

金材技研 1980

科学技術庁

ニュース

NO.5

金属材料技術研究所

強力鋼の海水環境下での疲れき裂伝播

四面を海に囲まれた我が国にとって、海洋の持つ意義は大きく、早くからその開発・利用が叫ばれていた。近年の陸上における天然資源枯渇のムードは資源未開発領域としての海洋の利用の促進をもたらし、今や経済水域 200 海里時代を迎えた。石油や鉱物などの海底資源あるいは海中生物資源の開発、波力などの海洋エネルギーの利用、そして海洋空間の有効利用など、これらには各種の構造物やそれらの係留設備などが必要であり、それらの大型化や設置環境条件の苛酷化に伴ない、使われる鉄鋼材料に対してその性能の向上が要求されている。すなわち、大型化に対してはより強く、溶接が出来、海水に対してはそれに耐え、安心して使えることが重要である。一方、鉄鋼材料は強さが高くなるとねばさは低下する傾向にあり、とくに海水など環境の影響を受けやすくなる。

強力材料研究部では、上記の要望を考慮し、「海洋開発用耐海水性強力鋼の開発に関する研究」に取り組み、引張強さ 80kgf/mm^2 以上の鋼について化学組成の検討、海水環境中での各種性能の把握とその向上の試み、とくに海水中での疲れ特性と金属組織など冶金学的因子の関連の追究などを行っている。

図は、種々の引張強さをもつ高張力鋼に対して、海水中で、毎分10回で繰返し力を与えた場合のいわゆる疲れき裂の伝播速度 $(da/dN)_{cor}$ を測定し、それと大気中での同様なき裂伝播速度 $(da/dN)_{air}$ との比をとって海水の影響の度合の尺度とし、それとき裂先端における応力の大きさを示すパラメーター（応力拡大係数範囲： ΔK ）と

の関係を示したものである。この図から、次のことが分かる。

(a) 疲れき裂の伝播速度に対する海水の影響度合は、HY140鋼（5%Ni-Cr-Mo鋼）およびHP9-4-20鋼（9%Ni-4%Co-0.2%C鋼）において比較的小さい。

(b) 海水の影響度合は、 $\Delta K = 50 \sim 100\text{kgf/mm}^{3/2}$ のときに最も大きく、 $\Delta K < 20 \sim 40\text{kgf/mm}^{3/2}$ および $\Delta K > 250\text{kgf/mm}^{3/2}$ ではほとんど影響しない。

上記のような一連の海水中腐食疲れ特性に関する研究のほか、静的（一定の荷重）、動的（繰返し荷重）

あるいはそれらの組合せの荷重による破壊特性の試験を開始し、より良い海洋開発用鉄鋼材料を得るための研究を行っている。

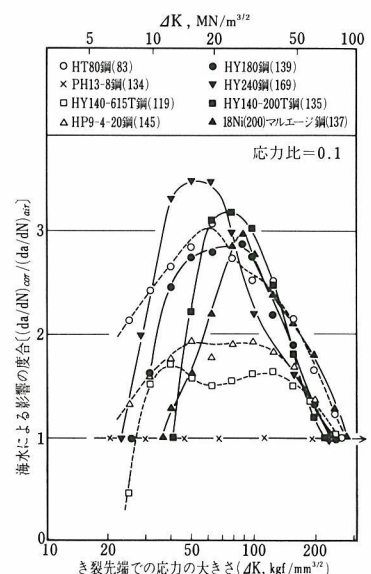


図 鋼の疲れき裂伝播速度への海水の影響度合。()内は、引張強さを示す。単位は、 kgf/mm^2 。

オーステナイト系鉄－ニッケル－クロム合金の液体ナトリウム中の腐食

高速増殖炉の燃料被覆管およびダクト用の材料として従来はおもに冷間加工した 316 ステンレス鋼が用いられてきた。しかし、高速中性子の照射によるスエリングおよびクリープによる変形が大きい、クリープ強さが小さいなどのため、管肉を厚くし、しかも燃料集合体相互の間隔を広くすることが必要になった。この結果、実用炉で目標にされている燃料の燃焼率および倍增時間の達成が困難になり、316 ステンレス鋼の改良あるいは新合金の開発が必要になった。この新合金としてバナジウム合金なども候補になるが、近い将来の実用性からオーステナイト系の Fe-Ni-Cr 系合金が有力な候補と考えられる。Fe-Ni-Cr 系合金のニッケル濃度を大きくすれば高速中性子の照射によるスエリングは少なくなるが、冷却材に用いられる液体ナトリウムとの共存性は次第に劣ってくるのが一般に知られている。

原子炉材料研究部では高ニッケル濃度の Fe-Ni-Cr 系合金の中性子の照射によるスエリング、脆化などの検討、炉心の環境を模擬したナトリウムとの共存性の検討などを進めている。ここでは、316 ステンレス鋼およびニッケルを比較材料にして Fe-Ni-Cr 系合金、Fe-25Ni-5Cr、Fe-25Ni-15Cr、Fe-45Ni-5Cr および Fe-45Ni-15Cr、のナトリウム中の腐食などの検討結果を述べる。

炉心のナトリウムの温度は燃料被覆管のホット・スポットで 700℃、ナトリウムの流速は 5 m/秒以上、ナトリウム中の酸素濃度は 1 ppm 前後、また

炭素活量は 304 ステンレス鋼が脱炭を起す値になる。そこで、この研究では現有のナトリウム・ループの性能を考えてナトリウムの流速を最大の 0.05 m/秒、ナトリウム中の酸素濃度および炭素活量を炉心と同様にし、ナトリウムの温度は 700℃よりも少し高い 725℃、また試験時間を 500 時間にしてナトリウムとの共存性を調べた。試料の評価は腐食減量、炭素および不純物として含まれる酸素ならびに窒素の濃度変化、機械的性質および組織の変化などで行った。

結果はつぎのようにまとめられる。

1. 図に示すように、Fe-Ni-Cr 系合金の液体ナトリウム中の腐食減量はニッケル濃度の増加とともに増加するが、ニッケル濃度 25% では 316 ステンレス鋼に比べて大きい差がなかった。
2. クロム濃度 5% では脱炭が激しく、脱炭を防ぐにはクロム濃度を約 15% 以上にする必要があった。
3. ここで調べた合金では析出強化型のものに比べて表面付近の変質層の生成および粒界侵食の恐れは少ないが、クロム濃度 5% の合金には粒界侵食の徴候が認められた。
4. 引張性質に及ぼすナトリウム浸せきの影響はほとんど認められなかった。

なお、ナトリウムとの共存性のより良い評価のため、5 m/秒のナトリウム流速が得られる高流速ナトリウム・ループを製作中である。

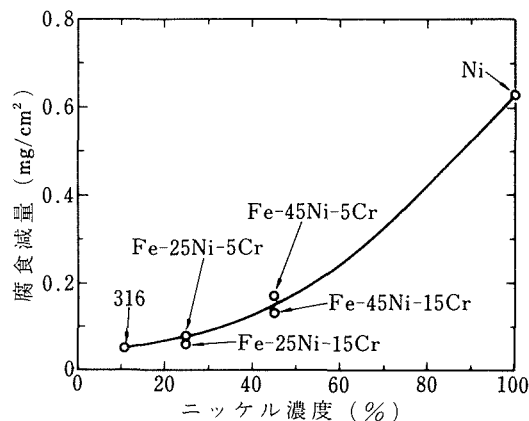


図 液体ナトリウム中の腐食減量とニッケル濃度との関係

黒鉛炉原子吸光法による耐熱合金中の微量タリウムの定量

ジェットエンジンや産業用のガスタービンに用いられている耐熱合金の機械的性質はある種の微量不純物によって大きな影響を受ける。融点の低いタリウムもその一つで、耐熱合金のクリープ破断寿命や伸びを低下させることが知られている。米国の基準ではニッケル基耐熱合金中のタリウムの最大許容量を 5 ppm と規定している。しかしこれまでの分析法では感度が低かったり、耐熱合金中に含まれるいろいろの高融点金属を分離する必要があるとして、微量のタリウムを迅速かつ簡便に定量するのは困難であった。

金属化学研究部では感度の高い分析法として知られている黒鉛炉原子吸光法を用いて、ニッケル基、コバルト基耐熱合金中に含まれている微量のタリウムを定量する方法について検討した。この方法は試料溶液を黒鉛炉に注入した後、黒鉛炉に電流を流して温度を段階的に上げ、溶液を乾燥し、塩を熱分解（灰化）し、続いて目的元素の原子化を行い原子吸光度を測定して定量する方法である。黒鉛炉原子吸光法では灰化条件の選び方が重要である。すなわち塩が十分に熱分解して妨害バックグラウンド吸収が少なくなり、かつ目的元素が原子化前に揮散しないような条件で灰化を行わなくてはならない。

耐熱合金試料を溶解するには硝酸とふっ化水素酸を用いるのが便利である。この溶液に微量のタリウムを添加してそのまま黒鉛炉に注入して、乾燥、灰化、原子化を行いタリウムの吸光度を測定した。その結果、図 1 に示すようにタリウムは合金溶液中では大きな負の干渉を受け、特に灰化温度が低いと吸光度の低下が著しかった。この原因について調べたところ、干渉の発生に伴って一酸化窒素によるバックグラウンド吸収が見られた。これは低温での灰化後にタリウムや共存元素が硝酸塩のような形で残っていることを意味する。このため原子化段階の化学反応の解離平衡がずれ、原子状態のタリウムの割合が減ったため負の干渉が生じたものと推定される。硝酸塩による干渉を除

く方法を検討した結果、耐熱合金の溶解にふっ化水素酸＋硫酸＋過酸化水素を用いるのが最も効果的であった。この溶解法を用いると合金溶液中のタリウムの吸光度は図 2 のように干渉が除け広い灰化温度で一定となる。

次に耐熱合金中に含まれている金属がタリウムの定量に影響するかどうか調べた。この実験にはそれぞれの金属を別々に溶解し、ニッケルやコバルトを主成分とした溶液に加える方法を用いた。その結果、ニッケル溶液やコバルト溶液に含まれている金属は実際の耐熱合金を考慮した濃度範囲においては、タリウムの定量に影響しないことが明らかになった。

従って耐熱合金試料と同量のニッケルまたはコバルトをはかりとり、ふっ化水素酸＋硫酸＋過酸化水素で溶解し、これにタリウムの希薄標準溶液を段階的に添加した溶液を標準溶液として用いれば耐熱合金中の微量タリウムを定量できることがわかる。この検量線法を用いて実際のニッケル基耐熱合金 5 種類とコバルト基耐熱合金 4 種類中の微量タリウムを定量したところ問題なく適用できた。この方法による耐熱合金中のタリウムの定量下限は 0.2 ppm であった。

以上のように溶解法を工夫することによって、複雑な組成のニッケル基、コバルト基耐熱合金を酸溶解した後、分離操作を行わずに黒鉛炉原子吸光法を用いて微量のタリウムを迅速かつ精度良く直接定量する方法を確立した。

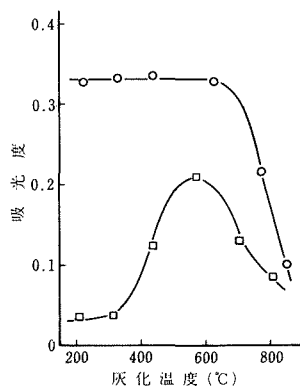


図 1 タリウムの吸光度と灰化温度の関係（タリウム添加量：0.10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）
○：酸溶液，□：ニッケル基合金溶液

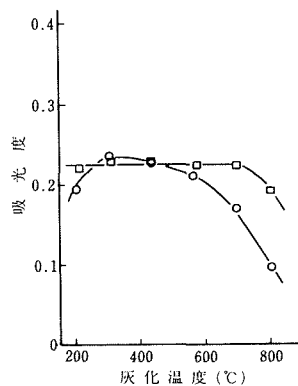


図 2 タリウムの吸光度と灰化温度の関係（タリウム添加量：0.05 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）
○：酸溶液，□：ニッケル基合金溶液

【特 許 紹 介】

水中溶接物の熱処理法

発明者 衣川純一

公 告 昭和53年10月7日 昭53-37302

特 許 昭和54年6月14日 第956566号

湿式水中溶接法は海洋構造物の組立て及び補修に際して肝要な工作技術の一つであるが、熱の吸収体である環境水によって溶接箇所の熱的・力学的環境が苛酷になり、溶接割れが発生しやすいため、未だ十分に活用されていない。

溶接割れの防止策としては、予・後熱を施して溶接部の引張残留応力を弛緩させることが有効であり、従来、ガス炎などの熱流体を用いる水中溶接部の後熱処理が試みられてきた。しかし、この方法には、熱流体から加熱面への熱移送が環境水により阻害されるため、加熱の効率が低いこと、加えて、溶接部の表面から環境水への熱伝達損失が甚大であるので、所要の温度分布が形成され難

いことなどの問題点があり、実用されるにいたっていない。

この発明は上記の問題点を解決して、水中溶接部の引張り残留応力の緩和を効果的に行うことを目的としたもので、溶接ビードの側方に、母板面と下面が平面状で接する金属帯を配設し、該金属帯の表面を溶接と同時にまたは溶接後にビード溶接することを特徴とする水中溶接物の加熱法である。

ビード溶接による入熱の一部は金属帯を経て母板に伝導し、ビード溶接線の直下に最高点をもつ急峻な温度分布が形成される。従って、溶接部には、既存の引張り応力に加えて引張りの熱応力が作用し、降伏が生ずる。

以上の結果、溶接部の引張り残留応力が弛緩される。

この発明は、専用の装置を必要とせず、溶接作業に用いた機材をそのまま流用し、若干の残材を再利用して、水中溶接部の引張り残留応力の緩和を簡便に行いうる利点をもっている。

◆短 信◆

●受 賞

日本鉄鋼協会 俵論文賞

原田広史 鉄鋼材料研究部研究員

山崎道夫 鉄鋼材料研究部長

「Ti, Ta, Wを含む γ' 析出強化型Ni基耐熱鋳造合金の合金設計」に対し昭和55年4月3日表彰を受けた。

日本鉄鋼協会 西山記念賞

吉田平太郎 原子炉材料研究部長

「耐熱合金の性能向上に関する研究」に対し昭和55年4月3日表彰を受けた。

日本金属学会 研究技術功労賞

星 勉 管理部技術課職長

多年にわたる研究協力に対し昭和55年4月3日表彰を受けた。

日本金属学会 谷川ハリス賞

渡辺亮治 非鉄金属材料研究部長

「原子炉用高温金属材料に関する研究」に対し昭和55年4月3日表彰を受けた。

●人事異動 昭和55年4月1日付

退 職 筑波支所長 木村啓造

昇 任 筑波支所長 牧口利貞（金属加工研究部長）

併 任 金属加工研究部長 中川龍一（工業化研究部長）

昭和55年4月5日付

配置換 松原勝定（管理部庶務課長）科学技術庁官房秘書課人事審査官

配置換 管理部庶務課長 内田信之（放射線医学総合研究所管理部庶務課長）

配置換 影山富恵（管理部材料試験業務課長）放射線医学総合研究所管理部庶務課長

配置換 管理部材料試験業務課長 本田邦夫（航空宇宙技術研究所管理部安全施設課長）

配置換 樋口晃敏（筑波支所管理課長）科学技術庁振興局振興課長補佐

昇 任 筑波支所管理課長 小方 実（管理部庶務課長補佐）

●海外出張

依田連平 クリープ試験部長

超耐熱合金についての研究交流及び研究調査のため昭和55年4月12日から昭和55年4月18日まで韓国へ出張した。

通巻 第257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