

金材技研

1982

科学技術庁

NO. 2

ニエース

金属材料技術研究所

破壊事故の原因を追求する金属材料の法医学

—— 国立研究所のもう一つの役割 ——

技術の高度な発達にもかかわらず

発生する破壊事故

数百人の乗客を乗せて離着陸を繰り返すジャンボジェット機、高温で高速回転する発動機、数千 m^3 の石油を貯える石油タンク、核分裂が進行する原子炉等々の装置や構造物は、万一それが破損した場合、それ自身の損害が莫大であるばかりでなく、人的被害をもたらす危険性も極めて大きい。このため、重要な装置や構造物は、設定した使用期間中、安全確実に機能することが特に大切であり、設計、製作に際しては、実際の使用条件下で各部材がどのような強度や信頼性を持つかが、詳細に検討されている。しかし、それでも現実には部材の損傷に基づく事故は発生している。

事故根絶に求められる材料の

健康診断・治療・予防のシステム化

部材の予期しない損傷のために生じた破壊事故の中には、既に同種の事故を別の分野で経験済で原因や対策が解明されていながら、その周知徹底が不十分であったために発生したもの、また、装置や構造物の大型化、高性能化、使用条件の苛酷化、新技術の採用などのため、従来技術では予測し得ずに発生したものなどが含まれている。このため、重要破壊事故の発生を防ぐためには、各事故について必ず綿密な原因調査を行い、その結果をできる限り公開し、周知させることが大切である。

破壊事故原因の解析は、さまざまな事故の解決

に際して活躍する法医学のようなものであり、それ自身、広汎な知識と高度な技能を必要とする技術分野である。このため、より優れた解析手法の確立とともに、解析のシステム化、事故例ならびに対策例の収集解析、これらを基にした事故防止システムの確立などが、強く求められている。

技術と学問の橋わたしを通じて

事故根絶への貢献

当研究所は、国立研究所としての中立的性格から、国民の安全と福祉に影響の大きい重要事故の原因について、公的機関からの要請により、これまでも数多くの鑑定・調査に寄与してきた。たとえば、小型航空機のプロペラ折損による不時着事故、大型旅客機の昇降舵破損による離陸失敗事故、ヘリコプタの回転翼軸破断による墜落事故、走行中の鉄道車輪の割損事故、ビルのガス爆発事故、石油タンクの破壊事故等について、疲れ試験部をはじめとする関連分野の専門家が協力し、掘り下げた検討を行って事故原因究明に貢献した例は多い。

金属材料についての多方面にわたる知識と実用材料に関する最も信頼できる特性データを兼ね備えた当研究所として、この分野で応分の寄与をすることは当然の責務であるが、一方、これらの調査を通じて技術的、学術的に新しい着想が得られることも多く、研究面からの取り組みも重要な課題であり、その成果は事故解析に反映されている。

破壊事故解析とフラクトグラフィ

— 定量破面解析の重要性 —

一般に材料が破壊するときには、その材質や負荷条件などにより定まる優先的な破壊メカニズムがあり、結果として破面にはそれぞれ特徴的なパターンが残されるのがふつうである。たとえば荷重の繰返しにつれて小さなき裂が進展し、遂には全体の破壊に至るメカニズムは疲れ破壊としてよく知られている。この場合、破面上にはき裂の漸進的な成長の跡として、細かい縞もよう（ストライエーション）が残される。

そこで装置や機械が何か原因不明の破壊を生じたとき、材料の破面上からそのような特徴的なパターンを読みとり、破壊原因に関する情報を得ることが出来る。実のところ、これはフラクトグラフィと呼ばれ、古くから事故解析に、また最近では破壊現象の解析全般に広く用いられている手法である。

金属材料の破面には数十倍程度の低倍率で十分識別できるものから、数万倍まで拡大しなければ判らないような細かいものまで、多くの特徴的なパターンが現れる。この中にはストライエーションのように、縞もようの間隔がき裂の進行速度に対応することから、その寸法を測定して破壊時の負荷の大きさ等に関する定量的解析に役立てうるものもあるが、現状では裏付けデータ不足のため破壊の解析としては定性的にしか利用できないものも多い。

たとえば図は飛行中のヘリコプタが後部回転翼

取付部のハブが折れたため操縦不能となり墜落した場合である。このハブは中空管状のマルエージ鋼製で、破断箇所には構造上、曲げ荷重の繰返しのみが作用すると考えられた。詳細調査の結果、ハブの破壊は表面の腐食ピットを起点とした疲れ破壊であって、破面には写真に示すように起点からの距離により異なったフラクトグラフィ的特徴が見出された。

ところで、この種類の材料ではストライエーションによる疲れ破壊は、き裂先端の作用応力の程度を表す応力拡大係数という値が約 $21\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上にならないと起らず、それ以下ではマルテンサイトなどの微視組織界面に沿った破壊となる。本例の場合も点線の半だ円状の部分境界として特徴の変化が認められ、これからこの場合の作用応力は約 390MPa であったと推定でき、ストライエーションの間隔などその他の情報と合わせて解析の参考とすることができるのである。

フラクトグラフィは破壊事故の原因追求にも、また破壊そのものの研究手段としても広く用いられているが、これを定量的に行い得るとき極めて効果的な手法になる。このような定量破壊解析のためには破面情報の定量化と各種材料、破壊条件における系統的データの充実が基本的に重要となるため、疲れ試験部ではこの立場からの努力も継続していく方針である。

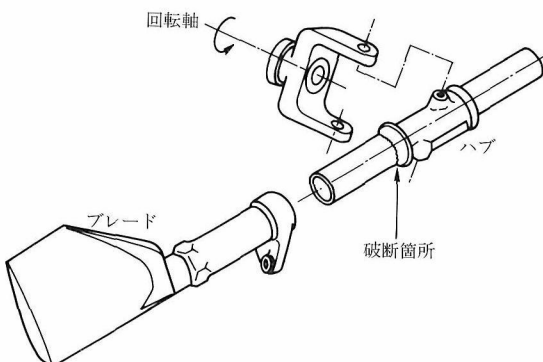


図 ヘリコプタの後部回転翼破損の例

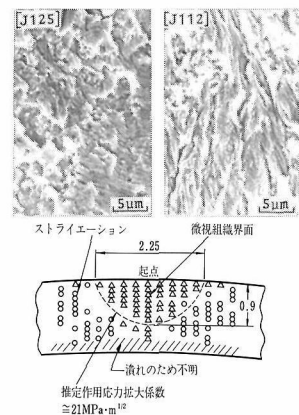


写真 ハブの疲れ破面

γ鉄とα鉄の再結晶の相異

金属材料が製品になるまでに加工や熱処理を経ると、再結晶と呼ばれる現象によって結晶粒が微細化したり、結晶の方向をそろえて好ましい性質を持たせることができる。再結晶のメカニズムの常識は変形帯と呼ばれる不均一に変形を受けた部分に再結晶が生じるため、移動しやすい大傾角粒界ができるとするもので、α鉄ではこの立場で新しい再結晶粒の方向を説明することができる。当研究部の最近の研究結果では、このような常識はγ鉄では成り立たない。その理由は再結晶の結晶粒界が移動するにつれ、双晶ができると全く新しい大傾角粒界を生み出す。これが再結晶を支配するからである。合金元素、加工度、温度を変えると双晶のできやすさが変化するので、双晶による再結晶の制御も可能となる。（強力材料研究部）

高性能Nb₃Sn超電導線材の新製法

強磁界超電導磁石用線材として開発が進められている複合加工Nb₃Sn線材は12T以上の磁界での臨界電流の低下が著しいのでその特性改善が望まれている。今回、Cu-Snマトリックスに0.2~0.5%のTiを添加するとTiがNb芯の周囲に生成されるNb₃Sn層中に急速に拡散し凝集することを見出した。その結果、24Tの高い臨界磁界が得られ、また、15T以上での臨界電流が1桁高められた。従来試みたNb芯への合金添加による特性改善では、芯への加工性が低下し、また、Nb合金芯を電子ビーム等により溶製する手間を必要とした。今回の製法はこのような問題点をすべて解決し、極めて簡単にNb₃Sn超電導線材の強磁特性を改善する方法として実用化が容易であり、核融合マグネット等の多くの応用に著しく貢献すると期待される。（極低温機器材料研究グループ）

難加工材のための新押出し加工法

センダストやアルニコ5合金などは、通常の方法では塑性加工ができないかあるいは非常に困難である。しかしこれらの材料も、圧縮応力（静水

圧応力）下では高温で加工が可能となる。そこでビレットに側方圧力を加えかつ、温度の低下を防いで押出し加工する方法（特許第1034498）を考案した。この方法は、コンテナとビレットの間に圧力媒体と温度保持の働きをする固体の中間材を挿入し、この中間材に圧力を付加しながらビレットを押出すものである。これによってセンダスト、アルニコ5合金等につき、1200℃で押出し比5~25の押出しを行ったところ、丸棒、四角棒及びL字形、コの字形の断面を持つ異形材の健全な押出し材を得ることができた。（金属加工研究部）

鉄鋼中の極微量硫黄の定量

最近、低硫鋼の製造技術の開発が盛んに行われるにつれて、その微量硫黄の絶対値を保証しうる正確な定量法の確立が強く要請されている。

当研究部では硫酸バリウム重量法を利用した同位体希釈・スパークイオン源質量分析法による定量法を検討した。試料溶解に使用する酸の硫黄定量への影響、スパイク溶液の調製法、その添加量等について詳細に検討し、10gの試料で0.2ppmまで定量できる方法を確立した。硫黄含有量0.0005(%)以上の試料にたいしては精度は5(%)以内、それ以下の硫黄含有量の試料にたいしては8(%)以内で定量できる。（金属化学研究部）

本邦初の連続製鋼プラントの試験始まる

自動車スクラップの再生を無公害に経済的にこなう方法として当研究所が開発した「自動車スクラップ等を原料とする連続製鋼技術」が、新技術開発事業団の委託開発課題として三菱重工業㈱に委託されていたが、その実験プラントがこのほど連続操業に入った。このプラントはキューボラ、製鋼炉、鑄造機からなる一貫連続システムであり、月産10000吨の規模を有する。本技術により製品品質の向上と大幅なコスト減が期待されており、操業実験の結果が待たれている。本技術は無電力製鋼法としても注目され、さらに将来の製鉄所の一貫連続化への引金になることも予想される。

（工業化研究部）

【出願公開発明の紹介】

精錬原料の連続的予熱または還元方法 特公開昭55-2740 昭和55年1月10日

本発明は、高温の排ガスまたは還元ガスを使用して精錬原料例えば製鉄原料（鉄鉱石または焼成ペレット）を連続的に予熱または還元する際に、30～60°の角度に傾斜した回転キルンを用い上方から原料を供給し下方から高温の排ガスまたは還元ガスを吹込みそれぞれ向流的に流通させることを特徴とする方法である。本発明によれば利用ガスは低圧で済み装置の容積効率、ガス利用効率共に優れているため、特に他の溶解炉、精錬炉の高温排ガスを利用して原料の予熱または還元を使用する場合に有用であり、従来法のシャフト炉、ロータリーキルンの有する欠点を解決して効率的な予熱または還元方法を提供するものである。

電子ビーム溶接法 特公開昭55-16770 昭和55年2月5日

本発明は、電子ビーム溶接中に高温になった溶融部から放出される電子を、空間に配置した電極で捕集し、この電子量の増減から電子ビーム溶接状態を感知するとともに、感知信号をフィードバックして電子ビーム電流量を自動制御することにより、電子ビーム溶接部先端に発生するコールドシャットやポロシティを伴うスパイクを抑制し、健全な溶接継手をうる溶接方法である。本発明によれば、無接触で溶接状態を制御できるうえ、電子ビーム溶接の最大の特徴である精密性を有効に利用でき、適用範囲の拡大が期待される。

鉍滓中の金属・合金粒回収

装置を備えた連続高温冶金 特公開昭55-31152 昭和55年3月5日

連続製鋼法、連続溶銑予備処理法あるいは連続製鋼法などの連続高温冶金反応器内は、反応促進のため溶湯と鉍滓を激しく混合している。この結果多くの金属・合金粒が鉍滓中にまきこまれたまま排出され、歩留りの低下を来すこととなる。

本発明は、反応器の鉍滓排出部の底面の反応器側を下げ傾斜をつけるとともに、その傾斜面に添って未処理の溶湯を流入させることにより鉍滓中の金属・合金粒を流入溶湯中に回収し、歩留りの向上を図ることを目的としたものである。高温冶金反応器の連続化が進められているが、本発明はそれらの反応器が経済的に存立する上で、重要な役割をはたすと考えられる。

鉄-チタン-ニオブ系水素 特公開昭55-100201 貯蔵材 昭和55年7月31日

金属間化合物 FeTi は他の水素貯蔵材と比較して安価なことから実用化に適しているが、初回の水素化が困難で、水素に対して活性にするためには例えば100メッシュ以下に粉碎後、数十気圧の水素中で200～400℃に加熱するというような前処理が必要である。また、室温における水素吸収平衡圧力が数十気圧とかなり高い。本発明による材料は、FeTi 中の鉄の1～15at.%をニオブで置換した材料で、加熱するような前処理なしに室温で容易に水素化し、しかもその際の水素吸収平衡圧力が10気圧以下という優れた特性を有しており、大型貯蔵容器あるいは大型蓄熱器に使用する水素貯蔵材として適している。

◆短 信◆

●人事異動 昭和56年12月31日付

退職 牧口利貞（筑波支所長）

昭和57年1月1日付

昇任 筑波支所長 鈴木正敏（腐食防食研究部長）

併任解除 クリープ試験部長 鈴木正敏（腐食防食研究部長）

昇任 腐食防食研究部長 新居和嘉（腐食防食研究部第1研究室長）

〃 クリープ試験部長 横井 信（クリープ試験部第1試験室長）

通巻 第278号

編集兼発行人 荒木慎介
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