

金材技研 1980

科学技術庁

NO.11

ニュース

金属材料技術研究所

溶接継手の疲れき裂伝ば特性データシート

溶接によって製作された構造物では、溶接施工上の制約によってその使用開始時においてすでに部分溶込みなどのき裂状の欠陥の存在を避けることができない場合がある。そして、このようなき裂状の欠陥は、使用負荷などの変動で繰返される荷重によって疲れき裂として成長し、やがて破壊することがある。そこで、疲れき裂がどのようにして成長してゆくかということを明らかにすることが重要である。疲れき裂伝ばの特性を表すには、疲れき裂が1回の荷重繰返し当たりにその長さをどれほど増すかを示す疲れき裂伝ば速度、 da/dn 、とき裂先端の応力場の強さを表すパラメータである応力拡大係数の範囲、 ΔK 、の関係を求めることが広く行われている。

疲れ試験部では、溶接継手について上述の da/dn と ΔK の関係を求めるデータシート作成業務を昭和54年から開始した。すなわち、板厚20mmの溶接構造用圧延鋼材SM50Bについて、一般に用いられている3種の溶接法、被覆アーク、ガスメタルアーク、サブマージアーク溶接法、によって数種類の溶接継手を製作し、板幅200mmの中央き裂試験片を用いて、 da/dn が $10^{-2} \sim 10^{-8}$ mm/回の範囲にわたって、疲れき裂が溶接線に沿って成長する場合の疲れき裂伝ば特性のデータを求めた。き裂の伝ば部位は溶接金属と溶接熱影響部である。図は結果の例である。溶接のままの溶接継手の疲れき裂伝ば特性は、溶接部位によらずほぼ同一で母材のそれにくらべ劣り、特に da/dn が小さな領域で

それが顕著である。なお、この特性は異なる溶接法によって製作した溶接継手のそれとも同一であった。また、この特性は引張平均応力が加わった場合に母材で得られるとされる特性と類似している。別に行ったX線残留応力測定法によって求めた残留応力分布は、試験片板幅中央附近に引張残留応力が存在することを示し、き裂はこの引張残留応力域を成長している。従って、溶接のままの溶接継手の疲れき裂伝ば特性が母材にくらべ劣るのは溶接引張残留応力のためであるといえる。溶接後熱処理を行って残留応力を除去した場合の特性が、図の黒丸印で示されるようにほぼ母材並に改善されたこともこの説明を支持している。

上記の結果は、

本年出版される疲れ強さデータシートに掲載されるので、これらのデータを用いて重要な部材の余寿命予測、定期検査間隔の決定などが行われ、構造物の保守、管理に役立つことが期待される。

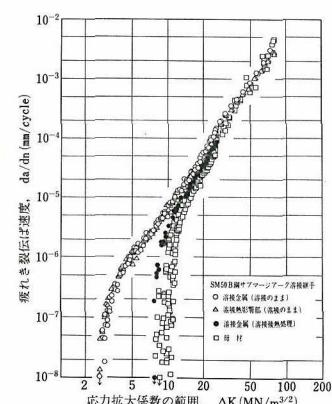


図 SM50B溶接継手の疲れき裂伝ば速度と応力拡大係数の範囲の関係

高速増殖炉用オーステナイト系合金のボイドスエーリング

ウラン燃料の有効利用を可能にする高速増殖炉は、現在世界各国で実用化に向けて研究開発が進められている。高速増殖炉では高エネルギーの中性子 ($E > 0.1 \text{ MeV}$) によって、燃料被覆管やその集合体のラッパー管に種々の照射損傷が引き起こされる。そのうち最も重要な損傷のひとつにボイドスエーリングがある。これは金属の体積膨張（スエーリング）をもたらす現象であって、炉の運転時の信頼性及び安全性の観点から、スエーリング量の小さい材料の開発が要求されている。

中性子照射では施設が限られていることや年単位の実験時間が必要なことなどの理由から、材料開発の手段として広く用いられている方法として、イオン照射による短時間のシミュレーション（模擬）実験がある。原子炉材料研究部では、当所のペレトロン型加速器を用いたプロトン（水素イオン）照射によって各種合金のボイドスエーリングのシミュレーション実験を行い、より耐スエーリング性の優れた金属材料の開発を行っている。

現在高速増殖炉の燃料被覆管やラッパー管の候補材料としては、オーステナイト系合金が有望視されている。当研究部では、高速増殖炉用オース

テナイト系合金開発の第一歩として、基本となる Fe-Ni-Cr 合金のボイドスエーリングの照射線量依存性を調べた。写真は、Fe-25Ni-15Cr 合金と Fe-45Ni-15Cr 合金の同一照射条件下 (600°C , 15 dpa) でのボイドの透過型電子顕微鏡写真である。Fe-25Ni-15Cr 合金に比べて Fe-45Ni-15Cr 合金の方がはるかにボイドの密度や大きさが小さいことがわかる。特にボイドの密度に著しい差がある。これは、Ni 量が増大するほど、ボイドができるにくいことを意味している。図は、両者の合金と 316 鋼について、 600°C の照射温度でのボイドスエーリングの照射線量依存性について調べた結果である。この図からわかるように、Fe-25Ni-15Cr 合金と Fe-45Ni-15Cr 合金とを比較した場合、後者の方がスエーリングの開始する照射線量も大きく、スエーリング量の増加のしかたもゆるやかであることがわかる。また、316 鋼の Ni 量が約 12% であるのに、Fe-25Ni-15Cr 合金よりも小さなスエーリング量を示すのは、316 鋼では Mo, Si その他の添加元素がスエーリングを抑制しているからと考えられる。今後、これらの添加元素の影響について調べてゆく予定である。

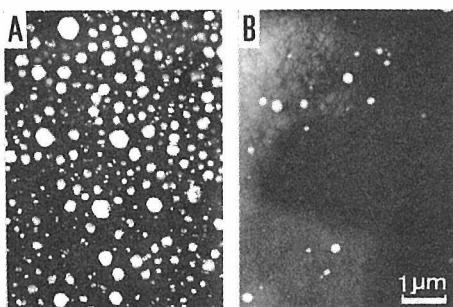


写真 ボイドの透過型電子顕微鏡写真

照射条件: 600°C , 15 dpa

A ;Fe-25Ni-15Cr 合金

スエーリング量 43.9%

B ;Fe-45Ni-15Cr 合金

スエーリング量 0.9%

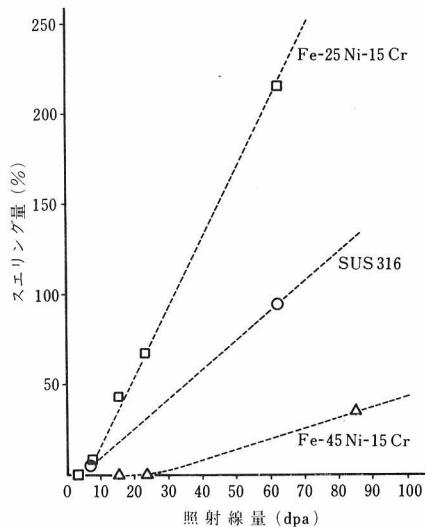


図 各種オーステナイトステンレス合金の 600°C におけるボイドスエーリングの照射線量依存性

超微細粒二相強力鋼

最近、自動車用鋼板としてデュアルフェイズ(二相)鋼が話題を集めている。金属をミクロに見ると、原子が規則正しく並んだ構造の結晶から成っている。鉄の結晶には α 鉄と γ 鉄の二種があり、これらをそれぞれ α 相(フェイズ)、 γ 相といっている。デュアルフェイズ鋼は焼入相である強度の高いマルテンサイト(α')と、柔かいフェライト(α)またはオーステナイト(γ)など複数の相を含み、これらの相の利点が相補って優れた機械的性質を示す材料である。

二相合金にはさらに、結晶の大きさ(結晶粒径)を超微細化しうるという著しい特徴がある。一般に材料の強度を高めるほど、もろくて破壊しやすい(脆性という)特徴を有するが、結晶粒を微細化するほど脆性が消失し、靭性のある材料が得られる。この理由は隣り合う結晶粒の境界が破壊に對する抵抗となるためである。単一相では、結晶粒を微細化する限度は $7\text{ }\mu\text{m}$ ほどであるのに比べ、二相では $1\text{ }\mu\text{m}$ もの超微細粒が容易に得られるので、その効果は非常に大きいはずである。しかしながら従来二相合金で、結晶粒が超微細化したために靭性が目立って向上したという報告はほとんどない。我々の予備実験でも、単に二相の超微細粒としただけでは、靭性向上にはむしろマイナスの作用すら与えることが明らかとなった。

強力材料研究部では、この原因を調査した結果、 $\alpha + \gamma$ 二相域に加熱する過程と室温に冷却する過

程で生ずる相の変化(変態)が可逆的なため、最終的には破壊を抑制する有効な結晶粒界がないことが判明した。この変態の可逆性を除去することを目的として、二相域に加熱する前の α' 相に前加工を加え、結晶に乱れを与える実験を行った。図1は従来の方法と前加工を加える方法を比較した図である。用いた材料は時効析出により強化するFe-16%Ni-4%Si合金で、均質化処理後の γ 相の粒径が 0.15mm 、室温では α' 相である。これを二相域に加熱後冷却し、加熱温度によって $\alpha' + \alpha$ または $\gamma + \alpha$ の二相とした後、時効により強化して引張試験に供した。

図2は引張強さと破断時の断面減少率(絞り)の関係を示す。 $\alpha' + \alpha$ 組織では α' 相が時効強化されるため、強度が高い。前加工により強度とともに靭性、延性の尺度である絞りが向上しているが、これは従来法でみられた粗大 γ 結晶粒の粒界や粒内の脆性破壊が完全に姿を消したことから見て、結晶粒が見かけ通り超微細化した結果と考えられる。 $\gamma + \alpha$ 組織は強さは低いが絞りが大きいのは、 γ 相が変形中に α' 相に変態する(加工誘起変態、TRIP)ためであり、絞り加工への応用が考えられる。

このように、前加工を加えることにより、二相であるための複合効果とともに、超微細粒による高い靭性を兼備した強力合金を得ることが可能となる。

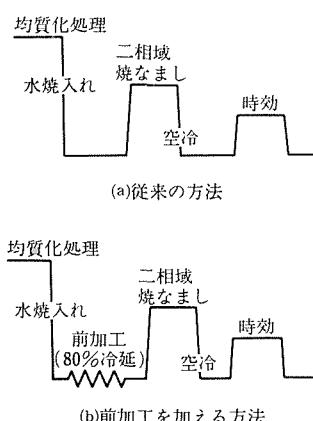


図1 試料の処理方法の比較

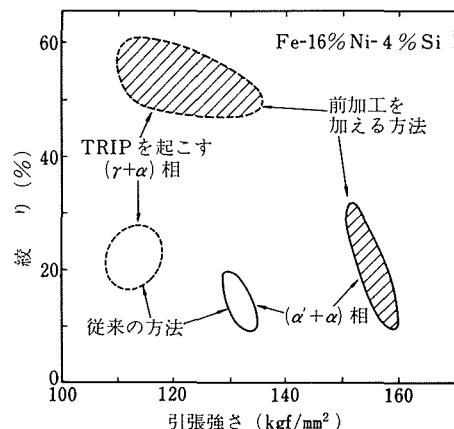


図2 Fe-16%Ni-4%Si二相合金の室温引張試験における引張強さと絞りの関係

【出願公開発明の紹介】

電気接点材料

特公開昭54-28220

昭和54年3月2日

現在、電気接点材料として Ag-CdO 系合金が、性能に優れ広く使用されているが、Cd の人体への影響が大きいため、これに代るべき接点材料が要求されている。本発明は Ag に Zn, Cu, Li の各酸化物が入ったもの及びこの他に In, Sn の酸化物が入った電気接点材料であり、接点特性である耐消耗性、耐溶着性が優れ工業的利用が大いに期待される。

非調質高張力鋼

特公開昭54-33820

昭和54年3月12日

従来、高張力鋼の製造は制御圧延によるか、あるいは圧延後に調質処理を施すのが通例であるが、この場合、圧延機の消耗を早めたり、熱処理設備が必要となるなどの問題点がある。本発明は、C 0.05~0.09%, Si 0.15~0.60%, Mn 0.8~1.5%, Ti 0.15~0.40%, 残部鉄及び許容量の不純物であり、Ti と C の比率が 3~4.5 であることを特徴とする非調質高張力鋼で、制御圧延や調質処理を必要とせず圧延のままで製造可能な優れた高張力鋼である。

電解用不溶性合金

特公開昭54-47812

昭和54年4月14日

従来、各種電解操作における不溶性陽極材料として白金や鉛が用いられているが、白金は高価であり鉛は公害問題や耐食性が劣るなどの欠点を有している。本発明は、Ni-Ta 系、及び Ni-Ta-Ti 系の電解用不溶性合金で、従来の問題点を解消した耐食性、電導性に優れた電極材料であり、特に硫酸酸性水溶液中における不溶性陽極材料として優れている。

電解用不溶性合金

特公開昭54-47821

昭和54年4月14日

従来の不溶性陽極材料については、前記したとおりである。本発明は、Ni-Nb 系、Nb-Cu 系、及び Ni-Nb-Ti 系の電解用不溶性合金で、耐食性、電導性に優れた電極材料であり、特に塩化物水溶液中における塩

素発生用の不溶性陽極としての性能が優れているので、海水中における電気防食用の陽極などへの利用が期待される。

繊維型複合金属の製造法

特公開昭54-48609

昭和54年4月17日

本発明は、適当な間隔に配向した複合用繊維とマトリックス金属繊維とからなる織物をマトリックス金属浴溶中に直接浸漬し、同時に超音波をかけて複合化を行い、繊維型複合金属を製造する方法である。この方法は従来法に比べ繊維の取扱いが容易で、迅速な複合化処理が可能であり、工業化も容易である。

溶鋼の連続脱ガス処理装置

特公開昭54-48625

昭和54年4月17日

従来の連続脱ガス装置は滞留時間が長いことや溶鋼中の脱ガスには適さないなどの問題点がある。本発明は、密閉状態で真空精製とプラズマ精製とを組合せたことを特徴とする連続脱ガス処理装置であり、水素、酸素、窒素を除去すると同時に、温度を調整することができる。また連続铸造に必要な溶鋼の温度調節を行うことができるという利点があり、従来の問題点を解決した実用に耐える連続脱ガス精製装置である。

銑鉄又は鋼の連続製造法

特公開昭54-49912

昭和54年4月19日

本発明は、還元鉄や半還元鉄の連続溶解還元において、鉄原料並びに固体加炭材、還元剤の供給と溶融鉄の排出を連続的に行い、スラグを最適厚さに保持するようスラグの排出をする銑鉄又は鋼の連続的製造法であり、従来法に比べ電力効率がよく操業性も優れ、製鉄体系全体の生産性と熱経済の向上が期待される。

溶銑または溶鋼の製造法

特公開昭54-49913

昭和54年4月19日

本発明は、半還元鉄原料と固体炭素等の副原料とを連続的に電弧炉に装入し、また溶鉄の出湯とスラグの排出とを連続的に行い、スラグを最適厚さに保ち、半還元鉄中の酸素量をコントロールすることを特徴とする溶銑または溶鋼の製造法である。これは、従来法に比べ電力効率がよく、また溶湯の異常沸騰を避けることができ、最大電力が継続的に投入できるので、安定した操業を確保できる。

◆ 短 信 ◆

● 海外出張

太刀川恭治 電気磁気材料研究部長

1980年度超電導利用に関する会議への出席並びに討論及び研究調査のため、昭和55年9月27日から昭和55年10月5日までアメリカ合衆国へ出張した。

福島敏郎 腐食防食研究部第3研究室長

国際大気腐食シンポジウムに出席のため、昭和

55年10月4日から昭和55年10月12日までアメリカ合衆国へ出張した。

田中吉秋 電気磁気材料研究部第2研究室長

超電導材料およびその応用技術に関する調査研究のため昭和55年10月8日から昭和55年12月6日までアメリカ合衆国へ出張した。

福富勝夫 原子炉材料研究部主任研究官

核融合炉第一壁への低Z被覆の研究調査のため昭和55年10月11日から昭和55年10月24日までアメリカ合衆国へ出張した。

通巻 第263号

編集兼発行人 吉沢慎介

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)

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