

科学技術庁

金属材料技術研究所

極限場研究センター／疲労き裂成長／
クリープ基底強度

極限場研究センターの建設へ

——つくば市柴崎地区で着工——

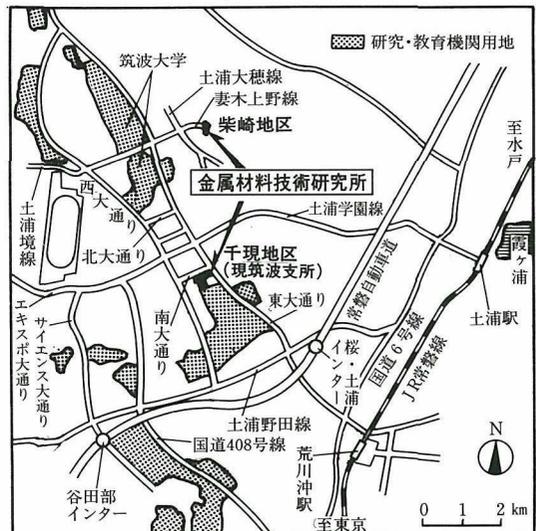
当研究所では、筑波支所が現在設置されているつくば市千現地区にその機能を結集するに当たり、千現地区における新研究所の建設とともに、大型の先端研究施設・設備を備えた**国際極限場研究センター**(仮称)を、つくば市柴崎地区に創設することを目指してきました。昨年末には住宅・都市整備公団との間で土地の譲渡契約が締結され、建設工事も始まりましたので、新センターとなる柴崎地区建設計画の概要をご紹介します。

柴崎地区は、つくば市の北東部に位置し、現筑波支所から北約5kmの距離にあり、取得した敷地の総面積は約4.4haです。当センターは、「磁界」および「ビーム」の二つの特殊実験棟と管理研究棟によって構成され、その規模は、国の内外からの客員研究官を含め約100名の陣容を前提としています。管理研究棟は地上3階地下1階建ての予定で、延床面積は約3,500m²になり、施設全体の管理部門と、研究居室、食堂、大会議室、図書室などが整備されます。磁界実験棟は地上2階地下1階建て、延床面積約7,200m²で、その中には80テスラ級ロングパルスマグネットや40テスラ級ハイブリッドマグネットなど、世界最大級の高磁場マグネットを含む各種磁場研究設備が収容されます。また、ビーム実験棟は地上2階建て、延床面積約3,200m²で、超高圧電子顕微鏡、粒子線照射装置、極高真空中磁気浮上搬送システムなどの研

究設備が収容されます。

平成4年度末には全ての建物が概成し、東京目黒本所から千現地区への移転と同時期の、平成5年10月から移転が開始される予定です。

当研究所は、この研究センターを国際的な共同研究を推進するための開かれた研究施設と位置づけしており、**超強磁場**や**精密励起場**、あるいは**極高真空場**などの極限場の発生とその利用により野心的な基礎研究が活発に行われ、材料科学技術に新たなブレークスルーをもたらすものと期待しています。



疲労き裂成長のマクロ支配因子

——弾性係数の導入——

航空機、船舶、長大橋、発電プラントなどの構造物は大型化する傾向にあり、それらが万一破損した場合の被害は甚大である。金属疲労が構造物の破損原因の7割に何らかの形で関与していることから、破損による事故を未然に防ぐには金属の疲労現象を充分把握しておくことが極めて重要である。当研究所では、金属疲労の研究を長年続けてきており、その成果の一つとして、材料の疲労き裂伝ば特性を評価するための新しい試験法を考案した（‘最大荷重保持疲労き裂伝ば試験法’、金材技研ニュース1990年 No.9）。

通常の疲労き裂伝ば試験法では、試料に負荷する繰り返し応力の上限 σ_u と下限 σ_l をともに一定にして疲労試験を行い、き裂の成長速度を求める。この方法では、試料が引張状態にあっても、疲労き裂の先端に誘起される引張塑性変形などによってき裂先端が口を閉じる、いわゆるき裂閉口現象が一般に起こり、これが試験応力とき裂先端部に実際にかかる応力との関係を複雑なものにしている。これを避けるため、本研考案の試験法では繰り返し荷重の上限 σ_u を一定に保ちながら下限 σ_l を徐々に高くして行き、き裂閉口現象が起こらなくなる条件を保つようにして疲労き裂が成長しなくなるまでの間で、応力範囲 $(\sigma_u - \sigma_l)$ とき裂成

長速度との関係（基本疲労き裂伝ば特性）を求めるのである。

そのようにして求めたフェライト系の鋼SB42およびオーステナイト系ステンレス鋼SUS304の基本疲労き裂伝ば特性曲線が図(a)の中に示してある。横軸には‘応力拡大係数範囲’ ΔK をとっており、これは応力範囲とき裂長さの平方根の積 $(\sigma_u - \sigma_l) \cdot \sqrt{a}$ に比例する量である。図からわかるように、この試験法を用いると、フェライト鋼とオーステナイト鋼のように結晶構造が異なっても非常に類似した特性曲線が得られた。さらに今回、鉄鋼以外の材料としてアルミニウム合金A5083にも適用してその特性曲線を求めたところ、アルミニウム合金の特性曲線は鋼の特性曲線に対して左側に大きく平行移動した形を示すことがわかった。そこで、 ΔK をその材料のヤング率Eで割った‘ひずみ拡大係数範囲’ $\Delta K/E$ を横軸にとり、図(a)のデータ点をあらためて記入しなおすと図(b)のように、すべての点がほぼ一つの曲線上にのることを発見した。

このことはひずみ拡大係数範囲 $\Delta K/E$ 、換言すれば応力範囲、き裂長さ、および、ヤング率というマクロなパラメータが疲労き裂の成長を支配していることを示しており、疲労現象の本質を解明

するにあたっては、き裂成長部の微視的形態の多様性に目を奪われることなく、弾性論的な大局の見地をもつことも極めて重要であることを示唆している。

今後はさらに実験を重ね、多種類の材料の特性曲線の統合化を図り、疲労破壊の予測法の確立に役立てる。

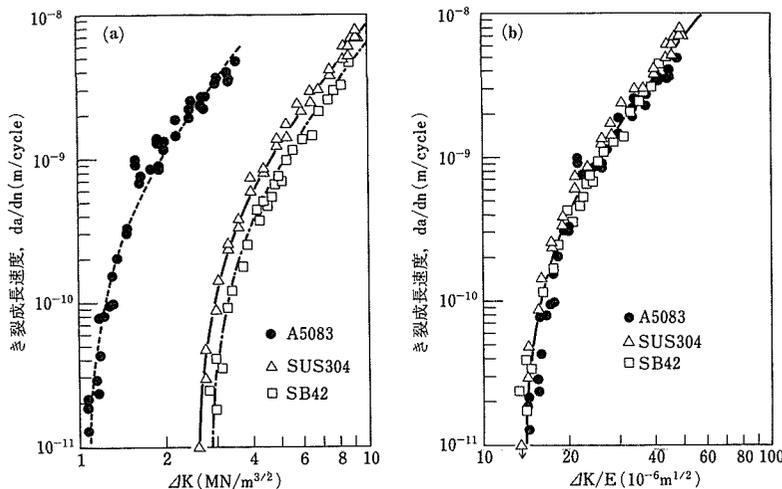


図 基本疲労き裂伝ば特性曲線

クリープの新概念 ‘基底強度’ を提唱

—— フェライト系耐熱鋼の基本的強さ ——

耐熱金属材料の強度は高温での長時間の使用中に徐々に低下する。材料の強度はその微細金属組織に支配されており、使用中に生じる組織変化が強度低下の原因である。しかし、組織変化とそれに伴う強度低下を的確かつ定量的に評価する方法はまだ提案されていない。

ところで、材料の強度は使用時間とともにどこまで低下するのであろうか。ゼロにまで低下するのか、あるいは、ある最低限の強度レベルが存在してそれ以下にはならないのであろうか。このような基本的な問題を調べることは長時間クリープ強度の推定法や、長期使用部材の余寿命推定法を確立するために重要である。

図1は高温構造部材の応力とクリープ破断寿命の関係を模式的に示したものである。高温で生じる組織変化は強度を低下させ、そのため応力とクリープ破断寿命との関係は長時間側になるにしたがって勾配が増して行く。しかし、強度があるレベルにまで低下したのちは再び勾配は減少して、単純な時間依存性を示すようになる。すなわち、このレベルに到達した後は安定なクリープ破断強度特性を示し、応力と破断寿命との関係は逆S字形を描く。

当研究所では、数多くの国産実用耐熱材料について、最長10万時間を超える長時間のクリープ強度試験を行い、材料の強度特性を系統的に明らかにすることを目的として「金材技研クリープデータシート」を作成している。今回、フェライト系

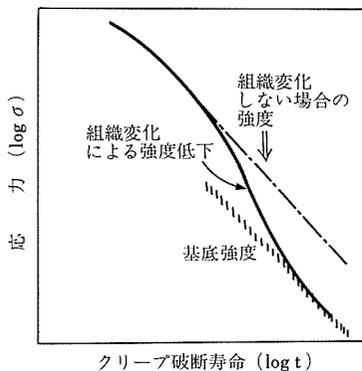


図1 応力とクリープ破断寿命の関係

耐熱鋼に関して膨大なクリープデータを系統的に解析した結果、材料はその組織変化だけでは失うことのない、固有の強度をもち、しかもその強度は鋼種によらずほぼ同程度であることがわかった。このフェライト系耐熱鋼に共通の強度を‘基底強度’と呼び、クリープ強度に関する新しい概念として提唱した。それを以下に示す。

図2は10種類のフェライト系耐熱鋼のクリープ破断強度特性をまとめたものである。横軸のパラメータ（ラーソン・ミラー・パラメータ）値の小さな領域、すなわち低温、短時間側に相当する領域では、鋼種により強度が大きく異なってクリープ破断寿命に最高4桁程度の差が認められる。しかしパラメータ値の増加、すなわち、より高温、長時間側への移行にともなって鋼種による強度差の程度が縮小し、全10鋼種のクリープ破断強度があるレベルに収束するようになる。ここで、全データの収束する強度レベルがフェライト系耐熱鋼の共通の‘基底強度’（図1参照）であり、基本的なクリープ強度であると見ることができる。このような考え方は多数の鋼種について数万時間を超える長時間データが得られたことによってはじめて到達できた概念であり、今後は基底強度の特性をより明確に把握し、クリープの‘基底強度理論’を確立することにより、高温構造部材の信頼性向上に資することができる。

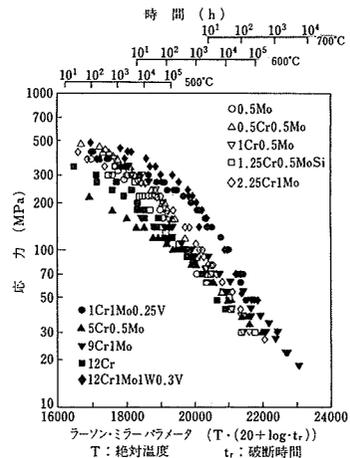


図2 フェライト系耐熱鋼のクリープ破断強度特性

5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）
Rare Earths '92(京都・パークホテル)	5.1～5.5	1) Removal of Oxygen from Praseodymium by Calcium Vapor	上平一茂（反応）ほか
日本鋳物協会（名古屋）	5.29～5.30	1) セラミックホーンを用いた溶融金属への超音波振動付加の適用	大沢嘉昭（組織）ほか

◆特許速報◆

●出願

発 明 の 名 称	出 願 日	出 願 番 号	発 明 者 名
ビスマス系酸化物超電導線材の製造方法	3.7.24	03-184303	（住友電気工業（株）及び新技術事業団との共同出願）
浮上溶解装置	3.12.20	03-337325	福沢 章, 桜谷和之, 渡辺敏昭,（富士電機（株）及び中部電力（株）との共同出願）
拡散合成法によるTiAl基金属間化合物の製造法	3.12.25	03-356637	辻本得藏（他1名）

●登録

発 明 の 名 称	登 録 日	登 録 番 号	発 明 者 名
超電導複合テープの製造法	4.2.18	1639308	太刀川恭治, 戸叶一正, 熊倉浩明, 竹内孝夫
衝撃試験用試験片取付け装置	4.2.18	1639322	岩尾暢彦, 安中 嵩, 古屋宣明, 伊野口育雄
超塑性鍛造用耐熱Ni合金及びその製造方法	4.2.18	1639412	小泉 裕, 富塚 功, 原田広史, 中沢静夫, 前田達之, 山崎道夫

◆短 信◆

●海外出張

氏 名	所 属	期 間	行 先	用 務
西島 敏	損傷機構研究部	4.2.13～4.2.23	フランス	日仏二国間ワークショップ出席
増田 千利	損傷機構研究部	4.2.13～4.2.26	フランス	日仏二国間ワークショップ出席
塩田 一路	機能特性研究部	4.2.16～4.2.23	フランス	日仏二国間ワークショップ出席
星本 健一	材料設計研究部	4.2.16～4.2.23	フランス	日仏二国間ワークショップ出席
木吉 司	第1研究グループ	4.2.16～4.3.7	アメリカ	高磁界用導電材料の評価・応用研究
山縣 敏博	材料設計研究部	4.2.17～4.2.28	ブラジル	ブラジル材料技術開発プロジェクト事前調査
村上 秀之	材料設計研究部	4.3.2～4.3.9	イギリス	日英共同研究
緒形 俊夫	第1研究グループ	4.3.5～4.3.12	イギリス・イタリア	科学技術振興調整費総合研究
入江 宏定	組織制御研究部	4.3.8～4.4.4	オーストリア	科学技術振興調整費個別重要国際共同研究

発行所 **科学技術庁金属材料技術研究所**
 (本 所) 〒153 東京都目黒区中目黒2-3-12
 TEL(03)3719-2271, FAX(03)3792-3337
 (筑波支所) 〒305 茨城県つくば市千現1-2-1
 TEL(0298)51-6311, FAX(0298)51-4556

通巻 第400号 平成4年4月発行
 編集兼発行人 真 鍋 烈
 印刷 所 株式会社 三 興 印 刷
 東京都新宿区西早稲田2-1-18