

研 技 材

1962

科学技術庁

NO.3

ニ ュ ー ス

金属材料技術研究所

40ton 繰返し定歪高温疲労試験機

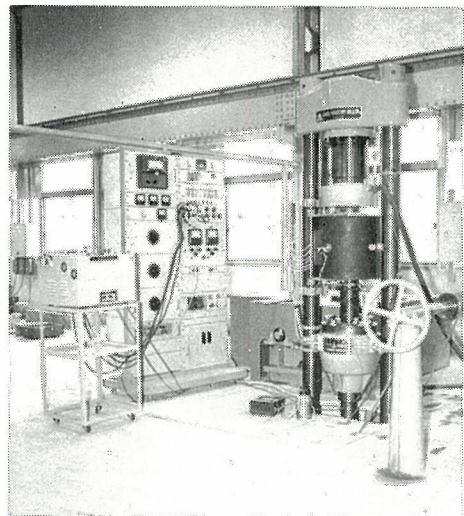
高温高压の原子炉用压力容器あるいは冷却器および動力発生系の諸導管並びに火力発電用ボイラーの過熱管などには多くの溶接継手部分がある。これら溶接部は高温での使用中に起こる温度変化、不均一な温度分布および材質の熱膨脹差などにより複雑な熱応力が発生し、この繰返しによって、いわゆる熱疲労破壊をひき起こす。通常熱疲労試験は温度変化を伴ない、熱疲労破壊の発生条件を根本的に解明するには非常に複雑であり試験も非常に長時間にわたる。本試験機は溶接継手試験片を一定の高温下におき、熱応力に相当した一定歪を繰返し与えて試験を行ない熱疲労試験の迅速化を図り、これによる結果と先に当研究所で試作した80ton両端固定熱応力試験装置による結果とを総合検討し、熱疲労破壊の発生条件およびき裂の進展状況を根本的に究明し、その防止法を確立するためのものである。

本試験機は本体、加熱装置、変速装置、一定歪設定装置および記録装置からなっている。写真は試験機全体を示したものである。また図は本試験機で使用される溶接継手試験片の形状寸法を示したものである。

試験片標点間の伸びを差動式歪計で計測し、これがあらかじめ設定された一定歪に達すればリレー方式で変速装置内にある逆転機構を作動させる。このようにして繰返し一定歪を試験片に与えることができる。

本試験機の主要な仕様は下記の通りである。

- (1) 負 荷 方 式：引張，圧縮，引張圧縮
- (2) 最 高 荷 重：±40t



40ton 繰返し定歪高温疲労試験機

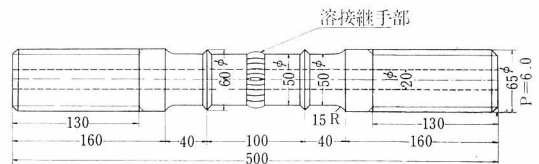


図 溶接継手試験片形状寸法

- (3) 最高加熱温度：900°C
- (4) 定歪設定範囲： $5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-2}$
(G. L=100mm)
- (5) 歪サイクル：10, 1, 0.4cpm
- (6) 記録装置：2ペン式レコーダーで荷重と歪を同時に記録できる。

電子ビーム溶解したモリブデンの靱性

モリブデンは従来、粉末冶金法により製造されてきたが、モリブデンを構造材料として使用する場合には大型の鋳塊が必要となり、そのため真空アーク溶解法が考案され既に工業的に使用されている。また以上の二つの方法で作られたモリブデンの機械的性質は大差ないと報告されている。ところが、真空アーク溶解法よりさらに高真空中で溶解できる電子ビーム溶解法で溶解したモリブデンの性質が在来の粉末冶金法によるものに比べてどのように異なっているかは非常に興味ある問題であり、将来電子ビーム溶解法がどの程度モリブデン工業にとりいられるかに対する基礎資料の一つとなるものである。

そこで第5部原子炉構造材料研究室では電子ビーム溶解により靱性のあるモリブデン鋳塊を作り、それを加工した板の性質がどのようにであるかを検討してきたが、現在まで得られた結果の概略をここに紹介する。

溶解原料としては純度99.95%以上の粉末冶金用のモリブデン粉末を用い、加速電圧10KV、ビーム電流600mAで溶解を行ない15×8×200mm程度の鋳塊を作った。溶解時の真空度は $3\sim 5 \times 10^{-5}$ mmHg程度であった。

このようにして作った鋳塊の靱性を曲げ試験により検討した結果、モリブデン粉末のみを電子ビーム溶解しても酸素量は30ppm程度に減少するが非常にもろいことが分かったので少量の炭素を添加して脱酸を行なうことを試みた。初期の実験においては溶解が容易なように、炭素粉末を添加したモリブデン粉末をプレスし水素気流中で半焼結したものを使用したがこの方法は焼結中脱炭が起り脱酸に有効な炭素量が非常に減少することが分った。そこで半焼結を行なわずにプレスしただけのものを溶解することにより酸素量は10ppm以下となり靱性のある鋳塊が得られた。すなわち曲げ試験の結果により、0.04~0.08%の炭素を添加して電子ビーム溶解した鋳塊は常温では全く破断せず-73°Cの低温においてもかなりの靱性を有することが分った。

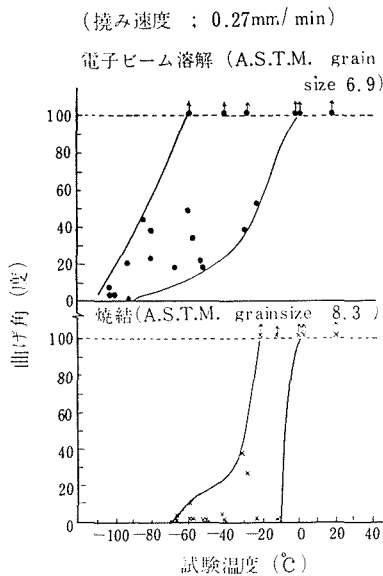


図1 曲げ試験結果

このようにして靱性のある鋳塊が得られたので、0.06%の炭素を添加して電子ビーム溶解した鋳塊を圧延して板とし、その性質を検討してみた。板の圧延は最初1000~850°Cで行なったが、100~200°Cの最終圧延工程において割れの発生が多いことが認められた。これは電子ビーム溶解したモリブデンの再結晶温度が低いためと考えられたので、つぎに圧延温度を800°Cに下げて行ない割れの発生を非常に少なくすることができた。

まず厚さ1mmに圧延した板から曲げ試験片を切り出し1300°C、30min真空焼鈍を行ない結晶粒度ASTM 7程度のものについて曲げ試験を行なった。また、比較試料としての焼結モリブデンは1300°C、1hrの焼鈍を行ない結晶粒度ASTM 8程度のものを用いた。その結果は図1

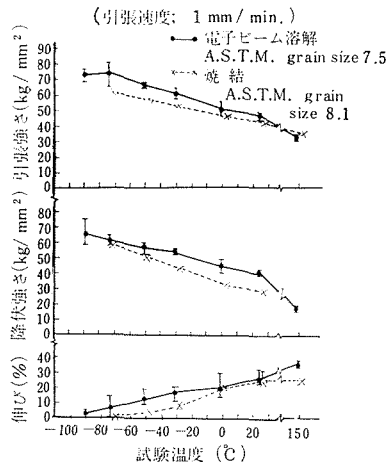


図2 引張試験結果

に示すようで、電子ビーム溶解したものは-100°C付近まで塑性変形を示すが、焼結したものは-70°C近くではほとんど曲がらずに破断している。

つぎに、厚さ0.3mmの板から引張試験片を切り出し同様な条件で再結晶させ、引張試験を行なった。その結果は図2に示すようで、電子ビーム溶解したものは-90°Cにおいても4%程度の伸びを示すが、焼結したものは-73°Cにおいてほとんど塑性変形を示さず破断している。この結果は曲げ試験結果とよく一致しており、遷移温度の基準として塑性変形を全く示さずに破断する温度をとると、電子ビーム溶解したものは、焼結したものに対し結晶粒が大きいという不利な条件にもかかわらず30°C程度遷移温度が低いと考えられる。

最後に、溶接部の強度を調べるために、厚さ1mmの板に電子ビーム溶接機で溶融部を作り、その部分について曲げ試験を行なってみた。その結果、焼結モリブデンはガス孔が多く全く塑性変形を示さず破断するのに対し電子ビーム溶解したものは曲げ角が30~50°であった。

以上が現在まで得られた実験結果の概略であるが、モリブデンは適当な条件で電子ビーム溶解することにより靱性のあるものが得られ、粉末冶金法によるものに比べ遷移温度は低く、かつ溶接性も良くなるということが分った。

珪化物サーモエレメント

近年、金属珪化物はサーモジェネレーターのエレメントとして、その熱電的性質の上からもまた耐熱性の上からも優れていることが指摘され注目され始めた。

第9部金属酸化物研究室では、約二年前からすぐれたサーモエレメントを見出す目的で、系統的に金属酸化物並びに珪化物の熱電的性質をしらべて来た。そこで、現在までに得られた研究成果を基礎として、金属珪化物を利用したサーモジェネレーターを試作した。

サーモジェネレーターでは、熱エネルギーがサーモエレメントにより直接電気エネルギーに変換される。

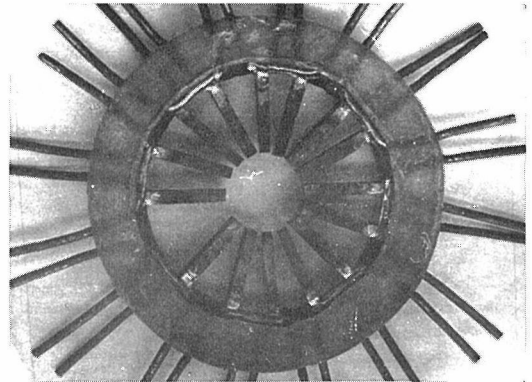
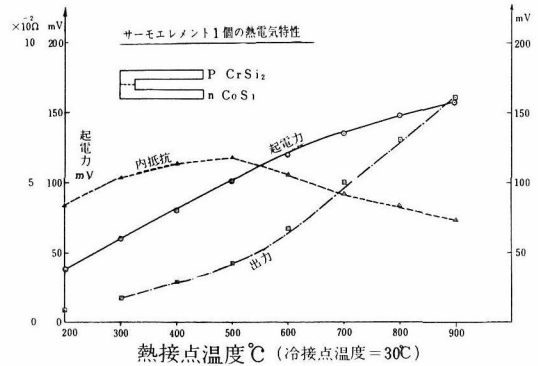
サーモエレメントに要求される性質は、(1)熱起電力係数の大きなこと、(2)電気伝導度の大きなこと (3)熱伝導度の小さいこと (4)耐熱性の大きなことの4つであろう。これらの性質は、与えられた材料について独立に制御することはできないので、ある最適値で使用することになる。理論的に、このような最適値が高い変換効率を与え、実用に適するサーモエレメントとなる材料はイオンの性格を若干含んだ共有化合物に属する一群の物質であることが予測される。PbTe, Bi₂Te₃, PbSe, Bi₂Se₃等カルコゲン化合物は、現在実用されているもっともすぐれたサーモエレメントである。しかしながら、カルコゲン化合物は一般に融点が低く、耐熱性の上からサーモジェネレーターとして用いる場合には必ずしも好ましくない。一般にサーモジェネレーターの効率は動作温度の上昇とともに増大する。珪化物系サーモエレメントは、材料の性能指数の上ではカルコゲン化合物に劣るが、その耐熱性の故に急速に発展した材料である。比較のためにカルコゲン化合物系サーモエレメントと珪化物系サーモエレメントの熱電特性を表に示す。

物質	シリサイド系化合物	カルコゲン化合物
熱起電力	150~300 μ v/deg	200~300 μ v/deg
比抵抗	$\sim 10^{-4} \Omega\text{-cm}$	$10^{-3}\sim 10^{-4} \Omega\text{-cm}$
熱伝導度	$\sim 10^{-2} \text{W/cm}^2\cdot\text{sec}$	$\sim 10^{-3} \text{W/cm}^2\cdot\text{sec}$
耐熱温度	1200~1300 $^{\circ}\text{C}$	600~800 $^{\circ}\text{C}$

珪化物系サーモエレメントの最も大きな欠点は熱伝導度がカルコゲン化合物の場合より約1桁大きいことである。熱伝導度を下げる目的で、その他の熱電的特性をそこなわない適当な中性不純物のドーブや同形固溶体を作る方向に研究が進められている。

今回試作した一対のサーモエレメントの構造お

よびその熱起電力、内部抵抗、最大出力の温度変化特性を下図に示す。このサーモエレメントはp型分枝としてCrSi₂を、n型分枝としてCoSiを使用している。これらの分枝材料は、それぞれの金属と対応する量の珪素をアルゴンアーク溶解するか又は、水素あるいはアルゴン雰囲気中で焼結して合金化し、つづいて粉末成型してつくられた。



写真にこれらのエレメント15個を用いて作ったサーモジェネレーターの構造を示す。出力は2~3ワットで効率は10%程度に達する。

金属珪化物の機械的・化学的性質に関する粉末冶金研究室田村博士の詳細な研究に基づいて上記の材料をサーモエレメントとして実用化する場合に考慮しなければならぬ諸問題を克服すべく更に研究が進められている。

サーモジェネレーターの用途としては、

- 1) 小容量の発電機 (出力対重量比に重点をおく。)
- 2) 高温熱機械の排熱の利用
- 3) 原子力直接発電および原子力電池 (放射性同位元素を半永久高熱源とする。)

等があげられるが、材料、特性、価格などに今一段の改善が要求される。

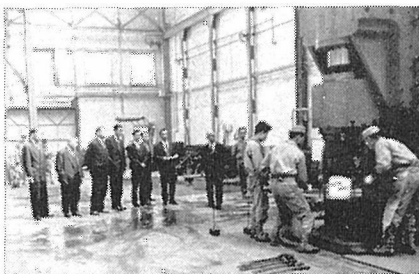
★月例所内研究報告会

3月6日(火), 8日(木)の両日にわたり, 下記のとおりに行なった。

- 鋼中の非金属 inclusion の同定とそれから得られる諸問題
第1部鉄鋼研究室 内山技官
- 各種バネ鋼の恒温変態について
第1部熱処理研究室 星野技官
- Ni-Cr ステンレス鋼の諸性質に及ぼす成分および組織の影響
第1部特殊鋼研究室 乙黒技官
- 低炭素鋼の機械的性質に及ぼす熱処理と添加元素の影響
第1部特殊鋼研究室 吉松技官
- 60Cr-30Fe-10Mo 合金の再結晶について
第1部耐熱合金研究室 吉田技官
- マンガンによる N-155系合金の鍛造性改善について
第1部耐熱合金研究室 吉田技官
- 五塩化タンタルのマグネシウムおよびナトリウムによる還元
第3部金属化学研究室 大森技官
- 高純度クロム中のアルミニウムの定量
第3部金属化学研究室 川瀬技官
- 高純度クロム中のスズの定量
第3部分析化学研究室 小川技官
- Ni-Cr 系合金の高温における酸化膜について
第3部表面化学研究室 島岡室長
- X線マイクロアナライザーの金属特にその酸化層に対する応用
第3部表面化学研究室 鈴木技官
- 電子ビーム溶解したモリブデン加工材の靱性について
第5部原子炉構造材料研究室 有富技官
- マルテンサイト変態に及ぼす応力の影響
第5部原子炉構造材料研究室 細井技官
- 異なった疲労試験機を用いて得られた結果の比較について
第4部材料強度研究室 西島技官
- 丸棒の減衰測定法に関する研究
第4部非破壊検査研究室 木村室長
- スリット型拘束割れ試験の拘束応力測定結果について
第6部融接材料研究室 中村技官
- Ti-Al-Co 三元合金の加工性について
第7部非鉄金属研究室 辻本技官
- Ni-Al₂O₃ 型分散強化合金の焼結について
第7部非鉄金属研究室 高橋技官

★衆議院科学技術振興対策特別委員会委員の当所視察

前田正男委員長以下5名(自民党4名, 社会党1名)および事務局職員6名は, 午前9時40分から正午にかけて, 当所の研究施設および研究状況を視察した。



★ 研究報告の発行

材技研欧文報告第3巻第1号発行
80ページ, 掲載論文11篇, 2月28日発行

(通巻 第39号)
編集発行人 吉 村 浩
印刷 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1の10

★ 学位授与

- 第8部非鉄鉄錬研究室黒沢利夫技官は, 「気相反応によるチタンおよびケイ素の製造に関する二, 三の研究」の論文により昭和37年2月3日付で, 東北大学から工学博士の学位を授けられた。
- 第9部高純度金属研究室長山川和郎技官は, 「MK系異方性磁石合金に関する研究」の論文により昭和37年2月3日付で, 東京大学から工学博士の学位を授けられた。
- 第8部鉄製錬研究室長郡司好喜技官は, 「製鉄製鋼反応におけるマンガンと酸素の関係について」の論文により昭和37年2月12日付で, 東北大学から工学博士の学位を授けられた。
- 第9部酸化金属研究室長坂田民雄技官は, 「ニッケル-コバルト系二価酸化物における二価のイオンのふるまいとその電気伝導特性」の論文により昭和37年2月12日付で, 東北大学から理学博士の学位を授けられた。

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300番地
電話目黒(712)3181(代表)