

金材技研 1968

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

NO.10

原子炉材料研究部の発足について

原子炉材料研究部長 吉村 浩

本年度より原子炉材料研究部が発足しました。この部は、原子炉用金属材料の研究と金属材料の研究に使用するアイソトープの利用についての研究および試験を担当することとなっています。

当研究所に急に、このような研究部門が発足することになったのではなく、既に以前から活躍していた特殊金属材料研究部の原子炉構造材料研究室、特殊冶金研究室およびアイソトープ利用研究室が時代の要請によって独立して再発足したのです。

御承知のように、わが国の原子力開発利用は、原子力発電、原子力船など漸次実用化の段階に入ろうとしています。これらは、濃縮ウランを燃料とする軽水型原子炉を中心に進められています。

しかしウラン資源の乏しいわが国にとって、核燃料の安定供給と有効利用をはかることから、使用済み燃料から取り出されるプルトニウムを再び核燃料として利用するため、現在高速増殖炉の実用化を、昭和60年を目途として国としてのプロジェクトとして開発を進めることになっています。

そこで濃縮ウランにめぐまれている外国とは異なった高速増殖炉の開発に必要な原子炉材料の開発も大いに進めなくてはならないわけで、これが、当面の目標として、当研究所に原子炉材料

研究部が発足した所以であると考え

る。既存の研究室においては、現在まで、たとえばベリリウムの脆性を基礎的に解明し、加工性と機械的性質の関係を追求した

り、電子ビーム溶解したモリブデン等高融点金属の加工の基礎資料を得るための研究、あるいはジルコニウム合金の高温強さについての研究などが行なわれており、幾多の成果をあげていたと考えられますが、今度、原子炉材料研究部の発足によって、高速増殖炉の開発に寄与するための研究計画を立案中であります。

また、金属材料の研究のためのアイソトープの利用は、昭和34年以来、建設費4,900万円、設備費5,870万円がかけられ実験室が一応完成し、活用されつつあり、今後、これをベースにさらに活発に成果をあげるようにしようと考えています。

☆ ☆ ☆



鉄の固溶体強化について

固溶元素を純金属に添加して、その金属の機械的強度を上げる作用、すなわち固溶体強化は多くの強化作用の内最も基本的なものの一つといえよう。实用金属の強化機構を解明する場合に、固溶体を形成しているマトリックスの強度に関する正確な知識が常に要求される。一方、転位論的に固溶体強化機構を論ずるためにも、高純度の単結晶を用いた信頼すべき基礎データが必要である。

鉄の固溶体硬化を単結晶を用いて研究した報告は、従来 Fe-Cr, Fe-Ni, Fe-Pt の3合金系のみであった。金属物理第2研究室では、Fe-Be等7合金系について特定方位の単結晶を作成し、いろいろな温度で引張試験を行なってきた。図1に、室温での臨界剪断応力の合金濃度依存性を、他の研究者による3合金系の結果と共にプロットした。固溶元素によって、その硬化能 ($d\tau/dc$) が非常に異なることがわかる。

固溶体硬化は、要するに転位と固溶原子の相互作用で生ずるのであるが、その相互作用の原因として種々の機構が考えられている。その中で、原子サイズ効果は Mott-Nabarro の理論以来最も重要視されて来ている。ところが、図2(a)に示すように、各合金系の固溶体硬化能と固溶元素の原子サイズを表わすパラメーター ϵ_a との間には一義的な相関関係は存在しない。一方、近年 Fleischer によって銅、銀等の固溶体硬化には剛性率効果(溶質原子と固溶原子との剛性率の差に基づく転

位と固溶原子の相互作用)が主要な役割を果していることが主張されている。鉄合金についても、単結晶で、合金の弾性率を測定して、剛性率パラメーター $\epsilon'\mu$ の値を見積り、固溶体硬化能と比較した結果、図2(b)に示すように、2次曲線に近い相関関係が得られた。なお、最もよい相関関係は、 ϵa と $\epsilon'\mu$ の一次結合の関数として $d\tau/dc \propto (\epsilon'\mu + 1.5\epsilon a)^2$ という式で表わされる。

結局、結合金においても剛性率効果が固溶体強化に大きな役割を果しているようである。

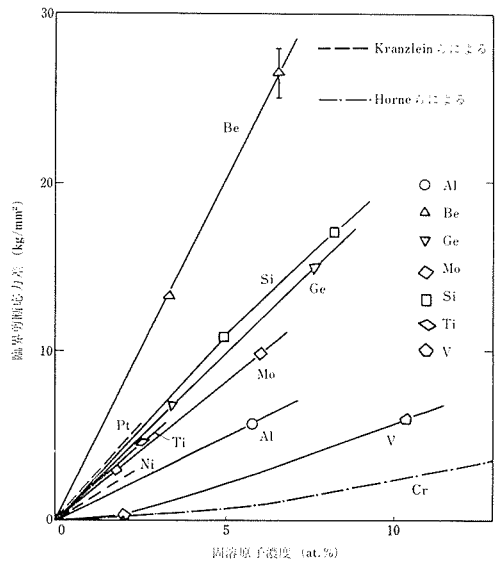


図1 合金の臨界剪断応力の値と純鉄の値との差を合金濃度に対してプロットした図

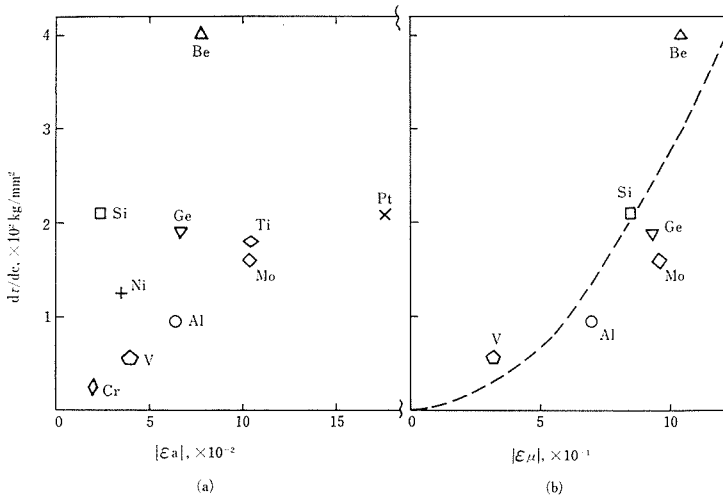


図2 固溶体硬化能 ($d\tau/dc$) と原子サイズパラメーターおよび剛性率パラメーターとの関係

アルミナ、ボーキサイト、膠質土の炭素還元

多種の鉱石、簡単な工程、設備投資の減少などの特徴から、アルミニウムの直接製錬法が各所で研究されている。これは含アルミナ鉱石の炭素還元で粗アルミニウムの合金をつくり、これからサブハライド法などにより純アルミを得ようとするものである。

この過程の基礎的問題を明らかにするため、製錬研究部乾式製錬研究室では、 Al_2O_3 に Fe_2O_3 や SiO_2 を添加したもの、オーストラリヤボーキサイト (Al_2O_3 61.11, SiO_2 1.99, Fe_2O_3 6.27, TiO_2 2.44, igloss 29.38), 膠質土 (真岡, Al_2O_3 32.95, SiO_2 36.85, Fe_2O_3 3.24, CaO 0.87, MgO 0.48, TiO_2 0.31, ig loss 25.28) などの炭素還元を検討した。炉は内径 35mm の黒鉛抵抗炉、雰囲気はアルゴンを用い、原料ペレットを加熱帯に装入し、冷却物の X 線、化学分析などを行なった。

この結果、 Al_2O_3+3C の配合では $1600^\circ C$ (30 分) で無変化、 $1700^\circ C$ から Al_4O_4C が出現し、 $1800^\circ C$ で Al_4O_4C が多くなり、 $1900^\circ C$ で Al_4O_4C は消失し代って Al_4C_3 が $\alpha-Al_2O_3$ と共存していた。これが $2000^\circ C$ では Al メタルが出て Al_4C_3 を共存していた。これから Al の生成は Al_4C_3 と Al_2O_3 の反応によるものと認められた。この X 線図を図 1 に示す。

これらの過程は上記諸物質間の熱力的関係が説明できた外、この Al_2O_3-C 系反応物を放射化分析し、残留酸素量から $1900\sim 2000^\circ C$ 間で急激に酸素が減少し反応していることを認めた。

この Al_2O_3-C 系に Fe_2O_3, NiO, SiO_2, Cu 粉末などを添加した結果を表 1 に示す。これと配合原料の重量減少、化学分析などから、 NiO, Fe_2O_3, Cu 粉などの添加は、 Al_4O_4C, Al_4C_3 などの炭化物の生成を抑制し、粗合金生成の生成を低温側に移し、また生成アルミの蒸発損失を防止する上で有効であることがわかった。

次にボーキサイトに炭素を配合した場合は、純 Al_2O_3-C 系とほとんど同じ挙動を示し、 $1700^\circ C$ で Al_4O_4C, SiC , $1900^\circ C$ ではさらに Al_4C_3 が現れ Al 合金は $2000^\circ C$ から X 線で認められた。

膠質土と炭素系は、 $1500^\circ C$ までは膠質中の Al_2O_3 と SiO_2 の結合によるムライト生成、遊離 SiO_2

が炭素と反応してできた SiC などからなるが、 $1600^\circ C$ ではムライトの消失が始まり、 $2000^\circ C$ になると Al, Si などのメタルが認められた。また Al_4C_3 はこの場合わずかに認められるに過ぎなかった。また膠質土、ボーキサイト、炭素系では Al_4O_4C が認め難く、 $1800^\circ C$ でわずかに Al_4C_3 が出現しており、また Al 合金は $1900^\circ C$ で認められた。

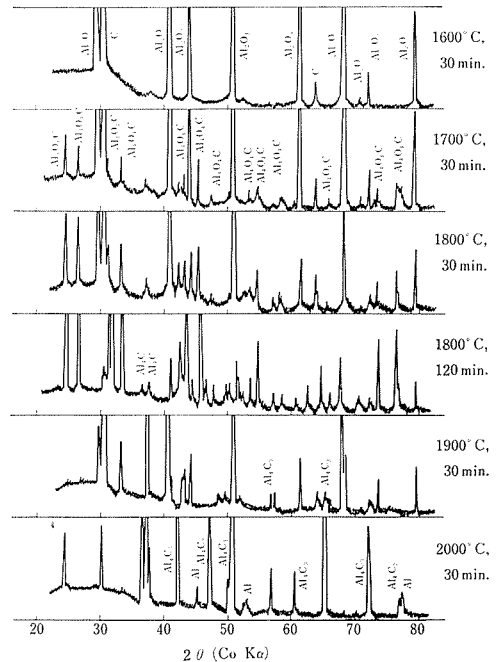


図 1 Al_2O_3 系反応生成物の X 線回折

表 1 種々の系における反応生成物

系	反 応 生 成 物			
	$Al_2O_3-NiO-C$	$Al_2O_3-Fe_2O_3-C$	Al_2O_3-Cu-C	$Al_2O_3-SiO_2-C$
1500	Al_2O_3, C, Ni	Al_2O_3, C, Fe	Al_2O_3, C, Cu	$Al_2O_3, \alpha\text{-cryst.}, C, SiC$
1600	$Al_2O_3, C, Ni, NiAl$	Al_2O_3, C, Fe	Al_2O_3, C, Cu, Al_4Cu_9	Al_2O_3, C, SiC
1700	$Al_2O_3, C, Ni, NiAl$	$Al_2O_3, C, Fe, FeAl$	Al_2O_3, C, Cu, Al_4Cu_9	Al_2O_3, C, SiC
1800	$Al_2O_3, C, Ni, NiAl, Ni_2Al_3$	$Al_2O_3, C, Fe, FeAl, FeAl_3$	$Al_2O_3, C, Cu, Al_4Cu_9, Al_2Cu$	$Al_2O_3, C, SiC, Al_4O_4C$
1900	$C, Ni, NiAl, Ni_2Al_3, NiAl_3$	$C, Fe, FeAl, FeAl_3, Fe_2Al_5$	C, Cu, Al_4Cu_9, Al_2Cu	$Al_2O_3, C, SiC, Al_4C_3, Al, Si$
2000	$C, Ni, NiAl, Ni_2Al_3, NiAl_3$	$C, Fe, FeAl, FeAl_3, Fe_2Al_5$	C, Cu, Al_4Cu_9, Al_2Cu	$Al_2O_3, C, SiC, Al_4C_3, Al, Si$

フランス国立高圧研究所

材料強度研究部 静的強さ研究室 小口 醇

パリの郊外、西南西約10キロ、モンバルナス駅からベルサイユ行の汽車に乗って10分位の Bellevue に、Centr National de la Recherche Scientifique (C. N. R. S.) の研究所が約15集っていて、その中の一つに Laboratoire des Hautes Pressions (L. H. P.) がある。全体でもそれほど広くはない敷地に多くの研究所が同居しているため、実験室がとびとびにまざりあっている状態で、現在フランスでもこれら研究所を更に郊外へ移転する計画があり、L. H. P. も3年位後にパリの北への移転が計画されている。

L. H. P. は所長 Vodar 博士以下約100名で、全研究者及び技術者を所長が直接指揮をとり、名前の示す通り高圧に関するいろいろな研究を行なっている。我々に非常に関係の深いものでは、8000気圧、1500°C までの Ar 中での金属材料の引張試験、2000気圧、1500°C の Ar 中での粉末圧縮成形、6000気圧900°C Ar 中での弾性常数の測定、最高28000気圧までの液圧押し等であり、約6ヶ月半の滞在中主としてこれらの研究グループと一緒に過した。中でも圧力中の引張試験は、現在金材技研で行なっているものと同種のものであることから主にこのテーマに関係したが、丁度装置の設計、製作段階であったためお互の考えを提供し合い、先方の計画や装置の特徴などを検討し合うことができた。この装置は縦型、内径90mm全長約1500mmのシリンダーを持ち、中に炉を入れて高温引張を行なうが、同時に負荷用モーター、減速機等も中に入れてしまい、モーターに流す電流によって引張速度を制御する方式である。荷重はストレインゲージ貼布型ロードセルで、試料の伸びはチャック間の変位を差動変圧器で、圧力はマンガニン圧力計で夫々測定する。試料の大きさは直径2mm、有効長20mm程度、最高荷重は1tonである。又液圧押しは28000気圧というかなり高い圧力を計画しているため、シリンダーパッキン



写真スト中の Bellevue 研究所 (43年5月)

等はかなり問題がありやはりそれらの検討、設計、予備実験に立会うことができた。これらの仕事に接して特に感じたことは予算的にかなり余裕があること、非常によく前もって計算をすること、決して早くはないが実に丁寧仕事することなどである。一方この研究所群には充実した部品倉庫、機械工場、印刷工場などもあり製本等も依頼できて非常に機能的に感じられた。

研究者の待遇や定員については、フランスなりに問題がある様で、2月に Bellevue 全体の研究者の48時間ストを行なって定員の増加を要求した。5月のゼネストのときは Bellevue もストに入り主として C. N. R. S. 及び各研究所の運営方法の改善について検討を行なった。このときのストについては研究者等の中に批判も多く、割合短期間で終了した。Bellevue には滞在中立派な食堂が完成し、昼食時にはほぼ全員が集まって話をしながらゆっくり食事をし、あとは地下でコーヒーをのみながら又話をするなど、雰囲気はとってもなごやかであった。昼食時にブドー酒やビールを飲んだりするのも始めは多少奇異に感じられたが午後の仕事はきちんとしており、考え方も理解できた様な気がした。一日の仕事時間は日本とそう違わないが土、日は休日、8月は殆んど1ヶ月夏休み、その他祭日も沢山あり、それでも尚高い生活水準を保っているのはうらやましい点であった。ちなみに工業高校卒2~3年めの技術員で約9万円、大学出の5~9年の研究員で約13万円とのことであった。この L. H. P. とはこれが初めての交流であったが、当然金材技研に対する関心も強く、今後の交流を楽しみにしているところである。

(通巻 第117号)

編集兼発行人 佐々木 武
印刷 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1-1-4

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 目黒(719)2271(代表)