

極低温疲れ試験装置の連続運転に成功

——極低温構造材料の寿命予測にめど——

あらゆるガスが液体状態になってしまう極めて低い温度が今注目をあびている。この温度は絶対零度(0 K, -273.2°C)にあと4度余りのところであり、液化したヘリウムを使うことによって得ることができる。このような温度のもとでは日常我々が体験している温度では起こりえない特異な現象が認められる。その一つとして電気抵抗がゼロになる超電導現象があり、核融合炉をはじめこれを利用した大型機器の開発が、大規模に展開されている。

さて、これらの超電導機器を構成している構造材料も極低温にさらされ、さらに機器の稼働に伴い、繰り返し強い応力を受ける。機器が複雑かつ大型化するほど事故を防止するために、極低温における構造材料の高い信頼性が要求されるこ

とになり、その寿命を事前に予測することや寿命を高めることが今後ますます重要になる。

このたび、筑波支所に極低温下で構造材料が繰り返し応力を受ける際の寿命を調べるための疲れ試験装置が新たに設置され、国際的にも注目を集めている。極低温を得るための冷凍システムは、ヘリウム閉ループにより冷媒を供給し、再凝縮方式を用いた長時間連続運転に適したものである。本装置の全景を写真に示す。ヘリウムガスを用いて昇圧、精製、冷却を繰り返し行い、この春、100時間をこす液体ヘリウム中での連続疲れ試験に成功した。冷凍能力は4.4 Kで12Wあり、試験片からの発熱を見込んでも、充分ステンレス鋼やチタン合金などの材料試験を行うことができる。

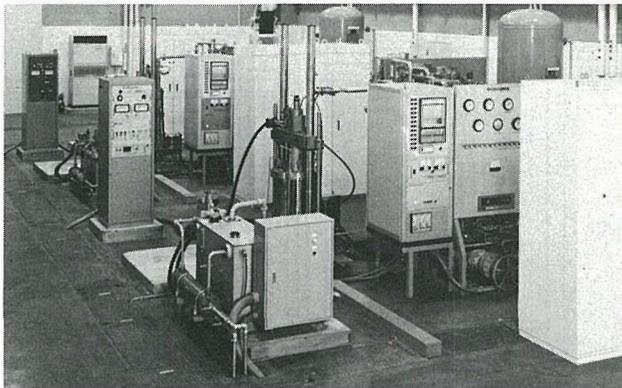


写真 極低温疲れ試験装置

極低温状態を長時間保つための新しい仕組み

——極低温利用技術の発展に道をひらく——

当研究所に設置した極低温疲れ試験装置では、長時間にわたって安定した極低温状態を保ち、液体ヘリウムの液面を一定に維持できなければならない。そのため閉ループ系で冷媒を循環させ、液体ヘリウムが外界に散逸しない再凝縮冷凍システムを開発した。

ヘリウム再凝縮方式とは図に示すようなもので、沸騰した薬罐の蓋を押えて冷却しておく、湯面から蒸発した水蒸気が蓋に当たり、冷却凝縮して水滴となり、湯面に戻され、ある圧力のもとでは湯面が一定に保たれるのと同じ仕組みである。ここでは、水蒸気の代わりにヘリウムガスが使われ、蒸発したヘリウムガスを液体に戻すことによって、最初にクライオスタットに注入した液体ヘリウム面を長時間一定に維持することができる。

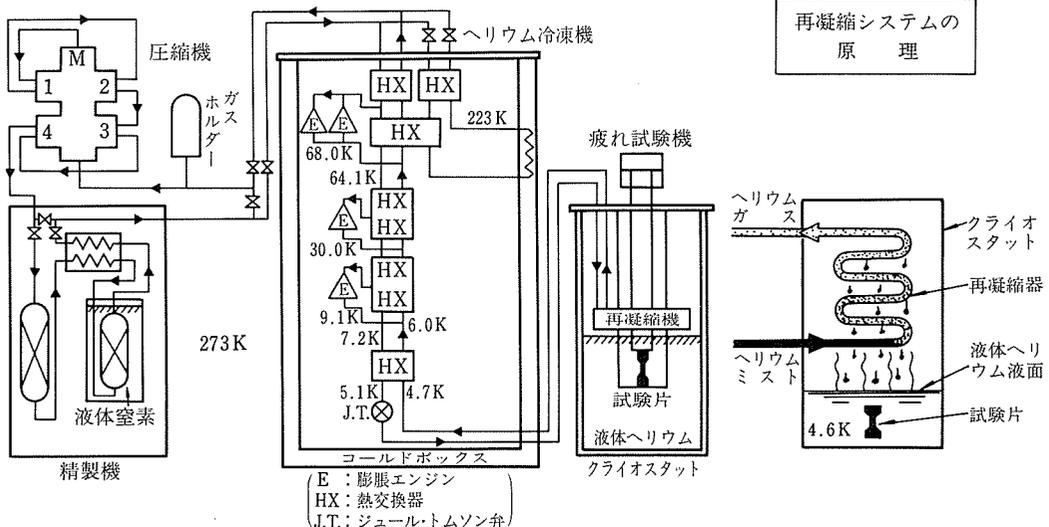
再凝縮器内の冷媒としては液体ヘリウムとヘリウムガスの混合したヘリウムミストを使う。ヘリウムミストを作るには、圧縮機によってヘリウムガスを16気圧まで加圧し、その中に含まれている空気成分、水分などの不純物を精製装置により徹底的に除去する。その後、真空によって外界と熱的に遮断されたコールドボックス内に納められた

冷凍機に導く。ヘリウムガスは冷凍機内で4台の膨脹エンジンと熱交換器により順次冷却され、最終的にジュール・トムソン弁によって液化される。ヘリウムガスの流れと冷凍機内部の各部分の定常状態における温度を図に示す。

このたびの実験では再凝縮方式により連続して長時間極低温が保持され、疲れ試験機のクライオスタット内の液体ヘリウムの液面の低下は、疲れ試験中においても全く認められなかった。その結果、本システムの実用性が実証され、今後、極低温下での各種材料の長時間にわたる疲れ特性を調べることが可能となった。試験機の容量としては、最大5トンまでの引張-圧縮の荷重をかけることができる。また、荷重の繰り返し周波数は0.01から50ヘルツまで選択できる。

この冷凍システムの特徴は、液体ヘリウムをクライオスタットにつき足すことなく、長時間安定した極低温を維持できることである。このような成果は、医療診断用のNMR-CT装置や磁気浮上列車などに用いられている各種の超電導磁石の冷却にも役立つと考えられ、極低温技術の普及に大きく貢献することが期待される。

極低温冷凍システムのヘリウムガスの流れ



高速増殖炉用ステンレス鋼溶接部の高温強度の信頼性向上を図る

高速増殖炉の圧力容器は厚さ約30～50mmの304ステンレス鋼製の溶接構造物であり、高温環境(500℃前後)下で約20～30年運転される。したがって、圧力容器の厚板溶接部の高温強度を評価し信頼性の向上を図ることは、高速増殖炉の安全性確保のために取り組むべき重要課題の一つである。

当研究所は、早くから高速炉圧力容器の溶接継手性能評価に注目し、これについて動燃事業団との共同研究を進めてきた。そして、昭和51年度からクリープデータシート試験計画の一部として304鋼溶接継手の長時間試験を行っており、既に約1万時間までのクリープ破断データシート〔No.32(1982)〕を刊行した。これらの継手で使用した溶接材料には、高温強度を高めるためにV、Ti、及びNbなどが微量添加してある。このため、母材と比べて、溶接部のクリープ破断強度はほぼ同程度とみなせるが、破断伸びについては、長時間側での低下が著しいことを指摘した。

さらに、高速炉では、設計段階において、クリープ変形を考慮した非弾性構造解析が義務づけられているため、クリープ伸びデータの取得と解析を進めている

(クリープ試験部)

鋼の表面処理に新機軸 極高真空の実現に役立つ

圧力 10^{-10} Pa以下の極高真空を容易に実現することができる真空容器の開発を目的として、ステンレス鋼内部からセラミックスを析出させ鋼表面をコーティングするという表面処理法を開発している。この方法は皮膜が剝離しても真空中で再加熱するだけで修復できるという自己修復機能を備えている。

内部から析出させるセラミックスとしては気体の付着力が小さい

といわれている窒化ボロンを対象として、18-8ステンレス鋼にボロンと窒素を添加した合金を溶製した。この合金を真空中で700℃以上に加熱すると鋼表面に窒化ボロンが析出した。表面に析出した窒化ボロン皮膜上には気体の付着はほとんどなかった。また、皮膜を削り取った後、真空中で再加熱すると再び析出皮膜が表面を覆った。この操作を十数回繰り返しても皮膜の修復能力は失われなかった。

(腐食防食研究部)

原子炉圧力容器の超音波探傷へ信号処理法を適用 検出性能と精度の向上に成功

原子炉圧力容器の非破壊検査は安全確保のうえから必要不可欠である。器壁の厚さは15～25cmもあるので、その内面に発生する傷の発見には超音波による探傷以外に適当な方法がない。しかし、容器内面には腐食を防ぐためにステンレス鋼の肉盛りがほどこされており、その粗大結晶組織によって超音波が散乱して雑音となるため、小さな傷の発見は困難である。

一方、近頃の情報処理用機器の進歩にはめざましいものがあり、大量のデータを高速で処理することが可能となった。

そこで当研究所では、超音波探傷信号を高速AD交換器によりデジタル信号に変え、これをマイクロコンピューターで処理して画像化、雑音除去などを行うことにより欠陥検出性能及び欠陥寸法測定精度の向上をはかっている。実験では180mm×70mmの断面内から70万点以上のデータを取得し、これに信号処理をほどこすことにより欠陥位置の特定が容易となり、また欠陥検出性能も向上できた。

(材料強さ研究部)

インコネル617中の炭化物の組成を確認

耐熱鋼などの開発にはNi基合金中の炭化物の組成を詳細に知る必

要がある。これまでに、X線マイクロアナライザー(XMA)により炭化物の組成決定を行ってきた。XMAの組成像を用いると原子番号効果によりTi(C,N)は黒、 $M_{23}C_6$ は灰色、 M_6C は白として識別できる。各炭化物の生成過程をみると、 $M_{23}C_6$ は熱処理で粒界に析出成長する。 M_6C は時効とともに粒界の $M_{23}C_6$ を食って粒界にオストワルド成長するものと、Ti(C,N)の周囲から成長するものがある。 $M_{23}C_6$ は M_6C に食われるものの、それ自身もオストワルド成長する。Ti(C,N)は最初から存在している。それぞれを前記の識別像により、XMAにより点分析した。実験結果の一例を示すと、1000℃、1000時間の $M_{23}C_6$ の組成は、 $Cr_{17.94}Ni_{1.74}Mo_{2.63}Co_{0.56}Fe_{0.07}Ti_{0.02}Al_{0.00}Si_{0.01}C_6$ であった。

(金属化学研究部)

ICP発光分光法により Nb含有銑鉄分析の 迅速化をはかる

ICP(誘導結合プラズマ)発光分光分析法は高温のプラズマを光源とする発光分光分析法で、次のようなすぐれた特徴をもっている。
①高感度である。
②同一条件で主成分から微量成分までの多元素同時定量が可能で、化学分析の迅速化と省力化に寄与する。
③元素間の妨害が少ない。
④検量線の直線範囲が広い。
⑤定量用の標準には合成溶液を用いることができる。

ICP発光分光分析法を用いて、当研究所で行っている日中共同研究(Nbを含む銑鉄の新製錬技術)に関連して、Nb含有銑鉄中のNb、Mn、P、S、Tiの定量法を確立した。

また、ICP発光分光分析法は、標準合金試料の入手が困難な研究開発中の金属材料、例えば、航空宇宙材料、原子力材料、超電導材料などの分析に強力な手段となることが期待されている。

(金属化学研究部)

【特許紹介】

熱間ダイス鋼

発明者 渡辺 敏, 中島宏典

公 告 昭和56年4月25日 昭56-18072

特 許 昭和57年12月14日 第1126106号

熱間ダイス鋼は本来焼入性のすぐれた鋼種であるが、大形の金型やダイスに用いられる場合には焼入性が不足し、内部にかなりの不完全焼入組織を伴っている。このような不完全焼入組織は型の

使用中における破損あるいはヒートチェックの発生による寿命の減少の主な原因となる。このためさらに焼入性のすぐれた鋼種が求められている。

本発明は、通常の熱間ダイス鋼に対して、安価なマンガンの含有量を高めるだけでその焼入性を飛躍的に向上させ、不完全焼入組織の発生を防止するものである。例えば、空冷で中心部まで完全に焼入れできる丸棒の直径は、JIS SKD 6鋼の40 cmに対して、本発明による鋼では容易に150 cmに増大する。

【出願公開発明の紹介】

磁性粉末の粒径分別法 特公開昭57-29811

昭和57年9月6日

本発明は、流体中を運動する磁性粉末混合物に磁場を作用させ、該磁性粉末の運動軌跡を変化させることにより粒径分別を行うことを特徴とする磁性粉末の粒径分別法である。従来法である篩分け法や浮遊分離法などによると、分別可能な粒径は数 μm 以上であり、平均粒径が1 μm 以下の磁性体超微粒子のみを分別するのが不可能である。これに対し、本方法によると、最大粒径50 μm 以下の磁性粉末中より平均粒径1 μm 以下の磁性体超微粒子を分別捕集する上に優れた効果がある。

超強力マルエージ鋼の 特公開昭57-161049
製造方法 昭和57年10月4日

本発明は、Ni 3~20%、Co 5~25%、Mo 5~17%、W 20%以下、Ti 4.5%以下、Al 2.5%以下、

残部鉄及び不純物よりなる超強力マルエージ鋼を、1100℃以上の溶体処理温度に加熱した後、当該温度から1000℃までの温度で熱間加工し、1000℃から900℃まで温度では加工を中断して空冷し、900℃以下の温度で2回以上の加工により50%以上の加工度を与え、更に常温以下の温度に焼入れることを特徴とする超強力マルエージ鋼の製造方法である。

従来法では、1100℃以上の溶体化処理温度に加熱した後、冷却過程で連続的に加工する加工熱処理法が適用された。この処理では1000~900℃の区間での加工で多量の粗大な析出物が生じる。そのため、低応力破壊が発生し、高強度を得ることができなかった。これに対し、本発明によって製造された鋼は350 kgf/mm²を超える引張強さが得られ、高比強度と靱性を必要とする機械構造物などへの利用が期待される。

◆短 信◆

●海外出張

佐藤 彰 工業化研究部第1研究室長

日中科学技術協力による共同打合せのため、昭和58年6月1日から昭和58年6月15日まで、中華人民共和国へ出張した。

太田昭彦 疲れ試験部第2試験室長

金属材料の疲労強度評価に関する研究調査のため、昭和58年6月4日から昭和58年7月3日まで、イギリス、フランス、西ドイツ、スイス及びノルウェーへ出張した。

尾崎 太 工業化研究部主任研究官

第23回国際分光学会議に出席のため、昭和58年6月24日から昭和58年7月3日まで、オランダへ出張した。

通巻 第296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)