

金材技研 1979

科学技術庁

NO.3

ニュース

金属材料技術研究所

高温疲れ強さのデータシート

原子力、火力発電プラントや化学プラントなど高温下で使用される機械、構造物においては、装置の起動、停止に伴う大きな繰返し変形による低サイクル疲れ破壊や、稼動時の繰返し荷重による高サイクル疲れ破壊が起らぬように設計しなければならない。それにはあらかじめ使用材料の疲れ特性を知っておく必要がある。そのため**疲れ試験部**では国産の実用金属材料について基準的な疲れ特性を求め、データシートを作成する業務を進めており、そのサブテーマの一つに高温疲れ強さのデータシートの作成がある。そこでは、高温における疲れ強さが問題となる材料に対して、その材料の使用状況に応じ、回転曲げによる高サイクル疲れ試験、両振り引張圧縮による低サイクル疲れ試験の両者もしくはいずれかに重点を置いた試験を行っている。これらの結果は、高温で使用される機械、構造物の設計、製造にあたって材料の選択や十分な安全性を確保するための基礎データとなり得るものと考えられる。

本年度からデータシートの刊行が始められたが、ここでは一例として“タービンブレード用ステンレス鋼 SUS 403-B (12Cr) の高温高サイクル疲れ特性のデータシート”(金材技研疲れデータシート No. 6, 1978) の内容を紹介する。

タービンブレード用として商用に製造、熱処理されたマルテンサイト系ステンレス鋼 SUS 403-B を供試材とし、平滑試験片と応力集中係数が 2.0 または 3.0 の環状切欠試験片に対して繰返し数 10^8 回までの回転曲げ疲れ試験を行った。疲れ試験

は大気中で、回転速度 125 Hz、試験温度は室温、300, 400, 500, 600℃で行った。データシートには疲れ試験の結果が数値と図で示されている。図は平滑試験片に対する S-N プロットをまとめたものである。500, 600℃では 400℃以下の場合と違って、応力振幅の低下に伴い破壊までの繰返し数が漸増する S-N 関係になり、明りょうな耐久限は認められない。同様な結果が切欠試験片についても得られた。データシートには疲れ試験の生データの他に、材料の履歴、化学成分、高温引張りなどの機械的性質及びクリープ破断試験の結果(クリープ試験部の協力による)などが記載されている。これらの試験結果の解析や検討は並行して行っており、その結果は別途公表していく予定である。

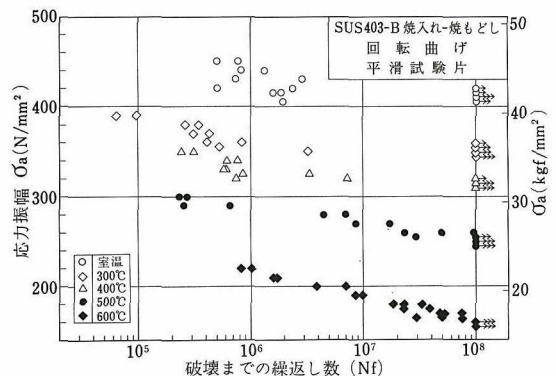


図 SUS 403-B 鋼平滑試験片の S-N プロット

減圧下で溶融・凝固させた金属中の気孔生成について

溶融した金属はその種類によって程度が異なるが一般に水素、窒素、酸素等のガスを溶解する性質をもつ。この溶融金属中に溶解したガス成分は、金属材料の機械的性質や化学的性質の改善に役立つ場合のある反面、金属材料に脆化、割れ、気孔などの欠陥を生じさせ、その健全性を著しく阻害する原因となる場合がある。

これら溶解ガスに起因する欠陥のうち、特に気孔は、溶融金属中に溶解したガスそのものが直接的に関与して生ずる欠陥であり、溶解・ casting、溶接などのように、金属材料を溶融・凝固させた場合に見られる最も一般的な欠陥の一つである。

金属化学研究部では、「金属-ガス反応の物理化学的研究」の一環として、この凝固金属中に生じる気孔の生因、気孔生成におよぼす諸因子の影響などについて系統的な研究を行なっている。

凝固金属の気孔生成現象は金属の、① 溶解方法(アーク溶解および非アーク溶解)、② ガス溶解度曲線の型、③ 冷却・凝固速度、④ 凝固時の雰囲気気圧力、などによって著しい影響を受けるものである。

ここでとくに、金属凝固時の雰囲気気圧力が気孔生成におよぼす影響は、真空鑄造や電子ビーム溶接した金属に著しく気孔が発生しやすいことと密接な関連がある。そこで今回は、気孔生成現象が凝固時の雰囲気気圧力によってどのような影響を受けるかについて調べた結果を紹介する。

写真は、窒素濃度約70ppmの純鉄を浮揚溶解法(非アーク溶解の一種)により溶解し、種々の雰囲気気圧力で急冷凝固させた試料のX線透過写真の

一例である。

写真にみられるように、凝固試料の気孔発生状態は、同一窒素濃度においても凝固時雰囲気気圧力によって大きく影響されることがわかる。

図は、このような凝固試料の気孔生成の有無と窒素濃度および凝固時雰囲気気圧力の関係を示したものである。

同図より、凝固純鉄中に気孔を生成するために必要な最小の窒素濃度(気孔生成の臨界窒素濃度; 図中実線)は、凝固時雰囲気気圧力に強く依存するが、その依存の仕方は凝固時雰囲気気圧力が約10 Torrを境にして異なっていることがわかる。すなわち、凝固時雰囲気気圧力が約10 Torr以上では、気孔生成の臨界窒素濃度は雰囲気気圧力の $\frac{1}{2}$ 乗に比例して変化している。一方、約10 Torr以下では、気孔生成の臨界窒素濃度は雰囲気気圧力に関係なくほぼ一定の値(40ppmN)となっている。

このような減圧下における気孔生成現象を物理化学的に検討した結果、気孔生成の臨界窒素濃度が凝固時雰囲気気圧力によって変化する原因は、溶鉄中に窒素ガスによる気泡を形成するための条件が雰囲気気圧力によって影響を受けるためであることが明らかとなった。

この研究の結果は、直接的には真空鑄造や電子ビーム溶接において、気孔のない健全な製品を得るためのガス成分(窒素)制御に指標を与えるものであるが、一方では真空溶解時の脱ガスの目標値を示唆しており、真空冶金技術への参考になるものと考えられる。

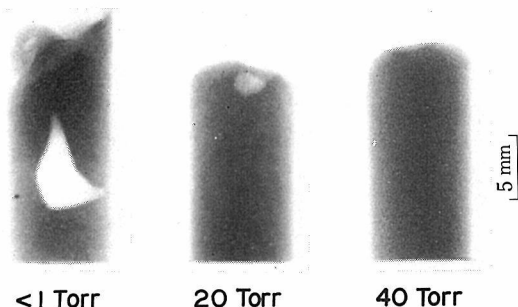


写真 雰囲気気圧力と気孔発生状態の関係

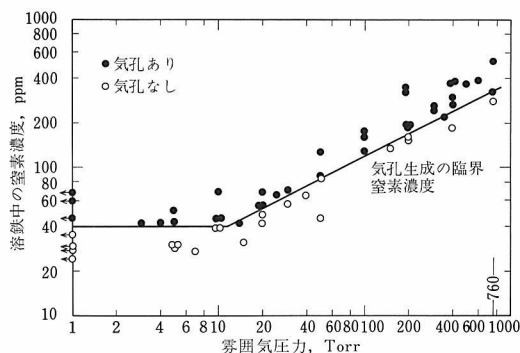


図 純鉄の気孔生成におよぼす窒素濃度と雰囲気気圧力の関係

高温高压下における金属材料の機械的性質

金属材料の状態は温度と圧力によって変化する。機械的性質も当然変化し温度の影響についてはよく調べられているが、圧力による変化についてはまだよくわかっていないことが多い。

そこで**金属加工研究部**では高温高压下において種々の材料の曲げ試験を行い、変形や破壊の挙動に及ぼす温度、圧力の影響の検討を行っている。実験に用いている装置についてはすでに紹介した(金材技研ニュース, 1976, No 3)のでくわしい説明は省略するが、圧力媒体にアルゴンガスを用い、最高1000℃, 1000MPaまでの任意の温度、圧力中で曲げ試験を行うことができるものである。試験片は最高50本まであらかじめ装置内にセットされ、温度あるいは圧力をかえながら次々と試験を行うことができる。

図は実験結果の一例で、6%Al, 10%Siを含むFe-Al-Si合金(センダスト)の曲げ荷重-たわみ線図である。図中の数字は試験温度(℃)を示している。この材料は室温、大気圧下ではきわめてもろいが、大気圧下(0.1MPa)では約800℃, 800MPaでは約700℃以上の温度で変形が可能になる。材料が破壊する時の曲げ荷重は静水圧下の方が高く、この方がこわれにくくなることを示している。温度が十分高くなれば材料は大きく変形できるようになり、900℃では荷重-たわみ線図は大気圧下、高静水圧下でほとんど同じになる。このことは材料の変形のしやすさは周囲圧力によってあまり変化しないことを示している。

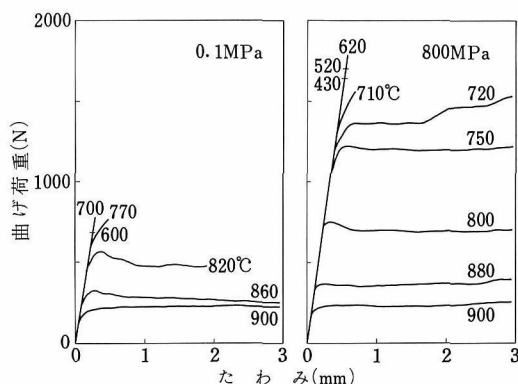


図 3×3×20(mm)の試験片を用い、スパン長15mmで3点曲げ試験を行ったときの曲げ荷重-たわみ線図

次に、大気圧下, 860℃で変形させた材料を見ると写真に示したように多くのクラックが結晶粒界に発生しているが、800MPa下で変形させた場合にはこのような粒界クラックの発生は認められない。すなわち、一般の金属多結晶の高温において見られる粒界破壊も高静水圧下では生じにくくなる。

変形のしやすさに関しては、すでに室温の場合について詳細な検討を行いその静水圧による変化は一般にはあまり大きくないことを明らかにしてきたが、この従来の結論は高温の場合にもあてはまると考えられる。一方、高静水圧下における破壊のしにくさは、低温では材料の表面に存在するクラックなどの形状的な欠陥に関連し、高温では表面に出ている結晶粒界などの存在に関連するものと考えられる。特に高温での粒界破壊を阻止するためには、材料のその温度における変形応力程度の静水圧を付加すればよいことなどが見出されている。

このような変形と破壊の挙動に対する静水圧の影響は他の種々の材料についても確められつつあり、一般的なものといえよう。現在はいこれらの現象についてさらに総合的な検討を行っている。

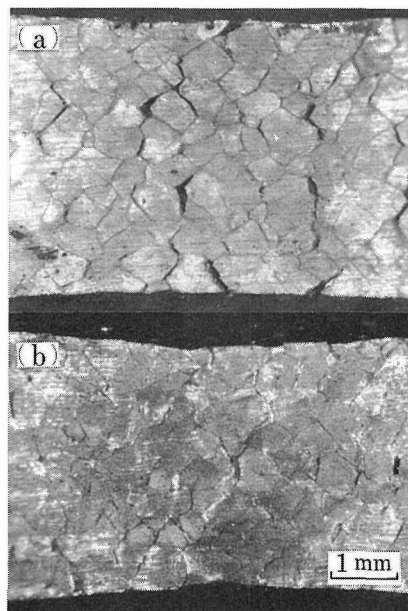


写真 0.1MPa, 860℃(a)及び800MPa, 720℃(b)で変形した試料の表面、水平方向が引張り方向

【出願公開発明の紹介】

金属の冷間圧延法

特公開昭53-21065

昭和53年 2月27日

冷間圧延した金属の表面は内部と異なり特異な組織をもつため、油を潤滑剤として使用し、表面の特異な組織を制御しているのが普通である。しかし本発明は、油を用いるかわりに被圧延金属と圧延ロールとの間に紙または熱可塑性プラスチックフィルム等の固体膜を介在させて、被圧延金属の表面特異集合組織の発達を制御する冷間圧延法である。

水中溶接物の熱処理法

特公開昭53-31542

昭和53年 3月24日

水中で溶接を行うことは、大気中での溶接に比較し、加熱、冷却が急激に起るため溶接割れが生じやすい。本発明では溶接と同時に、または溶接後に溶接部に平行に金属帯をビード溶接し、この熱により溶接部を加熱して上記溶接割れ等の欠陥発生を防止する。

鉄鋼の塗装下地処理方法

特公開昭53-31533

昭和53年 3月24日

さびた鉄鋼の塗装に際しては、ブラストにより除錆を行う必要があるがブラストが活性であるため塗装前に大気中の湿気でさびを生じてしまう。

本発明ではホウ素のオキシ酸、又はポリホウ酸塩を主成分とした化成処理剤を用いる下地処理法である。

Ni基耐熱合金

特公開昭53-35621

昭和53年 4月3日

火力発電やジェットエンジンのガスタービン等は使用温度が高いほど熱効率が高くなるため、より高温に耐えうる耐熱材料が求められている。本発明は γ 相、 γ' 相及び少量の炭化物とほう化物からなるNi基合金に関するもので、優れた高温クリープ特性を有す。

純粋な結晶性硫化カルシウムの製造法

特公開昭53-35695

昭和53年 4月3日

溶融金属やガス中の硫黄濃度を測定するために純粋な結晶性の硫化カルシウムが必要とされるがこれまでの製造法では不純物の混入が避け難いものであった。本発明は硫化カルシウムを硫化カルシウム製のるつばを用いて不活性ガス中で焼結することによって純粋な結晶性硫化カルシウムを製造する方法である。

電気接点材料

特公開昭53-51128

昭和53年 5月10日

制御器、自動車部品、家電など様々な分野で使用されている接点材料のうち中負荷用の接点材料としては銀-酸化カドミウム合金が用いられているがカドミウムの人体への影響から製造工程上に様々な対策を施さなくてはならない。本発明はカドミウムに換え亜鉛、テルル、インジウム等の酸化物を含有させた銀基電気接点材料に関するものである。

鉛の電解製錬法

特公開昭53-52235

昭和53年 5月12日

主に硫化鉛の形で産出する鉛は、浮遊選鉱、ばい焼、還元等各工程を経て製錬されるが工程が複雑であるばかりでなくばい焼工程では鉛が煙灰となって四散するなど環境保全上の問題が少くない。本発明は硫化鉛精鉱を直接電解して鉛を得る方法に関するもので工程の単純化、電解能率向上などの利点を有し、しかも環境汚染を防止できる。

粉鉄鉱石等の流動還元装置

特公開昭53-61512

昭和53年 6月2日

鉄鉱石、金属酸化物の粉末を還元ガス中を通してさせることによって還元する流動還元法においては、粉粒体の移送方法によって還元能率が左右される。本発明は多段に構成した流動室を特殊な形状の窓を有する分離板で仕切ることにより還元能率を著しく向上させる装置に関するものである。

◆ 短 信 ◆

● 海外出張

黒沢勝彦 腐食防食研究部研究員

自然環境における金属の腐食防食に関する研究調査ならびに打合せ、討論のため昭和54年 2月18日から昭和54年 3月19日までインド国へ出張した。

通巻 第243号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 保 坂 彬 夫
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)

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