

金材技研

科学技術庁

金属材料技術研究所

1990 No. 7

ニエース

「VAMAS 信頼性」特集

材料データベース評価法の比較／クリープき裂成長速度評価法の比較／低サイクル疲労評価法の比較／極低温破壊靱性値評価法の比較

材料データベースの相互利用に向けて

—— 共通データによる評価結果を比較 ——

新材料と標準に関する国際共同研究VAMAS（次ページ参照）の中の材料データベース技術作業部会では、世界各国の材料データを自由に利用できるようにするために、共通データをそれぞれ的方式で評価してその結果を比較する国際ラウンドロビン・テストを実施した。そして、事務局を務めている当研究所が評価結果を取りまとめて、

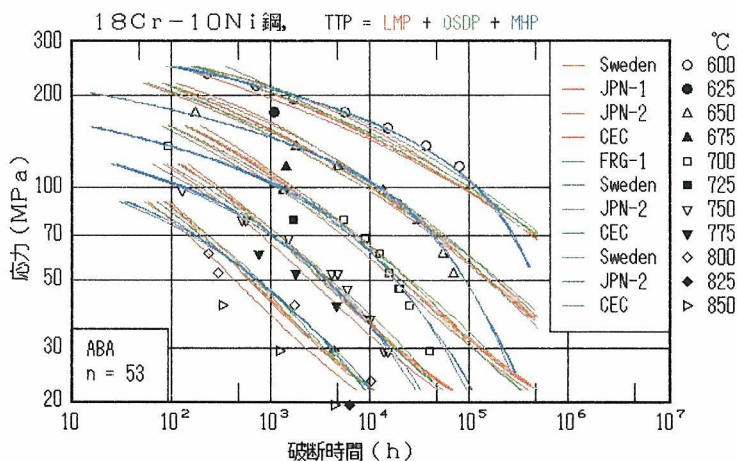
- (1)どんなデータ評価法が使われているか、
- (2)各データ評価法の精度やばらつきはどの程度か、
- (3)クリープや疲労などの寿命試験における打ち切りデータ（破断に至らなかったデータ）はどのように取扱っているか、

などを明らかにすることにした。

このラウンドロビン・テストには日本、アメリカ、西ドイツ、スウェーデン、およびEC委員会の15機関が参加しており、「金材技研クリープデータシート」および「金材技研疲労データシート」を共通データとして、各機関がそれぞれの材料データベースあるいは材料データシステムで解析評価した。

全体の結果はVAMAS報告書として近く公表する予定であるが、一例として図に、18%Cr-

10%Niステンレス鋼のクリープ破断データの解析結果の一部を示した。この共通データには、5機関が赤、緑、青で色分けした3種類の代表的な時間温度パラメータ法を用いて、11本の曲線をあてはめている。無視できない程度の違いが現れている大きな原因の1つは、材料強度データに特有な打ち切りデータの取扱い方（当研究所では独自に開発した統計的手法により寿命を推定して使用している）の差にある。これらの知見をもとに、国際的な合意が得られる材料データ評価法のガイドラインを作成していく予定である。



各機関におけるステンレス鋼のクリープ破断データの評価例

クリープき裂成長試験の標準化

—— 板厚の違いや成長初期挙動がばらつきの原因 ——

機器部材の中に潜在欠陥がある場合、あるいは疲労や腐食などによって欠陥が生じた場合、機器の高温運転中にこの欠陥からき裂が徐々に成長し、逐には破壊に至る。このクリープき裂の成長挙動は、機器部材の寿命評価のために重要なものであるにもかかわらず、材料、荷重条件、温度等に依存する複雑な現象であるため、その試験法や評価法の統一された基準はまだ確立されていない。

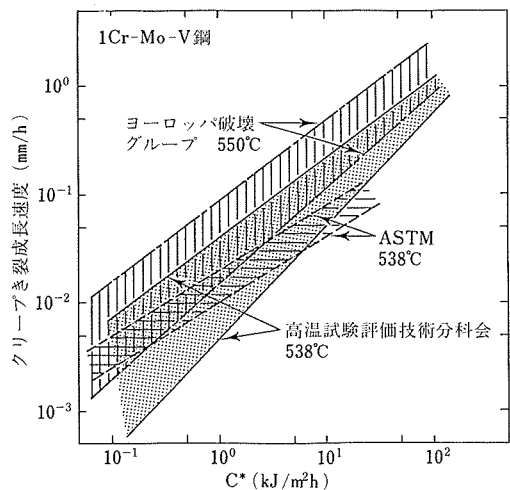
そこで、個々に行われていた研究を統合し、試験法や評価法の標準化に向けての国際共同研究を実施するためのクリープき裂成長技術作業部会が、VAMASの中に設置された。この技術作業部会に参加しているのは、ASTME24-04委員会、ヨーロッパ破壊グループ、フランス政府、イギリス原子力エネルギー公社、学振先端材料強度129委員会、および高温試験評価技術分科会の6グループである。当研究所は、科学技術庁が主催する高温試験評価技術分科会に所属している。

この分科会では、クリープき裂成長特性に及ぼす試験片寸法の影響を明らかにすることを目的に、分科会に所属している3機関の間でラウンドロビン・テストを行った。供試材は、他のグループでも取上げているタービンロータ材の1Cr-Mo-V鋼で、板幅50.8mm、板厚25.4mm、12.7mm、および6.35mmの3種類の標準CT試験片を作り、VAMASのガイドラインに従ってクリープき裂成長試験を行った。また、ラウンドロビン・テストとは別個に、板幅254mm、板厚63.5mmおよび12.7mmの2種類の大型CT試験片を作り、当研究所の50トン大型クリープき裂成長試験機を用いて試験し

た（金材技研ニュース、1990年、No.1 参照）。この分科会の測定結果を、クリープき裂先端近傍の応力場とひずみ速度場を記述するパラメータの C^* で整理し、それらの上限と下限の範囲を図に直線で示した。なお、この技術作業部会に参加している他のグループが行ったCr-Mo-V鋼のラウンドロビン・テストの結果も、一緒に示してある。

これらの結果から、き裂成長速度は試験機関、試験温度、試験荷重、試験片板幅が異なっても、 C^* を使って表すとばらつきが比較的小さくなるが、試験片板厚を増大させると、き裂成長速度が速くなることなどがわかった。図のばらつきは板厚の影響のほかに、クリープ延性が異なる供試材のデータが含まれていることと、き裂成長の初期の複雑な挙動も含めて、プロットの上限と下限の範囲を直線で示したためである。

科学技術振興調整費研究の第II期（3年間）では、高温脆性材料のIN100超合金を供試材としてクリープき裂成長のラウンドロビン・テストを実施し、第I期研究で延性材料に対して確認された C^* を用いた評価法の有効性を検討するとともに、更に精度のよい評価法を検討する予定である。



クリープき裂成長の共通試験結果

VAMASとは、Versailles Project on Advanced Materials and Standardsの略で、1982年のベルサイユ・サミットにおいて合意された国際協力プロジェクトの中の1つ、新材料と標準に関する国際共同研究のことである。14ある技術作業部会のうち、当研究所は表面分析、超電導および極低温材料、溶融塩腐食、溶接特性、材料データベース、クリープき裂成長、および低サイクル疲労の7技術作業部会に参加している。今回はこのうち、材料信頼性関係の活動を集めた。

高温低サイクル疲労試験の標準化

—— 高強度材では表面状態の統一が重要 ——

高温低サイクル疲労試験は、発電プラントの蒸気タービンなど各種の高温機器用金属材料の強度評価法の1つとして、多くの研究機関において広く実施されている。しかし、その試験法に関しては各国の学協会などから種々の提案があるものの、国際的な標準試験法は確立されていない。高温低サイクル疲労は、試験機や高温伸び計の形式、試験片の温度分布や座屈の有無などの試験条件に支配される可能性が非常に大きい、試験結果に及ぼすこれらの影響も、定量的に明らかにされているとはいえない。そのため、試験片の形状や寸法、熱電対の取付け方法、破損の定義なども、各研究機関で独自の基準や方法を決めて試験しているのが現状である。

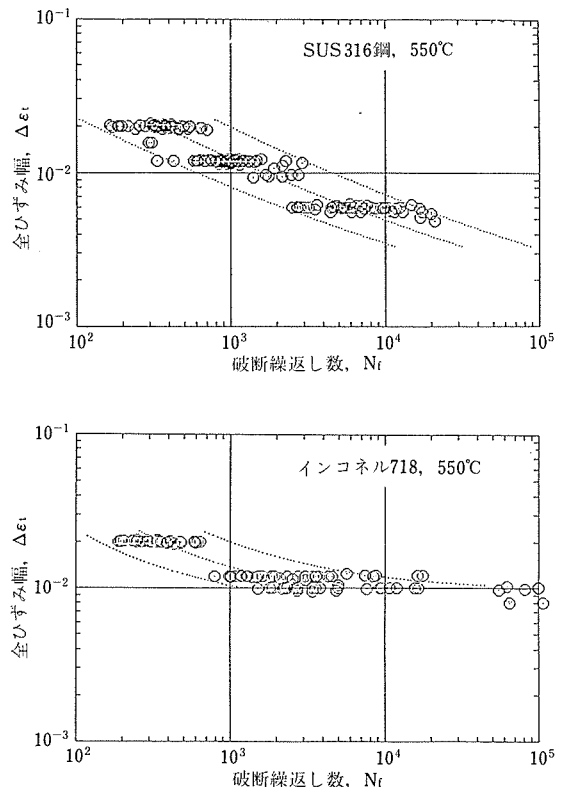
このようなことから、昭和61年に当研究所で開催されたVAMAS運営会議において、ヨーロッパ各国は高温低サイクル疲労の国際ラウンドロビン・テストを提案した。その結果、ヨーロッパ6か国16機関と日本10機関とが参加した**低サイクル疲労技術作業部会**が設置された。当研究所は、この技術作業部会の日本側窓口を務めている。

ラウンドロビン・テストは、供試材を共通にして、試験温度、ひずみ波形、ひずみ幅、および試験片表面粗さについての基本的ガイドラインを設定し、その他は各機関が通常採用している方法・条件で実施された。そのため、試験片の形状や熱電対の取付け方法など、様々な条件が使われている。供試材には、繰返し加工硬化あるいは加工軟化する4種類の材料が選ばれた。

図には、それらのうちのSUS316 オーステナイトステンレス鋼と718ニッケル基超合金についての、日本とヨーロッパのすべてのデータを、全ひずみ幅と破断繰返し数の関係で示した。SUS316鋼など高延性材料では、破断繰返し数は平均値の1/2～2倍の範囲にほとんどのデータが収まっており、各機関の試験条件等の相違を考慮すれば、比較的まとまっていると考えられる。一方、インコネル718など高強度材料では、全ひずみ幅が小さい場合、破断繰返し数のばらつきが非常に大きくなっ

ている。

以上のような国際ラウンドロビン・テストのデータから、次のことが明らかになった。SUS316鋼では、破断繰返し数のばらつきは比較的小さい。その範囲でのばらつきの要因は、繰返し応力幅やヒステリシスループ上のヤング率の相違や座屈の有無等から生じると考えられた。一方、インコネル718では、加熱方法の違いにより、熱電対を試験片に点溶接しているものと単に縛り付けているだけのものとがあった。点溶接したものでは、試験片の表面に小さな凹みができている。この凹みのため、インコネル718のような高強度材では疲労き裂の発生が促進されるので、試験片の表面状態を統一する必要性が認識された。



低サイクル疲労の共通試験結果

極低温破壊靱性値試験の標準化

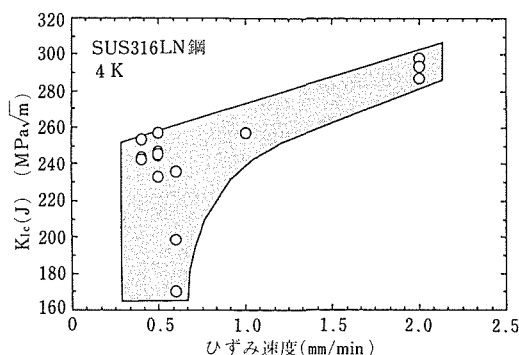
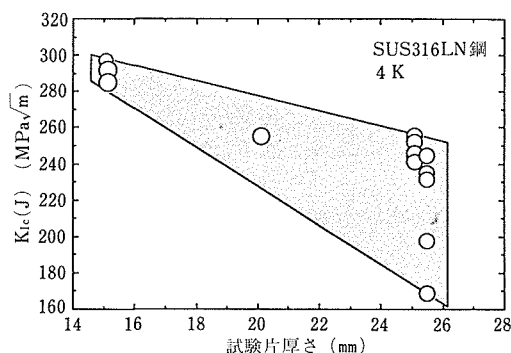
—— 無視できない試験片厚さ、ひずみ速度の影響 ——

材料の破壊に対する抵抗の程度（ねばさ）を表すパラメータの破壊靱性値は、各種機器の安全設計において不可欠なものの1つで、材料選択の重要な基準値と見なされている。しかし、液体ヘリウム温度（4 K）のような極低温で使用する構造材料として検討されている鉄鋼材料は、破壊靱性値が極めて高く脆性破壊をしないので、従来から用いられている平面ひずみ破壊靱性試験法は適用できない。このため、室温においてすら完全には確立されていない弾塑性破壊靱性試験法に頼らざるを得ないのが現状である。

こうしたことから、VAMASの超電導および極低温材料技術作業部会では、国際事務局を務める当研究所を含む4か国9研究機関が参加して、極低温破壊靱性値試験ラウンドロビン・テストを実施した。オーステナイトステンレス鋼のSUS316 LN鋼とYUS170鋼を供試材に選定し、素材に起因する測定値のばらつきを避けるために、すべて同一ロットの材料を使用した。当研究所が採用しているASTM規格による事前調査では、材料自体が持つばらつきは前者で±5%，後者では±8%であった。参加各機関では、それぞれの研究機関の図面に従って当研究所で一括加工した試験片を用いて、それぞれの機関で採用している方法に基づいて極低温で破壊靱性値を測定し、試験条件、荷重－変位図、試験結果等を、所定のフォーマットによって当研究所に提出した。

当研究所に集約された測定値を解析した結果、研究機関の間のばらつき（最大値と最小値の範囲）は、SUS316LN鋼で平均値の±20%、YUS170鋼では±25%であった。各研究機関で採用している評価法の多くは除荷コンプライアンス法（ASTM規格）であったが、多数個試験法やキーカーブ法などもあった。しかし、評価法の相違に基づく測定誤差を議論できるだけのデータ数がないので、より一般的な試験条件と測定値との関係を解析した。図はその例で、SUS316LN鋼における試験片厚さおよびひずみ速度と破壊靱性値（弾塑性破壊靱性値試験の結果から換算した値）との関係を示したものである。試験片厚さに関しては、薄いもののほど破壊靱性値が高くなるという報告が時たま見受けられるが、今回の結果も同様の傾向を示している。ひずみ速度については、従来系統的な研究はほとんどなかったが、今回の解析では何らかの影響があり得ることを示唆している。

ラウンドロビン・テストの以上のような結果から、信頼性の高い極低温破壊靱性値試験法を確立するためには、これらの試験条件の影響をいっそう明確にすることと、それに基づいて各測定法の相互比較を行うことが、早急に必要であると考えられる。そのために、科学技術振興調整費研究の第II期では、試験条件をできる限り統一したラウンドロビン・テストを実施して、測定値のばらつきの原因を絞り込んでいくことを計画している。



極低温破壊靱性値の共通試験結果

8月の研究発表（国内分）

学・協会名	開催期間	発表題目	発表者(所属)
機械学会シンポジウム (静岡：富士ハイツ)	8. 8～8. 10	1. 走査型トンネル顕微鏡と金属破壊	松岡三郎(環境)
腐食防食討論会 (長野：信州大学工学部)	8. 28～8. 30	1. 生体用高Moステンレス鋼のすきま腐食感受性	星野明彦(機能)ほか
材料科学と工学への計算機応用に関する国際会議 (東京：サンシャインシティ)	8. 28～8. 31	1. アルミニウム中の欠陥の密度汎関数分子動力学法による研究 2. 鋼の組織変化のモンテカルロシミュレーション 3. 熱力学による $\alpha+\alpha_2$ 型耐熱Ti合金の設計	小口多美夫(物性)ほか 榎本正人(物性)ほか 小野寺秀博(設計)ほか

クリープ受託試験の現況

当研究所は、昭和42年に制定された「金属材料技術研究所クリープ試験受託規程」(科学技術庁訓令第69号)および「金属材料技術研究所クリープ試験受託約款」に基づいて、企業等からの委託を受け、クリープ試験を実施しています。

昭和42年度に開始してから平成元年度まで23年間を経過しましたが、ここでは平成元年度の試験実施状況について報告します。

受託試験受理状況は右表に示すとおりで、平成元年度については、件数が52件（前年度より継続30件、新規22件）、試験片数399本、延試験時間が1,175,097時間で、試験片1本当たりの平均試験時間は、クリープ試験が3,703時間、クリープ破断試験が2,296時間です。

受託試験受理状況

区 分		42～63年度	元 年 度	計	
ク リ ー プ 試 験	受 理 件 数 (件)	178	11	189	
	温 度 別 試験片数 (本)	300～600℃	1,243	65	1,308
		601～800℃	178	14	192
		801～1000℃	153	8	161
		小 計	1,574	87	1,661
ク リ ー プ 破断試験	受 理 件 数 (件)	421	11	432	
	温 度 別 試験片数 (本)	300～600℃	3,409	111	3,520
		601～800℃	1,214	25	1,239
		801～1000℃	749	54	803
		小 計	5,372	190	5,562
合 計	受 理 件 数 (件)	599	22	621	
	試 験 片 数 (本)	6,946	277	7,223	

◆短 信◆

●受賞

科学技術庁長官表彰（業績表彰）

計測解析研究部 齋藤 鉄哉

破壊及び非破壊試験の両面から行ってきた材料の信頼評価研究を基礎として、新しい非接触評価システムの開発を進め、材料評価法の研究開発に貢献したことにより、平成2年5月19日、上記の表彰を受けた。

計測解析研究部 田村 良雄

物理分析装置について自動化やコンピュータ制御・計測法の改良に努め、特に電子顕微鏡についてはアナログメモリーによる像質向上の応用技術を開発し、画像処理技術の進展に貢献したことにより、平成2年5月19日、上記の表彰を受けた。

●海外出張

氏 名	所 属	期 間	行 先	用 務
西島 敏	損傷機構研究部	2. 5. 20～2. 5. 27	ソビエト	物質・材料データベースの国際交流に関する'91シンポジウム組織委員会
前田 弘 戸叶 一正	第1研究グループ 第1研究グループ	2. 5. 28～2. 6. 2	韓国	第13回高温超電導体シンポジウム
山崎 道夫	材料設計研究部	2. 6. 10～2. 6. 16	韓国	航空機用材料に関するシンポジウム
山内 泰	計測解析研究部	2. 6. 10～2. 6. 23	アメリカ	第4回材料非破壊評価シンポジウム

環境性能研究部 宮崎 秀子

熱電対の温度精度管理の研究に従事し、熱電対の校正データの整理解析により劣化機構を解明し、温度精度管理システムの合理化に貢献したことにより、平成2年5月19日、上記の表彰を受けた。

第2研究グループ 白石 春樹

原子炉の設計で重要な照射下クリープ現象やヘリウム脆化の研究のため、サイクロトロンを中核とする軽イオン照射下クリープ試験施設を建設するとともに、クリープ・脆化機構の解明、新素材開発に貢献したことにより、平成2年5月19日、上記の表彰を受けた。

●人事異動（平成2年6月8日）

昇任 特別研究官 大河内春乃（計測解析研究部第4研究室長）

組 織 表 (平成2年6月27日現在)

所 長 新 居 和 嘉

科学研究官 小 口 醇		
管 理 部 山 田 昌 夫		
庶会	務計	課課
企 画	画 術	課 課
技 術	試 験	業 務
材 料	試 験	業 務
基礎物性研究部 吉 川 明 静		
第1研究	室	青 木 晴 善
第2研究	室	松 本 武 彦
第3研究	室	大 河 内 真 静
第4研究	室	(併) 吉 川 明 静
機能特性研究部 佐々木 靖 男		
第1研究	室	梶 原 節 男
第2研究	室	笹 野 久 興
第3研究	室	谷 中 功 幸
第4研究	室	天 野 宗 一
第5研究	室	塩 田 一 路
材料設計研究部 山 崎 道 夫		
第1研究	室	星 本 健 一
第2研究	室	山 富 敏 博
第3研究	室	新 塚 功 隆
第4研究	室	井 上 隆 一
反応制御研究部 古 林 英 一		
第1研究	室	福 澤 章 佑
第2研究	室	長 谷 川 良 敏
第3研究	室	平 野 幸 章
第4研究	室	大 場 章 一
組織制御研究部 中 村 治 方		
第1研究	室	佐 藤 彰 扶
第2研究	室	田 頭 明 繁
第3研究	室	岡 本 宏 達
第4研究	室	北 入 江 定 郎
第5研究	室	三 井 達 郎
第6研究	室	井 上 達 郎
計測解析研究部 斎 藤 鉄 哉		
第1研究	室	古 屋 一 夫
第2研究	室	岸 本 直 樹
第3研究	室	田 村 良 雄
第4研究	室	(併) 斎 藤 鉄 哉
損傷機構研究部 西 島 敏		
第1研究	室	山 口 弘 二
第2研究	室	新 谷 紀 雄
第3研究	室	藤 井 哲 千
第4研究	室	増 田 利 幸

支所長 岡 田 雅 年

管 理 課 石 橋 倫 幸		
力学特性研究部 河 部 義 邦		
第1研究	室	貝 沼 紀 夫
第2研究	室	鈴 木 正 進
第3研究	室	堀 部 方
第4研究	室	角 田 方
表面界面制御研究部 小 川 恵 一		
第1研究	室	(併) 小 川 恵 一
第2研究	室	中 村 吉 行
第3研究	室	小 口 信 一
第4研究	室	斎 藤 一 男
第1研究グループ 前 田 弘		
第1サブグループ	田 中 吉 一	秋 正 廉
第2サブグループ	戸 上 叶 一	正 廉
第3サブグループ	井 上 田 充	典 介
第4サブグループ	和 佐 藤 圭	
第5サブグループ	石 川 圭	
第6サブグループ	佐 藤 圭	
第2研究グループ 白 石 春 樹		
第1サブグループ	北 島 正 弘	
第2サブグループ	永 川 城 正	
第3サブグループ	野 田 哲 龍	
第4サブグループ	田 辺 龍 彦	
環境性能研究部 田 中 千 秋		
第1研究	室	松 岡 三 郎
第2研究	室	金 澤 健 二
第3研究	室	八 木 晃 一
第4研究	室	小 玉 俊 明
第5研究	室	太 田 昭 彦
第3研究グループ 辻 本 得 藏		
第1サブグループ	中 村 森 彦	
第2サブグループ	武 井 厚 也	
第3サブグループ	海 江 田 義 也	
第4サブグループ	(併) 辻 本 得 藏	
第4研究グループ 吉 原 一 紘		
第1サブグループ	武 田 徹 也	
第2サブグループ	尾 澤 正 祐	
第3サブグループ	村 松 治 也	
第5研究グループ 永 田 徳 雄		
第1サブグループ	門 馬 義 雄	
第2サブグループ	石 原 只 雄	
第3サブグループ	二 瓶 正 俊	
特 別 研 究 官 大 河 内 春 乃		

通 卷 第379号

平成2年7月発行

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所
〒153 東京都目黒区中目黒2-3-12
TEL (03)719-2271, FAX (03)792-3337

編集兼発行人 真 鍋 烈
印 刷 株式会社 三 興 印 刷