

金材技研

1976

科学技術庁

NO.10

ニュース

金属材料技術研究所

高温水蒸気中におけるジルカロイ-2の酸化および室温延性

軽水型原子炉の燃料被覆材であるジルカロイ-2の冷却材喪失事故時における高温水蒸気中での挙動を知ることは原子炉の安全性評価の上で非常に重要である。

腐食防食研究部では、冷却材喪失事故条件下での高温水蒸気とジルカロイ-2の酸化挙動および酸化反応後の試片の室温における延性変化を調べている。

図1は1000~1200°Cの各最高温度に到達するまでの時間を1分から15分程度まで種々変えて、ただちに冷却したときの酸化増量と昇温時間との関係を示したものである。酸化試験後の試片は、表面からZrO₂、酸素を固溶したα相および残存のβ相から成っているが、最高温度およびその温度への到達時間によって各層の厚さに差異がみられ、そのために延性の程度も異なる。そこで酸化後の

試片の延性を、室温のリング圧縮試験による破断するまでのたわみ量によってあらわし、そのたわみ量と酸化条件との関係を図2に示す。延性は、β相に固溶する酸素によって影響をうける。したがって、高温における短時間の加熱でも、β相に侵入する酸素が増すので、高温で加熱された試片ほど延性の低下が著しい。しかしながら酸化速度の小さい室温から1000°Cまでの到達時間14分の試片では、同一酸化量を示した1150および1100°Cで加熱した試片より、β相中に固溶した酸素が低いにもかかわらず、延性の低下が著しい。この原因を調べるために顕微鏡で観察した結果、β相中にα相が不規則に侵入していた。このように酸化増量だけで延性をきめる事は困難であり、酸素侵入状態を各加熱条件について詳しくしらべる必要のあることがわかった。

酸化挙動と平行して、高温水蒸気中における燃料被覆管のふくれ挙動および破壊圧力と温度の関係を直接通電加熱によっても実施している。

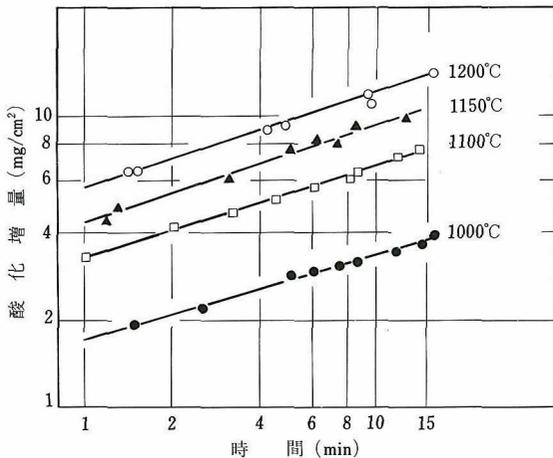


図1 高温水蒸気中におけるジルカロイ-2の酸化増量におよぼす各最高温度到達時間の影響

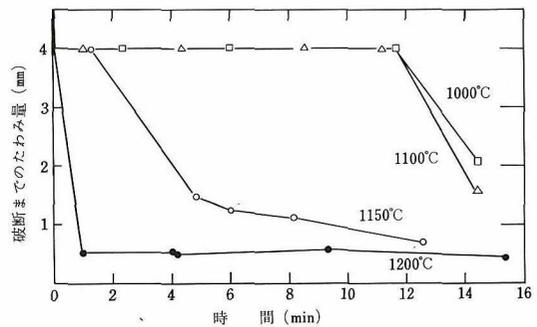


図2 リング圧縮試験結果

鋼および鋳鉄の摩耗に及ぼすふん囲気の影響

金属材料の摩耗試験については、これまで各種の方法が試みられてきたがそれらの試験結果は再現性の点で問題になる場合がしばしばあった。しかしながら鋼および鋳鉄の試験結果を、単位荷重、単位摩擦距離当りの摩耗体積で表した比摩耗量と摩擦速度の関係で示した場合、ある摩擦速度で比摩耗量の最大値が現れることは、再現性があり、従来からよく知られた現象である。

材料強さ研究部では金属材料の摩耗特性を求める研究の一環として、比摩耗量の最大値に及ぼすふん囲気の影響について検討した。

まず各種炭素鋼、合金鋼および鋳鉄について、同種の材料を組合せて、同一試験条件のもとに1年間にわたり2ヶ月ごとに摩耗試験を行い季節の影響を調べた。その結果、炭素鋼については、各比摩耗量の最大値が現れる摩擦速度の値はほとんど変らなかったが、夏季における比摩耗量の最大値は、冬期におけるそれより大きく、季節によって異なることがわかった(金材技研ニュース, 1974年 No. 1 参照)。それに対して、鋳鉄の比摩耗量の最大値は、炭素鋼の場合と異なり、季節との関係は不規則であった(図1参照)。

上述の原因を明らかにするため、空気温度と相対湿度を調整し得るふん囲気調整装置を作るとともに、この装置と試験機を恒温室内に設置し、制御されたふん囲気内で試験を行った。試験条件は自然環境下の場合と同様に、最終荷重2.1kg、摩擦距離66.6mとした。

各種人工ふん囲気下での試験結果を自然環境下のそれと比較することにより、次のことが分った。炭素鋼の比摩耗量の最大値は相対湿度より空気温度の影響を強く受け、15~25°Cの空気温度の範囲

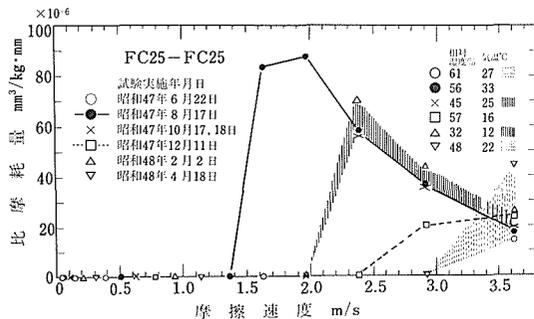


図1 自然環境下におけるねずみ鋳鉄の摩耗

では、温度上昇とともに比摩耗量の最大値は増加したが、30°Cではわずかに減少した。一方ねずみ鋳鉄同士を組合せた場合、図2に示すように、比摩耗量の最大値は、相対湿度の影響を強く受けることが分った。相対湿度が低い場合比摩耗量は多いが、相対湿度が50%以上になると、15°Cと30°Cの場合を除いて比摩耗量は急激に減少した。

上述の結果を、炭素鋼と鋳鉄の酸化皮膜の10% HCl水溶液中における溶解度曲線から検討した。それによると鋳鉄の酸化皮膜は炭素鋼のそれより粗いので湿度の高い大気下では腐食されやすく、従って鋳鉄の上記最大値は相対湿度の影響を強く受けたものと考えられる。それに対し、炭素鋼の酸化皮膜はち密であるため、炭素鋼の比摩耗量は相対湿度より空気温度の違いによる酸素分子の吸着量の差の影響を強く受けたものと考えられる。

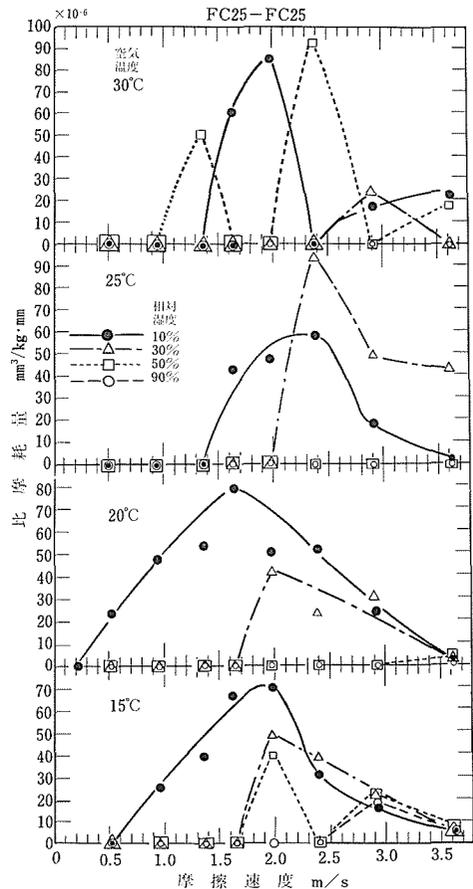


図2 各種人工ふん囲気下におけるねずみ鋳鉄の摩耗

湿式水中溶接部と変質と溶接ひずみ

湿式水中溶接法は、乾式法と比較して、溶接対象の形状と寸法に対する制約が少ないこと、および、支援設備を簡略化しうることなどの利点をもっているものの、種々の未解決な問題点をも含んでおり、いまだ十分に活用されていない。

溶接研究部では、湿式水中プラズマ溶接法を主たる対象として、その熱的問題点を解明し、あわせて、合理的な問題解決策を見出すための基礎資料を提供することを目的とした研究を進めている。以下に、12~25mmの鋼板上に下向きビード溶接を行なった場合の実験結果の一部を紹介する。

水中溶接に伴う伝熱現象の特徴を明らかに示すものに、その溶接熱サイクルがある。図1は、800~500°Cの冷却所要時間を時間軸の基準として、水中溶接によるボンド近傍の冷却曲線を空気中の溶接によるものと比較して示したものである。同図から、水中溶接においては、低温度範囲での冷却が相対的に急峻になる傾向があることがわかる。この傾向は、母板面上において、沸騰熱伝達による溶接熱の損失がきわめて大となるために生ずるものである。

このような冷却過程の相違により、水中溶接部の変質の様相は空気中の場合と異なったものとなる。たとえば、冷却曲線を代表させる指標として慣用されている800~500°Cの冷却所要時間を採用し、ボンド近傍における組織成分の面積比率と硬

さを整理した場合、図2に示すように、双方のマルテンサイト量と硬さかなりの差が生ずる。

このほか、溶接ひずみと残留応力の問題も溶接における熱の挙動に深くかかわるものである。水中溶接による溶接ひずみについては、次に示す結果が得られている。

- 1) 塑性収縮ひずみが残留する領域は溶接線から片幅約25mmの範囲内にあり、かつ、同領域の外縁部における温度上昇の最大値は100~140°Cである。
- 2) 塑性収縮ひずみの平均値は常温における母材部の降伏ひずみに近いものとなる。
- 3) 熱影響部の形状と大きさが同等である場合には、横方向の収縮と曲りが空気中の溶接によるものよりも小さい。

上述の結果は水中溶接部に作用する内的拘束(溶接部材の各部分における自由な熱変形が、より低温度にある部分の剛性によってさまたげられること)がいちじるしく大であることを示唆している。

以上の特性は、その他の湿式溶接法における熱的・力学的諸現象についても適用しうるものと考えられる。

さらに、当研究部では、これらの知見に基づく具体的な問題解決策、たとえば、水中溶接部の応力除去に低温応力緩和法を適用することなど、についても検討中である。

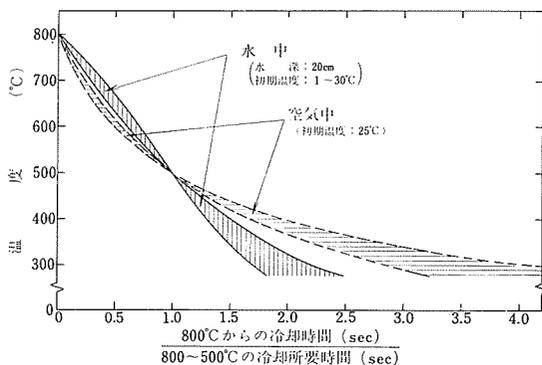


図1 ボンド近傍の冷却曲線

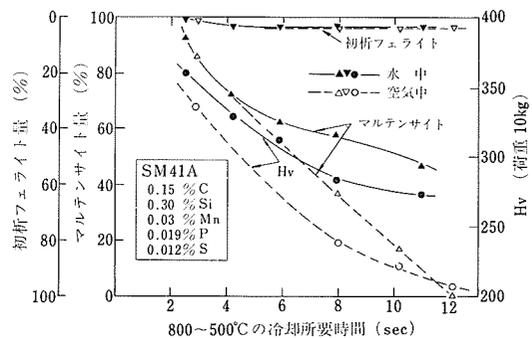


図2 800~500°Cの冷却所要時間とボンド近傍における組織成分の面積比率・硬さとの関係

〈金属材料技術研究所

創立20周年記念講演会〉

本研究所は、昭和51年7月創立20周年を迎えました。これを機会に記念研究講演会を開催いたします。講演は、本研究所における最近の研究の代表的なものいくつかの研究成果と将来の展望について行われます。

関係各位多数のご来聴下さいますようご案内いたします。

日 時 昭和51年10月21日(木) 10:00～17:00

講演会場 金属材料技術研究所14号館大会議室
東京都目黒区中目黒2-3-12
(東横線中目黒駅下車徒歩約10分)
TEL (03) 719-2271
聴講料=無料

プログラム

10:00～10:10 あいさつ 所長 荒木 透

10:10～12:10

〔座長 強力材料研究部長 津谷和男〕

1. 金属と水素

非鉄金属材料研究部室長 佐々木靖男

2. 鋼の強度と環境

鉄鋼材料研究部室長 金尾 正雄

3. 金属間化合物超電導材料

電気磁気材料研究部 井上 廉

12:10～13:00 (昼 食)

13:00～14:20

〔座長 非鉄金属材料研究部長 木村啓造〕

4. 原子力関連材料

科学研究所 伊藤 伍郎

5. 材料強さデータシート

疲れ試験部長 吉田 進

14:20～14:30 (休 憩)

14:30～15:50

〔座長 金属加工研究部長 牧口利貞〕

6. 新しい製鉄・製鋼法

工業化研究部長 中川 龍一

7. 新しい非鉄製錬法

製錬研究部室長 亀谷 博

15:50～17:00

〔座長 原子炉材料研究部長 渡辺亮治〕

8. 金属粉末製造法と焼結加工法

金属加工研究部室長 武田 徹

9. アーク溶接における制御技術

溶接研究部 岡田 明

(問い合わせ先: 金属材料技術研究所企画課)

【特許紹介】

片面溶接用裏あて

出願公告 昭和50年11月27日 昭50-36822

特 許 昭和51年5月24日 第815743号

発 明 者 稲垣道夫, 岡田 明

この発明は、片面アーク溶接において加工材の裏側に均一な裏波ビードを作るための溶接用裏あてに関するものである。

片面アーク溶接では溶接条件、開先又は裏あての条件の変動により裏波ビードの形状は大きな影響を受ける。これを防ぐためこの発明では、裏あての必要な個所に一定長さの電極群からなる探知素子を装備した裏あてを使用し、裏波ビードの形成状態を電気的信号で探知できるようにした。

図1に示す絶縁板1中に電極2を設けた裏波ビード探知素子を、図2に示すように固形フラックス裏あて内に装填する。

2', 3, 4, 5はそれぞれ端子、フラックス、耐火材、裏あてである。図3は、図1の裏あてをアーク溶接に使用した例で、溶接電極13と母材14間に

発生させたアーク15が裏あて5の探知素子の上に来たとき、裏波ビードの溶融幅に応じて僅かな電流が電極2に流れる。この電流は表示器12に電気信号として表示される。このように本発明は従来の溶接工程を変更することなく裏波ビードの形成状態を探知できるようにし、溶接結果の信頼性と溶接能率を向上させるものである。また、本特許では非消耗式の裏波ビード探知素子を提供している。

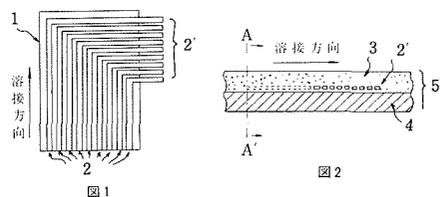


図1

図2

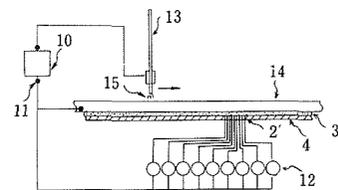


図3

図

研 究 成 果 の 発 表

国内の秋季学・協会発表（口頭）

学・協会名	発表期日	発 表 題 目	担当研究部
日本機械学会 第10回シンポジウム	7.5～7.7	1. 疲れき裂先端部のひずみ履歴とき裂開閉挙動	疲 れ
		2. SNCM8鋼の組合せ荷重疲れ試験	"
		3. ボイラ用圧延鋼材 S B 46 の高温低サイクル疲れ強さにおよぼす材料の異方性の影響	"
日本材料学会 第13回材料強度シンポジウム	7.9～7.10	1. SCM3, SNCM8, SUS403鋼の確率疲れ特性	"
日本材料学会 第14回高温強度シンポジウム	7.23～7.24	1. タービン・ブレード用にCr-Mo-W-V鋼の長時間クリープ破断性質	ク リ ー プ
		2. マルテンサイト・ステンレス鋼SUS403-Bの回転曲げ高温疲労現象	疲 れ
		3. 12Cr-Mo-W-V鋼及び19-9DL鋼の長時間応力リラクセーション特性	"
X線分析討論会 応用物理学会	8.28～8.29 10.1～10.4	1. けい光X線分析におけるノースタンダードアナリシス	金 属 化 学
		2. CdGeAs ₂ の結晶成長	金 属 物 理
		2. HgCr ₂ Se ₄ -CdIn ₂ S ₄ 異質接合(II)	"
第17回高圧討論会 日本金属学会	10.1～10.2 10.2～10.4	1. チタン酸テトラステアリの加圧下での熱分解	非鉄金属材料
		1. dHvA効果による鉛の<110>方向第3ゾーンフェルミ面の研究	金 属 物 理
		2. Se融液をもちいた強磁性半導体CdCr ₂ Se ₄ 単結晶の作製	"
		3. スピノダル分解と核生成反応の競合性に関する2,3の考察	"
		4. 遷移金属中の侵入型不純物原子による電気抵抗と格子歪	"
		5. Fe-30Cr合金の475°Cぜい性におよぼすC, N加工熱処理の影響	鉄 鋼 材 料
		6. 粗大粒界析出処理をしたCo基耐熱合金	"
		7. Ni-Cr合金のHe雰囲気クリープ破断強さに及ぼすAl, Ti添加の影響	"
		8. コバルトおよびコバルト・ニッケル合金におけるマルテンサイト変態におよぼす磁区の影響	非鉄金属材料
		9. 引張り速度を変化させたあとのCu-10at%Al合金単結晶の変化応力の変化	"
		10. β型Ti-V 2元系合金の相変化について	"
		11. オーステナイト-マルテンサイト相境界における転位構造	"
		12. 繰返し変態したβ ₁ -Cu-Zn相中の転位構造とマルテンサイト品の形成-500kV電顕による観察-	"
		13. α-チタン合金の変形双晶と低温の機械的性質	"
		14. Al-Mg-Si系合金における加工熱処理の効果について	"
		15. 過共晶Al-Si合金における初晶Siの成長とCoarsening	"
		16. Zr-2.5%Nb-Ru合金の加工材の機械的性質	"
		17. 炭素繊維-ニッケル系複合材料の強度	"
		18. RCo ₅ 系化合物の磁気硬化について	電気磁気材料
		19. Mnを添加したβ-FeSi ₂ の電気的特性	"
		20. 磁体から高速急冷されたR-Fe-B合金の磁性	"
		21. Cu-Sn-Znマトリクスを使用した複合加工Nb ₃ Sn超電導線材の研究	"
		22. Nb炭化物を含む超電導線材に関する研究	"
		23. 鉄および鉄合金の低温ぜい性機構について(I)	"
		24. Fe-13%Niマルテンサイト合金の4.2Kにおける不連続変形	強 力 材 料
		25. Fe-Ni合金のAs点以下におけるオーステナイト相の形成機構	"
		26. 時効したFe-10Mo合金の変形挙動に関する水素チャージの効果	"
		27. Nbの真空(～10 ⁻⁷ Torr)中残留ガスによる酸化挙動と諸物性の変化	原 子 炉 材 料
		28. SUS316鋼の高真空下での低サイクル疲れ試験	"
		29. V基2元合金のぜい性におよぼす酸素濃度の影響	"
		30. イオンプレーティングによるモリブデンの耐酸化性被覆	"
		31. 高温不純He雰囲気におけるインコロイ-800の酸化被膜	"
		32. HGA原子吸光法による耐熱合金中の微量不純物の定量(I)鉛およびビスマスの定量	金 属 化 学
		33. ニッケルの凝固時における気孔生成について-Ni-H ₂ O系-	"
		34. TiCl ₄ のプラズマ還元	"
		35. レオキャスト法によって製造されたアルミニウム基複合材料の組織	工 業 化
		36. レオキャスト法によって製造されたアルミニウム基複合材料の諸性質	"
		37. 高温高圧下におけるFe-Al-Si合金の変形挙動	金 属 加 工
		38. Ni-20Cr合金の酸化速度とスケール形態におよぼす酸素分圧の影響	腐 食 防 食
		39. LEED, AESによるFe(100)上のSの偏析の観察	"
日本鉄鋼協会	10.2～10.4	1. 高Crフェライトステンレス鋼の2相分離におよぼす合金元素の効果	鉄 鋼 材 料
		2. ニッケル基超耐熱合金中のM ₅ B ₃ 型ほう化物	"
		3. 含硫黄脱酸調整鋼の被削性について	"
		4. Cr-Ni-Mn系ステンレス鋼の研究	"
		5. Ni基超耐熱合金へのWとHf添加の検討	"

