでは、現在実用になっている原子炉の材料よりも高度な金属材料が必要とされ、それに対する使用条件は温度、高温強さ、中性子照射損傷、腐食等どれひとつをとっても非常に厳しい。原子炉材料研究部では核融合炉の第一壁の材料として注目されているオーステナイトステンレス鋼や高融点金属について照射損傷、表面損傷、表面被覆、腐食、高温強さ等の広い観点から材料評価並びに材料開発を行っている。その中から疲労特性の結果を紹介しよう。

核融合炉は通常の原子炉と異なって断続的な燃焼運転が行われ、例えば、トカマク型の核融合炉では年間5000ないし20000サイクルの出力変動が起こる。このため、プラズマに面している第一壁やそれに続くブランケット構造物は激しい熱サイクルを受け、疲労損傷が構造物の健全性を損なう恐れがある。したがって、材料の選択、構造物の設計、安全性評価の点から核融合炉では材料の疲労特性が重要な要素となっている。さらに核融合炉では真空、ヘリウム、液体金属といった環境の影響や中性子照射の影響が考慮されねばならない。

図はいくつかの候補材料について真空中の高温低サイクル疲労試験により得られた破断繰返し数並びに応力幅の温度依存性を示したものである。試験条件は完全両振りの三角波を用いたひずみ制御試

験で、真空度は 5×10^{-6} Torr以下である。ここでMo-AN, Mo-SRはそれぞれ純Moの再結晶材及び応力除去焼鈍材である。また316鋼は溶体化処理材、他は再結晶材である。まず疲労寿命でみると純NbやNb-1Zr合金が最も長く、316鋼、純Moと続く。純Moは150~300℃から低温側で寿命が急激に低下しているが、その疲労破断面を調べてみると粒界割れやへき開割れが生じていて、いわゆる脆性破壊によって破断している。一方、強さを示す応力幅は寿命の最も長い純NbやNb-1Zr合金が低く、逆に純Moが高い。したがって疲労特性からみれば、これらの材料の中では600℃までは316鋼、それ以上では純Mo、Nb-1Zr合金が優れていると云える。しかし、純Moは室温附近の脆性改善が必要であり、Nb-1Zr合金は冷却材中の酸素などの微量不純物の影響を受けるのでその効果を明らかにする必要があろう。

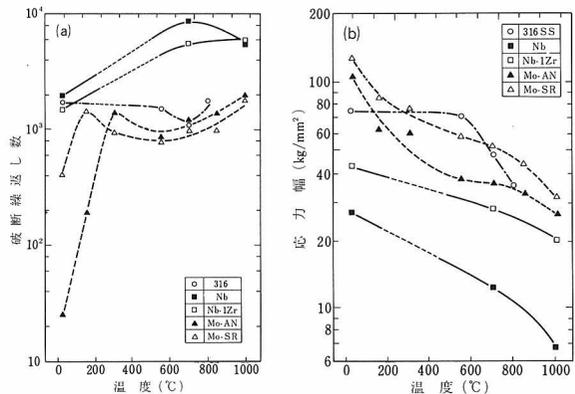


図. 各種材料の破断繰返し数 (a), および応力幅 (b)の温度依存性。塑性ひずみ幅=0.015

散漫散乱電子線による転位線観察

金属材料には転位線とよばれている格子欠陥が存在していて、金属材料の強さに大きなかわりをもっている。この転位線は透過電子顕微鏡により観察することが可能で、金属材料の強さと転位線の分布状態との関係がくわしく調べられ金属材料の性質の解明に役立っている。

しかし転位線はいつでも観察できるわけではなく、限られた回折条件を満足する場合でないと観察できないし、また転位線像の中が太いために転位線の量が多くなると転位線像が重なりあって個々の転位線を観察できなくなるなど、転位線を透過電子顕微鏡で観察する際にいろいろな制約をうける。そこで転位線をできるだけゆるやかな回折条件の下で容易に観察することを可能にし、また転位線密度の大きいところでも個々の転位線をくわしく観察できる方法の開発が必要となる。

非鉄金属材料研究部では金属材料組織観察に有効な新しい電子顕微鏡観察法の開発とその評価をしている。ここに紹介する新しい観察法は、散漫散乱電子線を使って転位線を観察するものである。銀の中の転位線を加速電圧 500kV の電子顕微鏡で観察した写真を例にとりて、従来の観察法と新しい観察法とを比較してみる。写真には、(002) ベンド・コンター上に観察される転位線と、それぞれの電子顕微鏡写真をうつした際に使用した対物絞りの形と位置とが回折パターンの上に二重露出して示してある。通常の方法では透過電子線を使用して転位線像を得ており、新しい観

察法では規則正しく並んだ回折スポットを形成する電子線を対物絞りでさえぎって、回折スポットの間に現れる散漫散乱された電子線だけを使って転位線像を得ている。このような散漫散乱電子の数が少ないために対物絞りの穴を大きくして電子顕微鏡像を得るのに十分なだけの散漫散乱電子を集める工夫がしてある。

ところで、金属材料の中で原子が規則正しく配列していることについての情報は規則正しく並んだ回折スポットを作る電子線に与えられ、転位線のような原子の配列が乱れていることについての情報は回折スポットの間に現れる電子線によってもたらされる。従って、このような散漫散乱電子線は金属材料の中の格子欠陥を観察するのに有効なはずである。散漫散乱電子線を用いた転位線像は通常の方法で得た転位線像に比較して次の特徴をもつ：(1)よりゆるやかな回折条件の下で転位線を観察することができる、(2)通常の方法では転位線を観察できない $g_b = 0$ の回折条件でも転位線を観察できる、(3)転位線像の中が細く密集したところの個々の転位線をくわしく観察できる。以上のように、転位線観察において散漫散乱電子線を用いることが有効であることが示された。

この新しい観察法によると、現在市販されている性能の良い電子顕微鏡を用いれば、1個の原子空孔のような金属材料の超微細組織さえも観察することが可能となろう。

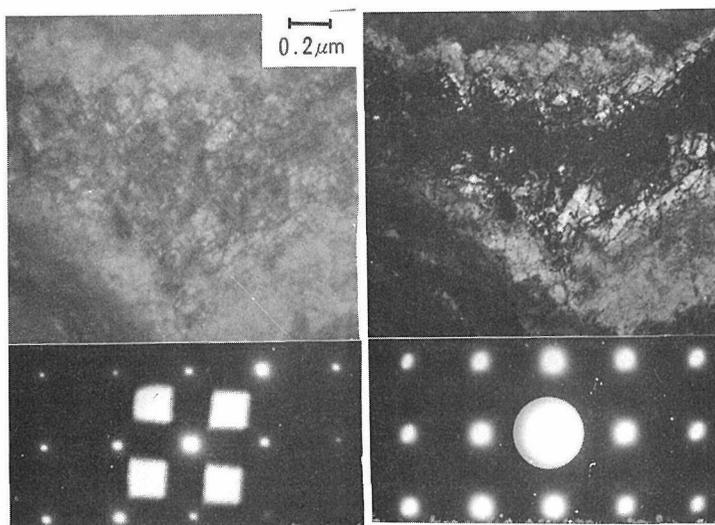


写真 通常の方法で得た転位線の電子顕微鏡写真(右), と散漫散乱電子を用いて得た転位線の電子顕微鏡写真(左)。

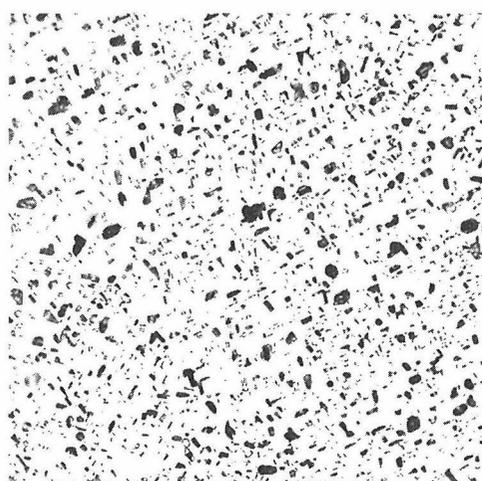
銀－亜鉛系内部酸化合金接点

内部酸化によってAg地中に酸化物を分散析出させた合金は、電力用、自動制御用、情報伝達用閉器の接点材料として広く用いられている。Ag-CdO系接点はその代表的なものであるが、近年、小型高精度化、信頼性向上の要求およびCdの人体への影響が問題視され、これに代る新高性能接点材料の開発が強く望まれている。Ag-酸化物系接点には、耐溶着性、耐消耗性、接触抵抗の安定性および耐アーク性が要求される。これらの特性は酸化物の種類とその分散状態に支配され、酸化物にはつぎのような諸性質が要求される。(1)Agとかなり広い組成範囲にわたって溶解法によって合金ができる元素の酸化物である。(2)酸化物になる元素は広い合金組成範囲で内部酸化が可能である。(3)Agとの親和力が小さく反応しにくい。(4)水溶性ではなく、吸湿性が小さい。(5)接触面への酸化物の堆積を防ぐため、蒸気圧が高く、昇華し易い。(6)電子放出による再点弧を起こさないため、融解温度あるいは昇華温度が低い。以上の条件をほぼ満たすのは、Cd、Zn、Sn、In、Teなどの酸化物である。これらの酸化物がAg地中に均一に分散するならば、その合金はすぐれた接点特性を示すことが期待される。

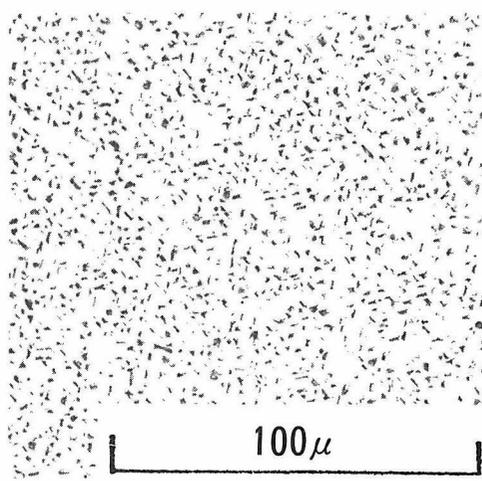
電気磁気材料研究部では、AgとZn、Sn、In、Teなどを含む多元合金を内部酸化させることによって得られる酸化層組織と、合金の組成、内部酸化温度、雰囲気酸素圧との関連を調べ、Ag基地中に微細な酸化物粒子を均一に分散析出させることに成功した。写真には、Ag-10Zn-0.5TeとAg-6Zn-1Sn-0.5Te合金(原子%)を850℃、大気中で内部酸化した酸化層の金属顕微鏡組織を示す。このような析出酸化物の均一な分散は、Teが含まれることによって得られるものである。このTeをCuあるいはLiで置換しても酸化物の均一な分散を得ることができる。また、Snを含有させると酸化物粒子を微細化する効果がある。

さらに、内部酸化の際の雰囲気酸素圧を連続的に変化させる新しい処理方法によって、析出する酸化物粒子を内部酸化層全域にわたって所望の大きさに制御する方法も開発中である。

現在、これら新しい組成の合金あるいは新しい処理方法で得られる分散組織をもつAg-酸化物系接点材料について、クラッド、ヘッダーおよび接着技術の確立をはかるとともに、実装試験データの蓄積を行い、実用化への検討を進めている。



Ag-10Zn-0.5Te



Ag-6Zn-1Sn-0.5Te

写真 内部酸化を850℃、大気中で行った試料の金属顕微鏡組織

【特許紹介】

オーステナイト耐熱鋼の加工熱処理法

発明者 山崎道夫、武藤 功
公 告 昭和51年9月4日、昭51-31089
特 許 昭和52年5月16日、第858389号

この発明は0.1~0.5%の炭素を含み、その炭素が1000~1350℃の温度範囲で固溶し得るような組成を持ち、耐熱鋼の特性として重要なクリープ破断強さと高温の耐力を同時に向上させたオーステナイト系耐熱鋼を対象とした加工熱処理法である。

この鋼を前記温度（第1段目の温度）で加熱して炭化物をほぼ完全に固溶し、さらに上記第1段目の温度より低い第2段目の温度（炭化物の固溶限以下であるが、かなりの炭化物が固溶し得る温度）へ直接炉冷するか、第2段目の温度に予め設定されている他の炉へ移し、その炉冷途中あるいは、第2段目の温度に達した直後、あるいは第2段目の温度で適当な時間保持後、その温度で、急速な再結晶が生じない程度の加工度の高温加工を与え、直ちに水冷するか、再び元の炉（炉を2基用いて材料を移動する時は第2の炉）へもどし適当な時間保持してから水冷する処理方法を提供するものである。ここで、前記の高温加工は鋼を第1段目の温度から冷却する途中、又は第2段目の温度で保持後急冷する過程の随意の時点で行なうことになる。

前記処理法は、高温加工を与えない場合においても、オーステナイト耐熱鋼のクリープ破断強さを大幅に向上させるが、高温における耐力をほとんど向上させないか、むしろ低下させる。したがって、使用応力が耐力の面から低目に抑制され、クリープ破断強さの大幅向上効果が充分発揮されないことが考えられる。

そこで、第2段目の保持中にその温度で軽度の加工を与え、その後急冷するか、加工後さらに第2段目の温度に適当時間保持後急冷する処理を行なうことにより、クリープ破断強さは大幅に向上し、高温での耐力も約30%以上向上することを見出した。これにより耐力が低いため、使用応力が制限されるという問題が解決された。

◆短 信◆

●名譽会員

荒 木 透 所長

通巻 第248号

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 1 2
電話 東京 (03) 359-3811 (代表)

鑄造用金型

発明者 生井 亨、菊地政郎
公 告 昭和52年8月8日、昭52-30364
特 許 昭和53年2月25日、第899421号

従来、鑄造用金型の変形を防ぎ、製品の寸法精度を保持するためには、金型全体の剛性が高い方がよいと考え、そのような対策がとられてきた。

本発明は、その従来の考え方と異なり、金型の表面を塑性変形しやすい材質とすることにより、金型全体の変形に対する抵抗性を改善することを特徴とした金型に関するものである。

この場合の表側と裏側の材質の組合せ、その厚さの比、境界部の状態等を金型断面に生ずる温度分布を考慮して最も効果的であるように設けることを必要とする。すなわち、材質の組合せについては、

- (1) 両材料とも熱伝導度が高く、金型としての特性を失なわないこと。
- (2) 表側の材料は変形が容易であるのに対して、裏側の材料は金型全体の変形を拘束するに十分な剛性を有すること。
- (3) 両材料間の境界部については制限はないが、両者間において応力が特定の部位に集中することがなく均一に分散すること。

とすることが好ましい。

図は、表側と裏側の材質の組合せの一例を示したもので、これにより作製された試料の変形に対する抵抗性は著しく改善された。

本発明は、従来の鑄造用金型のすべてに適用しうるばかりでなく、表と裏側の材質の組合せを適当にすることにより、剛性が小さすぎるなどにより従来金型材料としての使用が制限されていた材料についても、その使用範囲が拡大されることになる。

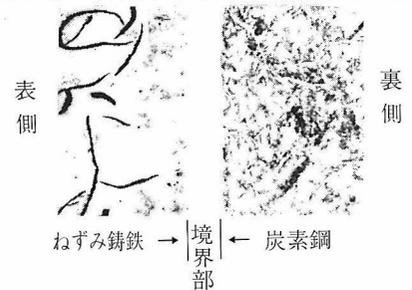


図1 表裏で材質の異なる金型材料

昭和54年5月24日ニューヨーク市で開催された第87回アメリカ鉄鋼協会年次総会(A.I.S.I.)において名譽会員に推挙された。

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