

### 原子炉用バナジウム合金

次代の原子炉の期待を担って開発が進められている高速増殖炉は、その実用化が昭和60年代であろうと予想されているが、その実現を左右する重要な課題の一つは燃料被覆管材料の開発であるといわれている。

高速炉の燃料被覆管は直径が約6mm、肉厚がわずか0.3mmの極薄肉細管で、在来の熱中性子炉に比較して、炉の最高温度が650~700°Cと高いこと、中性子照射量が $10^{23}$ 中性子数/cm<sup>2</sup>にも達すること、冷却材が液体ナトリウムであること、熱出力密度が高いことなどの点できわめてきびしい条件下に曝される。このため、被覆管材料としては成形加工性、高温機械的性質、溶接性などの高温構造材料としての諸性質だけでなく、核特性、耐中性子照射損傷、耐ナトリウム腐食性などの点で総合的に優れたものでなければならない。

原子炉材料研究部ではこのような要求を満たす燃料被覆管用材料を開発する目的で、バナジウム合金の溶解、加工、機械的性質、溶接性、耐酸化性などについて研究を行なっている。バナジウムは高温で蒸気圧が高く酸素との親和力が強いので溶解法の違いによってその性質は影響を受ける。図は純バナジウムの電子ビーム溶解法とアーク溶解法とについて溶解歩留りと硬さを比較した一例である。図のように、電子ビーム溶解法では精製効果はあるが歩留りが低く、アーク溶解法では歩留りは高いが汚染による硬化が著しい。このため

アーク溶解—電子ビーム溶解の組合せが精製効果と歩留りの点でもっともよい。

バナジウム合金については固溶強化による高温強さの向上と液体ナトリウム中の耐食性の改善を目的として、Mo, Cr, Fe, Al, Nb, Ta, Zr などを含む二元系および三元系合金の高温機械的性質を検討中である。二元系合金についてみれば700°Cにおける降伏応力の増加が著しい添加成分はFe, Taで、次いでNb, Mo, Cr, Alの順であった。一方、加工性はNb, Ta, Al, Mo, Cr, Feの順に低下し、高温強さと加工性の点からTa, Nbの添加がもっとも有効であることがわかった。

今後これらの結果をもとに、より性質の優れた多元系合金への発展を試み、さらに、材料の耐ナトリウム腐食性や中性子照射による影響など広範囲の設計データの蓄積を計って、上記の諸性質に優れた合金の開発を推進する計画である。

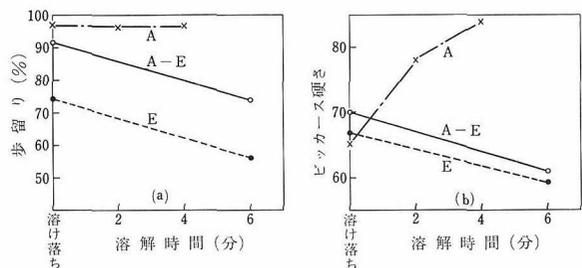


図 バナジウム鋳塊の歩留り(a)とビッカース硬さ(b)におよぼす溶解時間の影響。A:アーク溶解, E:電子ビーム溶解, A-E:アーク溶解後電子ビーム溶解。

## 金属の加工硬化

加工硬化は金属材料に靱性という実用的に極めて有用な性質を与える一つの重要な要素である。金属物理研究部では、過去数年以上にわたり、金属材料の加工硬化の基礎的な面を正しく理解していくために、金属および合金単結晶の変形曲線の系統的な測定をおこなってきた。これと同時に、変形した単結晶の中の転位配列や、変形中の転位の動きの電子顕微鏡による直接観察を含む多くの実験を積み重ねてきた。これらの実験事実をもとにして、すでに単結晶の加工硬化理論に関する二、三の提案をおこなってきた。さらに、これらの基礎の上にたつて、最近、引張り試験という一つの単純な条件下における、純粋な単結晶の各種の変形曲線を統一的に理解することのできる一つの理論を完成した。

この理論では、直線的な転位は無限小の分解せん断応力で動けるといふ、理想的な場合について考えている。そして、加工硬化した結晶の強度は、結晶内で二つ以上のすべり系の転位で形成される力学的に安定な転位配置をもつセル境界によって与えられている。さらに、セル境界の幾何学的な構造に関する実験事実、一次すべり系は不連続的に働くという仮定、およびセル境界の中では正負の刃状転位は自己拡散によって消滅するという仮定の上になつて、一つの数学モデルとして組立て

られている。このモデルは、現実の引張り試験と同じ条件のもとで数値的に解くことができ、実験で得られる変形曲線と直接比較することができる。

これらの結果の一例として、計算で得られた荷重-伸び曲線の温度による変化を図1に示した。高温になると小さなひずみ量で荷重が一定値に近づくのは、硬化とその回復が平衡することを示している。他の一例として、25%伸ばしたところで変形を止めたあとの応力緩和曲線を図2に示した。この理論ではふつうのクリープ曲線はもちろん、さらに荷重あるいは温度が変動するときのクリープ曲線も求めることができた。その結果、このモデルでは、現実の結晶の変形曲線のもついろいろな性質が非常にうまく表現されていることが確かめられた。

実験で得られる荷重-伸び曲線とクリープ曲線は一見全く違った性質を測定しているようにみえるが、実は、それは試験片に与えられる機械的な拘束条件が異っているだけで、原理的には一つのもを測定しているのを上述の計算結果ははっきりさせた。そしてこの考え方により、結晶の加工硬化、すなわち結晶塑性における一つの重要な問題が、測定手段とは無関係な結晶自体の性質として統一的にとらえることができるようになった。今後はさらに、合金硬化、結晶粒界の

強度に対する影響、繰返し変形の際の加工硬化などについても、同様な考え方で変形曲線を作り上げていき、実用材料の問題にまで適用できるようにする予定である。

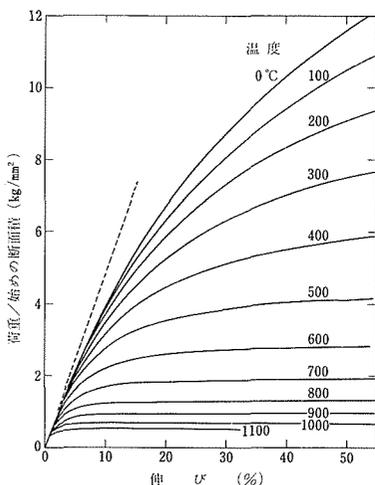


図1 荷重-伸び曲線

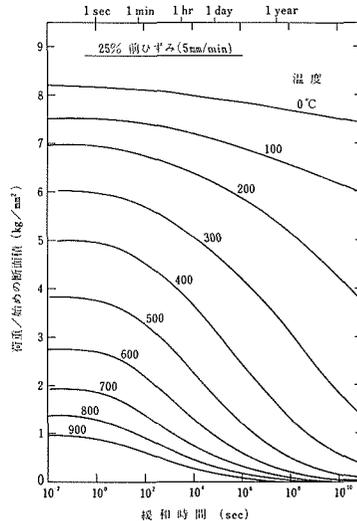


図2 応力緩和曲線

## 高速中性子モニターのための $\alpha$ 線測定装置

近来、可搬型の中性子発生装置が開発され、工業的な工程管理の放射化分析の装置として用いられるようになった。

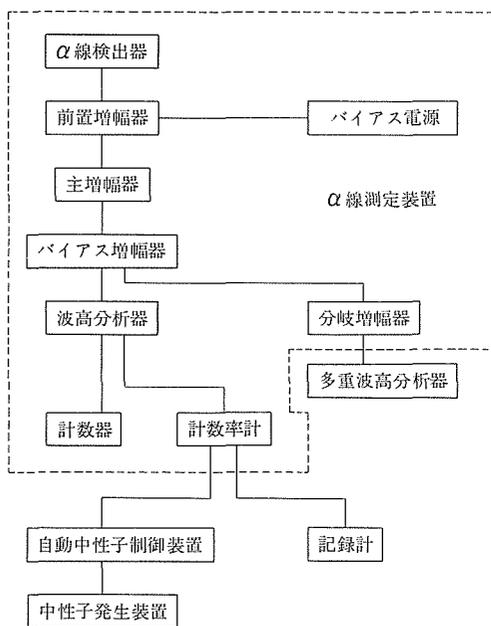
この装置の欠点としては中性子束の変動の大きいことがあげられるが、現在はその補償の方法として、電子回路を用いる方法、重陽子加速高電圧の自動制御を行なう方法、また標準試料を同時に照射する方法などが用いられている。中性子を測定するには $\text{BF}_3$ カウンター、 $^3\text{He}$ カウンターのような中性子との核反応による方法、プラスチックシンチレーター中の高速中性子によるプロトンの反跳を利用する計数法がある。可搬型の中性子発生装置からの中性子の計数にはそのエネルギーが極めて高いので後者の方法が用いられてきたが、この方法は感度は良好であるが他の放射線、特に $\alpha$ 線も同時に検出する欠点があり、回路的に弁別する方法が考えられている。

また高速中性子が発生するときには $^3\text{H}(^2\text{H}, \text{n})^4\text{He}$ 反応で中性子と1:1で $\alpha$ 粒子が発生するので、この $\alpha$ 粒子を測定することによって間接的に中性子を測定することが可能である。この $\alpha$ 粒子

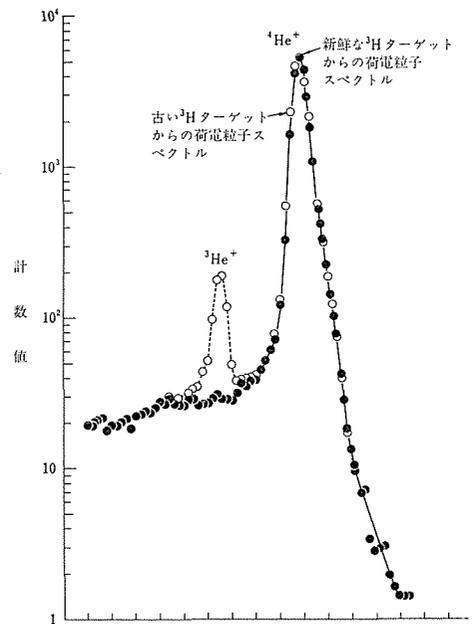
を比例計数管を用いて真空系内で $\alpha$ 粒子を測定している例があるが、この方法では特別なハウジングを要する欠点がある。小型の $\alpha$ 線測定用Si半導体検出器を使用するとこれらの点は克服できる。

またもう一つの問題としては、 $^3\text{H}$ ターゲットの消耗の問題があり、ターゲットが古くなるとそのチタン層に $^2\text{H}$ が蓄積されて、その $^2\text{H}$ と $^2\text{H}(^2\text{H}, ^3\text{H})\text{n}$ 反応で前のいわゆるD、T中性子よりも低いエネルギーのD、D中性子が同時に発生されるようになる。この中性子は $^{16}\text{O}(\text{n}, \text{p})^{16}\text{N}$ 反応のような核反応のしきい値の高い反応には寄与しないが、しきい値の低い反応には寄与することが考えられる。前記の $\alpha$ 検出器を用いるとこのような低エネルギーの中性子もモニターできるのでこのような原因による精度不良も改善できる。

金属化学第三研究室ではすでに高速中性子による金属材料等の放射化分析法の研究を行なっているが、技術課試作係の協力を得て $\alpha$ 粒子検出部を作製し、市販のNIM型の放射線測定器と組合せて高速中性子のモニターを行ない、分析精度の向上に努めている。



$\alpha$ 線測定装置および動作機構図



$^3\text{H}$ ターゲットの重陽子照射時に放出される荷電粒子スペクトル

## 受託研究の現況

当所は、科学技術庁設置法（昭和31年法律第49号）第18条第1項第2号ならびに科学技術庁受託研究規程（昭和36年訓令第36号）に基づき、36年度より民間企業等からの受託研究を開始し、46年度までに75件を数えるに至った。

最近3年間における実績は表のとおりであり、研究を内容的にみると、材料部門1件、強さ部門6件、冶金技術部門18件、加工技術部門5件の計30件となっており、受託研究を開始した36年度よ

り43年度までの8年間に実施した45件に比べ大幅に件数が増加している。一方予算面においても、42年度から44年度までは毎年500千円だったものが45年度には1,020千円、46年度には2,218千円と急激な伸びがみられた。

なお、受託研究は今後も増加が見込まれるので、これの適正かつ効率的な実施を図るため、昭和46年6月1日に所内に受託研究委員会が設置された。

表 最近3年間における受託研究の実績

年度	研究題目	担当研究部	年度予算額 (千円)
44	1. すみ肉溶接継手の疲労強度 2. 秩父粉鉄鉱石を原料とする還元ペレット製造 3. ガス吸収塔パイプの亀裂発生の原因及び防止対策 4. 冷間圧延板表面模様 5. 厚鋼板の曲げ特性 6. 耐熱合金の高温特性の解明 7. 突合せ溶接継手ボンド部はかれ型止端割れによる遅れ破壊 8. 高張力鋼の溶接性判定方法 9. 新型転換炉用ジルコニウム合金の腐食試験 10. 特殊用途鋼の溶融状態における窒素の溶解度 11. 冷間圧延用ロールの摩耗特性 12. 化学用鋼管ねじ部の疲労強度 13. 溶接継手部の遅れ破壊割れ	材料強度研究部 製錬研究部 腐食防食研究部 工業化研究部 工業化研究部 溶接研究部 溶接研究部 溶接研究部 腐食防食研究部 製錬研究部 工業化研究部 材料強度研究部 溶接研究部	500
45	1. 鋼塊の凝固過程における窒素の挙動 2. P.C鋼棒の疲労強度 3. 酸化鉄の湿式処理 4. 新型転換炉用ジルコニウム合金の腐食試験 5. 秩父鉄鉱石を原料とする還元ペレット製造 6. 厚鋼板の曲げ特性 7. メッキ膜の摩耗試験 8. 冷間圧延用ロールの摩耗 9. ダグラスDC-8型機メインランディングギアフォワードボギービーム破断面調査 10. 高延性Mo合金	製錬研究部 材料強度研究部 製錬研究部 腐食防食研究部 製錬研究部 工業化研究部 材料強度研究部 工業化研究部 材料強度研究部 電気磁気材料研究部	1,020
46	1. 特殊鋼塊の凝固 2. 銅ニッケル鉄の湿式処理 3. high-Cuの高張力鋼の溶接性に及ぼす影響 4. 新型転換炉用ジルコニウム合金の腐食試験 5. クロマイジング鋼の疲れ強さの挙動 6. 高速炉用蒸気発生器伝熱管のナトリウム-水反応による損耗 7. 溶鋼のガス加炭と予備脱硫	製錬研究部 製錬研究部 溶接研究部 腐食防食研究部 材料強度研究部 腐食防食研究部 工業化研究部	2,218

### ◆ 短 信 ◆

### ● 人事異動

47年6月30日付

退職 管理部会計課長 岩間 松雄  
(日本原子力船開発事業団むつ事業所管理部長)

47年7月1日付

電気磁気材料研究部長 増本 剛  
(同部金属間化合物研究室長)

電気磁気材料研究部長併任解除 所長 河田 和美

管理部会計課長 田井 直照  
(日本原子力船開発事業団総務部総務課長)

通巻 第163号

編集兼発行人 林 弘  
印刷 株式会社 ユニオンプリント  
東京都大田区中央 8-30-2  
電話 東京(03)753-6969(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)