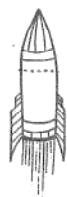


工学部材料物性工学科 構成材料学講座



研究室紹介

馬越佑吉*

1. 講座の研究概要

“原子間の結合力，転位構造，積層欠陥の安定性といった微視的な立場と，粒界の構造，複合組織の制御，相安定性といった巨視的な立場の両面から材料の性質や信頼性の評価，特性改善に関する教育と研究を行なう”というのが講座配属希望調査の際に学生諸君に行なう当講座の説明である。

近年の航空機を初めとする輸送機器の高速化と燃費の効率化は，必然的にタービン燃焼温度の上昇をもたらし，1000℃以上の高温に耐え，高強度かつ軽量な新たな耐熱材料の開発が求められている。超合金を初めとする従前の耐熱合金の開発がその限界にある中であって，セラミックスと合金の中間に位置する一群の金属間化合物が今その候補材料として注目され，耐熱構造材料としての金属間化合物に関する研究が文部省科学研究費重点領域として取り上げられ，著者も計画班として参画している。

とりわけTiAlは航空機体，ターボチャージャなどの自動車用部品として，またMoSi₂などの高融点遷移金属シリサイドは宇宙往環機などの高速飛翔体用の超高温耐熱材料として注目されている。しかし，これら金属間化合物の実用化を阻む最大の障害は変形能ならびに破壊靱性の欠如にある。当研究室はこれら金属間化合物を用い，力学特性の異方性，変形微細組織の観察を通じて変形挙動，強化ならびに破壊機構の本質を理解し，新たな耐熱材料に向けての研究

に主眼を置いている。

また金属材料の多くは多結晶として存在，使用され，結晶粒界の特性の理解と制御なくして材料の特性改善は図れない。このような結晶粒界構造ならびに粒界性格分布を調べ，組織制御による力学特性改善に向けての指針を得るべく研究を進めている。

研究室は，馬越佑吉教授，柴柳敏哉助手，中野貴由助手，藤谷涉技官，上田香織秘書（事務補佐員）の教職員，大学院博士後期課程2名，前期課程7名，学部学生8名で構成され，次項に示す研究テーマを主に推進している。

2. 主要な研究テーマ

- (1) “軽量耐熱性金属間化合物の塑性異方性，強化ならびに変形機構の解明と，変形能改善策の検討”

層状組織($\gamma + \alpha_2$)を一方向に制御した単結晶状TiAl結晶を用い， α_2 相ならびに γ 相中の変形モードの異方性の解明と層界面の強度，変形能に及ぼす役割を詳細に検討し，高温強度の向上と低温での変形能改善のための適性添加元素の探索を行なっている。また α_2 相の変形に関する情報を得るため，Ti₃Al単結晶の変形挙動，異常強化の発現機構を併せて調べている。

- (2) “超高温耐熱材料としての高融点シリサイドの高温変形と破壊機構の解明”

MoSi₂，TaSi₂，NbSi₂など2000℃を越える高融点シリサイド単結晶を用いての活動すべり系，変形能の異方性を調べている。その結果，共有結合性の強いシリサイドにおいても結晶方位を制御すれば決して脆くなく，室温における変形も可能であることが明らかとなった。これらの基礎研究成果を踏まえ，二元および三元系シリサイドによる破壊靱性改善に取り組んでいる。

- (3) “金属間化合物単結晶の疲労特性の異方性



*Yukichi UMAKOSHI

1944年4月21日生

昭和42年大阪大学工学部冶金学科卒業

現在，大阪大学工学部，材料物性工学科，構成材料学，教授，工学博士，材料強度学

と破壊機構の解明”

TiAl, Ti₃Al 単結晶を用いての疲労, 強度, 硬化ならびに破壊形態の結晶異方性を調べると共に, 変形組織観察を行ない, 交番応力下での転位運動, 変形機構を明らかにすることを目的としている。

(4) “金属間化合物の粒界性格分布と粒界破壊現象”

Ni₃Al, CuZn, NiAl 等の fcc および bcc ベースの金属間化合物の加工, 熱処理変歴の違いによる粒界構造, Σ 値の変化を SEM/ECP 法等を用いて調べ, 粒界性格と粒界破壊の相関関係を明らかにする。

(5) “Fe-Si 系非磁性鋼の粒界性格分布と粒界特性制御のための加工プロセスの開発”

Fe-Si 系非磁性鋼の磁気特性改善のためには結晶粒方位分布の制御が不可欠である。本研究では Fe-Si 系鋼の粒界構造, Σ 値の分布を詳細に調べ, 加工熱処理, 微量添加元素の粒界性格分布への寄与を明らかにすることにより, 結晶粒の方向制御プロセスの開発を行なう。

(6) “光反射率変化を利用したの薄膜間反応と形成化合物相の観察”

半導体配線としてのリード・ボンディングの際に, その接点に形成される化合物の形成がしばしば半導体破損事故につながる。ここでは Al/Cu, Al/Au 薄膜間に形成される化合物の同定とその形成, 成長速度は非破壊的に調べ, 配線材料としての適性を調べる。この際両薄膜間に形成される化合物相の観察を光反射率変化を利用して行ない, 真の拡散ならびに成長速度を調べる。

以上の研究を進めるに当たって, 単結晶試料の作成の成否がかなりの比重を占めるが, 幸い図 1 に示す光学式浮遊帯域単結晶炉の使用により, セラミックス, 金属間化合物を問わず, 2200~2300℃の熔融温度のものは殆ど作成可能である。また微細結晶粒の方位解析ならびに粒界移動には図 2 の SEM/ECP 装置を用い, また方位解析ソフトも研究室で独自に開発し, 瞬時にデータが得られる状況にある。

交番変形, 疲労特性の解明にはサーボペルサ試験機に特殊な治具を装置し, 興味あるデータ

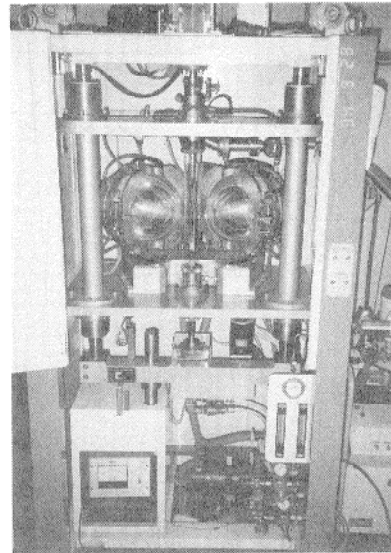


図1 光学式浮遊帯域単結晶炉

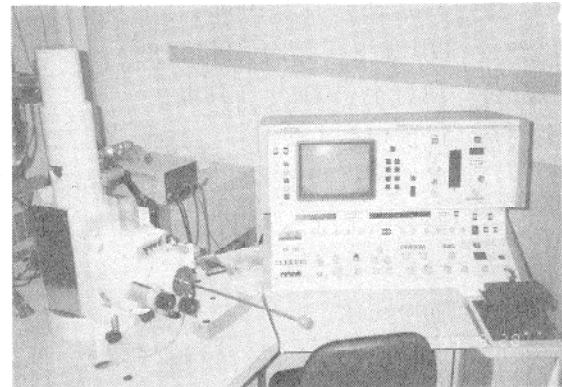


図2 走査型電子顕微鏡

が得られているが, 最近走査電子顕微鏡付き高温疲労試験機を購入し, 動的に疲労, 破壊挙動観察ができ, その効果を期待している。

3. おわりに

新たな材料の開発と特性の発現なくして, 真の科学技術の進展は有り得ない。かつて金属, 合金中であって, その脆さ故に忌み嫌われていた金属間化合物が, その優れた高温強度故にいま救世主として注目されている。TiAlはこの材料分野に久々に現われた“超新星”としての可能性が強い。この“超新星”をただの石に終わらせることなく, 輝ける星とするため, 研究室の若き学生, 教職員の情熱と, 少し白いものが目立ち始めた万年青年を自認する中年の男が, 美しい乙女の協力を得ながら昼夜研究に遭遇しているこの頃である。近い将来, その成果を再び報告できるのを祈りながら。