

NO. 11

金材技研

1983

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

軽水炉構造材料に関する安全研究 ——原子炉施設の安全性、信頼性の一層の向上を目指して——

我が国の原子力発電は、昨年度、設備利用率が67.6%と過去最高を達成し、電気需要量における発電電力量の割合は19.5%を占めるまでに成長した。現在、発電用原子炉は25基（出力1734万kW、全発電能力の13%）が稼動中であり、10基が建設中である。そのほとんどは通常の水を減速材及び冷却材とする軽水炉である。

原子炉構造物のなかで、圧力容器や一次系配管は、炉心の放射性物質の閉じ込めと一次冷却材保持の役割を担う圧力バウンダリ（圧力の障壁となる部分）を構成するので、機器としてまた使用材料としても高い信頼性と健全性が要求されるところである。原子炉設備の技術基準としては米国機械学会のボイラ・圧力容器コード(ASME Boiler and Pressure Vessel Code)の原子炉設計基準のSec. III及び原子炉の定期点検中の検査基準のSec. XIがあり、我が国としてもそれらを参考としている。このうちSec. IIIの設計疲労曲線は、使用材料の疲労特性データに基づいて定められたものであり、それに基づいて設計された部材が実際に置かれる周囲の環境から受ける影響、すなわち、冷却材環境や放射線照射の影響は安全裕度として見込まれている。一方、Sec. XIでは材料の疲労き裂伝ば特性に関し、冷却材環境データを踏まえた基準曲線が規定されているが、さらにより精度の高い基準曲線の作成が望まれている。

このため、材料データに及ぼす環境効果を適確に把握し、安全裕度の定量的確認とコードへのより正確な反映に向けて世界的な努力が払われている。すなわち、Sec. XIのき裂伝ば曲線の見直しを目的として米国原子力規制委員会(USNRC)の主導のもとに11ヵ国37機関からなる国際委員会(ICCGR)が活動し、また国内においては日本原子力研究所や日本溶接協会を中心とした国産材料の腐食疲労挙動に関する研究評価委員会が活発な活動を行っている。

当研究所は、これらの動きに呼応してその中立的立場から、一次圧力バウンダリの健全性評価を目的とした圧力容器鋼の腐食疲労き裂伝ば特性に関する研究を推進している。写真はそのための腐食疲労試験装置である。さらに、設計疲労曲線における安全裕度の確認を行う目的で腐食疲労寿命特性に関する研究も実施の予定である。

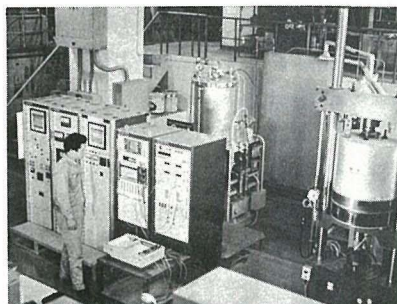


写真 高温高压水中腐食疲労試験装置

軽水炉冷却材の模擬環境における腐食疲労試験

——高温高压水中のき裂伝ば挙動を探る——

腐食疲労は腐食性環境媒体の中で材料が繰返しの変動荷重を受け、き裂が発生、成長して破壊する現象である。軽水炉一次圧力バウンダリ構造物の環境媒体は純水であり、ことさら腐食性の強い環境とは思われないかもしれないが、実際には大気中疲労に比べると環境によるき裂の発生と成長に及ぼす加速効果が認められている。このため、純水環境下における圧力容器用鋼やステンレス鋼などの構造物の腐食疲労データの確立と腐食疲労の機構の解明に国際的な関心が集まっている。本研究では、沸騰水型軽水炉の冷却材環境を模擬した高温高压水中において、代表的な圧力容器用鋼 SA533B Cl.1 (JIS SQV2A) のき裂伝ば挙動を追求することを目的としている。

腐食環境中の疲労き裂伝ば挙動の影響因子には力学的因子や環境因子が考えられる。前者には変動荷重の繰返し速度、最小荷重/最大荷重比、すなわち応力比、荷重波形、部材の形状などが、また後者には温度、溶存酸素濃度 (DO)、液電導度、pH、腐食電位、流速などが挙げられている。環境因子の中では特に DO の影響が応力腐食割れの類推から重要視されており、DO の制御は高純度水では必須である。沸騰水型炉の場合、運転マニュアルにおける DO の制限値は 150ppb であるが、実機運転時のそれは給水管出口で 60~80 ppb 程度といわれている。

高温高压水中の腐食疲労試験ではオートクレーブ中の試験片を外から簡単にのぞき、き裂の成長を直接測定する訳にはいかない。そのため、き裂の長さの測定は、耐熱耐圧型の変位センサを用いて高温水中での試験片のき裂開口変位を測定し、あらかじめ得られているき裂開口変位とき裂長さとの関係よりき裂長さを求める方法 (コンプライアンス法) により行った。図はこのようにして求めた国産 SA533B 鋼のき裂伝ば速度 da/dN をき裂先端の応力を与える目安となる応力拡大係数の変動幅 ΔK で表した結果の一例である。図中には ASME Code Sec. XI の 1980 年暫定改訂になる大気中及び水中のき裂伝ば速度基準曲線を同時に示して

ある。これらと比較すると国産圧力容器用鋼のき裂伝ば速度は水中低応力比の基準曲線に対し数分の 1 以下であり、大気中の基準曲線とはほぼ同じレベルにあって、国産鋼材の優れた特性がわかる。この耐腐食疲労特性の違いは鋼中の硫黄含有量の差にあると考えられている。国産鋼材の場合は 0.008 重量パーセント以下であるのに対して、海外圧力容器鋼材には 0.013 重量パーセント以上含むものが多い。

現在、当研究所では国産圧力容器用鋼についてき裂伝ば挙動に及ぼす力学的、環境的因子の系統的調査を遂行中であり、圧力バウンダリの健全性評価に寄与することを目指している。これと同時に、疲労設計曲線における安全裕度の確認を目的とした腐食疲労寿命試験も推進中である。両者相まって高温高压水中腐食疲労のき裂の発生から伝ば、破壊に至るまでの総合的な検討が可能になる。

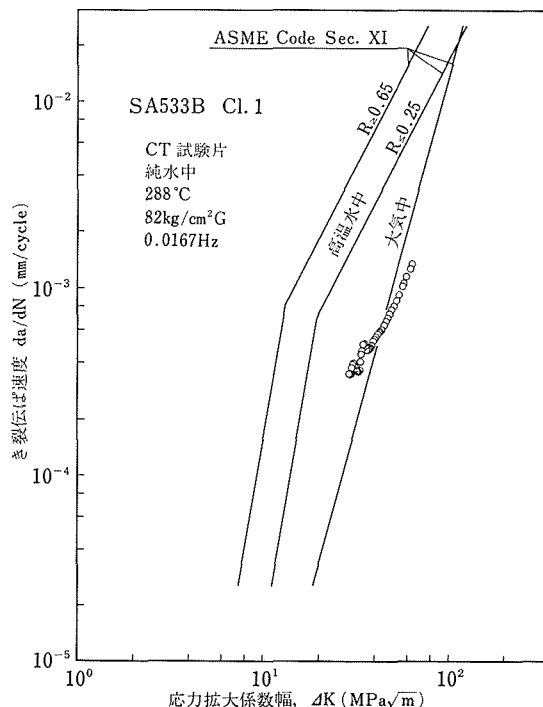


図 沸騰水型軽水炉模擬環境中の腐食疲労き裂伝ば試験結果の 1 例

構造材料の信頼性 評価技術の開発に関する プロジェクト研究始まる

各種プラントや公共構造物に使用される構造用金属材料の信頼性評価技術の開発に関する総合研究が、科学技術庁において開始されることになった。これは科学技術振興調整費によるもので、内容としては高温環境と腐食環境を中心に、まず、(1)材料損傷の機構解明と寿命評価法、(2)材質劣化、損傷等の計測法、(3)寿命、余寿命予測システム、などに関する技術開発を行い、続いて、(4)その成果を用いた実証試験を行うというもので、産学官の研究機関多数が参加する大規模なものである。

当研究所では、(1)の分野を中心に、高温機器用材料のクリープによる損傷、及びクリープと疲れとの相互作用による損傷を定量的に評価する手法や、構造材料の腐食疲れによる損傷の定量評価についての研究開発を分担し、寿命・余寿命予測技術の基盤を確立する。(クリープ試験部、疲れ試験部、材料強さ研究部、腐食防食研究部)

超耐熱合金材料の 機械加工性の究明

超耐熱材料の機械加工は著しく困難である。多くの場合、超耐熱合金部品は精密鍛造等で最終製品に近い状態で製造されているが、精度面で機械加工は必要不可欠である。この種の材料は、エネルギーの利用効率の向上あるいは高付加価値産業への対応という点で、現在その開発に拍車がかけられている。

当研究所においても、数種類の優れた超耐熱合金材料を開発してきたが、今年度からはさらに機械加工性についても検討を進めている。すなわち、ミクロ組織を系統的に変化させた数種類のニッケル基耐熱合金について、機械加工性のデータを測定し、さらに並行し

て最適な工具材質や加工条件を求めている。これらのデータは機械加工性の優れた超耐熱合金材料の開発を目的として、合金設計の段階にフィードバックされる。最終的には、自動化・無人化した工程においても機械加工ができる超耐熱合金材料を開発することが目標である。(エネルギー機器材料研究グループ)

セラミック/金属接合強さ 測定装置を設計、試作

セラミックの優れた耐熱性、耐摩耗性と金属の優れた加工性、靱性を複合化した材料の開発は多方面で行われている。当研究所では、セラミック/金属接合界面の組成や構造を微視的に調べ、接合性との関係を解明するために、接合界面解析装置を設計、試作した。

接合ならびに剥離実験はすべて超高真空中で行い、剥離後の界面(接合界面)は大気にさらすことなく ESCA/Auger 分析することができる。接合は歪ゲージをはり付けたばね板の先端に取り付けた半球状のセラミック試料を、平板状の金属試料に押し付けながら加熱することにより行う。また、接合強さは、外部から徐々に接合部を剥離する力を加え、歪ゲージからの出力をモニターすることにより測定する。

この装置を用いて、接合現象の解明、接合性の評価、及び接合強化法の開発を行う。

(腐食防食研究部)

国際低温材料会議 ICMC

8月15日～19日、アメリカ

超電導材料、極低温用構造材料など極低温利用技術を支える材料に関する研究成果を集めた会議が低温工学会議(CEC)と合同で開かれた。東西を問わず各国から500余名の研究者が集い、ICMC約160件、CEC約180件の発表があった。日本からは約45名が参加し、

約50件の発表を行った。

当研究所からは、ラーベス型V₂(Hf, Zr)極細多芯線、チタンプロセス法によるNb₃Sn極細多芯線の超電導特性に関する研究及びチタン系合金、鉄ニッケル系超合金、フェライト系鉄ニッケル合金など構造材料の極低温における機械的性質を、加工法、熱処理の工夫によって改善した研究など5件の発表を行い注目を浴びた。また、前回当研究所が指摘した材料試験時の塑性変型に伴う試験片の温度上昇についての追試報告もあり、極低温における機械的性質評価の際の問題点が強調された。(極低温機器材料研究グループ)

36回国際溶接会議 年次大会

6月25日～7月3日、ノルウェー

世界各国から約500名の研究者等が参集し、日本からは60名が参加した。この会議は専門分野による15の委員会に分かれて運営されており、溶接に関する種々の問題、例えば、溶接方法、健康安全、溶接構造物の強度、設計などに関する問題を委員会ごとあるいは複数の委員会が共同して討議を行うもので、討議結果は国際規格(ISO)に対しても大きな影響力を有している。

本年の会議の主テーマは水中溶接で37件の講演などが行われたが、他テーマについても各委員会が活発な討論が行われた。

当研究所のデータシートに関連した研究成果は、数年前から毎年報告書を提出してきたが、本年も溶接部近傍の冶金的性質とクリープ強度の関係を扱った報告書1編と溶接継手の疲れき裂伝ば特性と残留応力との関連を追求した報告書2編が提出され、いずれも注目を集め、引続く議題のなかでも繰返し引用された。また閉会後も金材技研データシートの今後の成果に期待する旨の激励を多数うけた。(疲れ試験部)

〔特 許 出 願 速 報〕

出願日	出願番号	発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 の 名 称
58. 4 .19	67740	磁気ヘッド用合金	58. 7 . 8	123200	ビレットの真空封じ方法
"	67741	磁気ヘッド用合金	58. 8 . 3	141140	超電導複合テープの製造法
"	67742	熱間押出し用ダイス	58. 8 . 9	144419	高真空容器用材料
58. 5 .10	80068	高温耐食性材料	58. 8 .22	151594	p 型熱発電素子
58. 6 . 4	98785	含クロム鋼の腐食試験液の製造法	"	151595	p 型熱発電素子
"	98786	セラミックスの超微粒子の製造法	58. 8 .30	157238	一方向凝固用 Ni 基耐熱合金
"	98787	V ₃ Ga 繊維分散型超電導線材の製造法	"	157239	モリブデン材料の製造方法

〔出 願 公 開 発 明 の 紹 介〕

疲れ試験用剛性補償装置

特公開昭58-44327
昭和58年 3 月15日

本発明は、既設の疲れ試験機に取り付けて特に長寿命領域の疲れ試験を安定、高精度に行うために使用する。疲れ試験においては荷重の繰返しとともにき裂が徐々に進展することによって試験片の残り断面が減少するため試験片の剛性が低下するので、試験機の動的特性が変化し、初期設定値を維持することが難しくなる。

本発明によれば、試験片と並列に設けた弾性部材がてこ装置の助けをかりて試験片の剛性変化を補償する。その結果、試験機制御が安定になり、特に試験片剛性変化の著しいき裂伝ば試験においても荷重信号のみならず、ひずみ信号なども対象とした混合制御が可能となり、試験の自動化及び高能率化が期待できる。また、ねじ式負荷機構に試験機の制御荷重とは独立に平均荷重を加えることができるので、従来困難であった高平均荷重下の疲れ試験も容易になった。

金属粒子の製造法

特公開昭58-52408
昭和58年 3 月28日

本発明は、溶融金属を遠心力により分散させて金属粒子を製造する方法に関するもので、雰囲気ガスとして窒素、アルゴン、ヘリウム等の熱伝導度の異なる不活性ガスを種類、混合比等を変えて流通させ、金属滴の凝固固化速度を制御することによって金属滴がチャンバーの内壁に到達するまでに固化させ、球状の金属粒子を得る方法である。

内径 430 mm のチャンバーをもつ小型アーク溶解炉の下部に取り付けたモーターに直径 20mm のチタンの丸棒を接続し、毎分 20,000 回転させて上端をアークで溶解した。雰囲気ガスはアルゴン 50% とヘリウム 50% を混合して流した結果、50 ～ 100 メッシュの球状の粒子が 70% 得られた。

本発明により、活性の強い金属や高融点から低融点までの金属の球状の粒子が同一の小型装置で製造できる。

◆短 信◆

●人事異動

昭和58年10月 1 日付

配置換 航空宇宙技術研究所管理部長 一色 長敏
(管理部長)

昇 任 管理部長 松原 勝定
(科学技術庁長官官房秘書課人事審査官)

通巻 第299号

編集兼発行人 越 川 隆 光
印 刷 株式会社 三 興 印 刷
東 京 都 新 宿 区 信 濃 町 12

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 1 5 3