

HCP金属における変形および疲労破壊機構

教授・安藤 新二

先進マグネシウム国際研究センター 力学評価分野

▶ 研究内容

【研究内容】

チタンやマグネシウムは、軽量で高強度材料として知られています。特に近年では エネルギー・環境問題の観点から、マグネシウム合金の利用拡大が注目されています。しかし例えばマグネシウムでは、以下のような問題があります。

- 常温での塑性加工性が低い
- 機械的性質に結晶の異方性が高い
- 疲労破壊特性に対する環境の影響が明らかでない

チタンやマグネシウムは結晶構造がHCPであり、BCCやFCC構造である鉄やアルミニウムなどに比べると、その変形や疲労破壊のメカニズムはほとんど明らかにされていません。

そこで、上記の問題を解決するために、金属単結晶を作製し、各種機械試験を行い、HCP金属における変形および疲労破壊のメカニズムを解明することを目的として研究を行っています。

【HCP金属単結晶の作製】

金属の変形機構や機械的性質の異方性を調べるために、高品位の単結晶が必要です。ここでは以下の手法により単結晶を作製しています。

- ブリッジマン法
- 高周波加熱による浮遊帯溶融法
- 歪焼鈍による結晶粒成長法



ブリッジマン炉

【HCP金属単結晶の引張・圧縮試験】

HCP金属は、加重軸方位の違いにより機械的性質が異なります。材料を精度良い塑性加工する場合に、これが問題となります。その原因を正確に調べるためには、種々の方位の単結晶を作製して変形挙動を調べなければなりません。

ここでは色々な温度範囲で金属単結晶の引張・圧縮試験を行い、電子顕微鏡により変形機構を調査します。



マグネシウム単結晶の引張試験

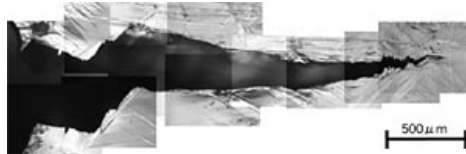
【単結晶の疲労試験】

単結晶CT試験片により、疲労き裂進展挙動を調査し、き裂伝播のメカニズムを明らかにします。また小型薄片平面曲げ疲労試験機を開発し、疲労破壊特性を調査します。この装置では、

- 数mm程度の小サイズの試験片で試験可能
- 数百 数十kHzの高い繰り返し周波数で試験ができるので、短時間でS-N曲線で作成できる
- 超長寿命(ギガサイクル) 疲労試験が短時間で可能



薄片平面曲げ試験による疲労破壊試験

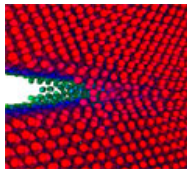


薄片平面曲げ試験による疲労破壊試験

【コンピュータシミュレーションによるナノスケール構造解析と特性評価】

金属の変形機構は、ナノスケールの原子の挙動により生じるものです。これらを、分子動力学法によりシミュレーションすることで、原子レベルでのメカニズムの解明を行います。

近年、電子機器などが小型化しています。その内部の部品もマイクロサイズ以下になっています。この技術では、実験困難な微小材料の特性評価を行うことも可能です。



チタン中のき裂先端構造の次元表示

▶ アピールポイント

この研究は、材料の機械的性質に関する基礎的な研究です。直接、製品開発には結びつきにくいものですが、材料強度の改善や塑性加工上の問題解決、長期使用における信頼性の評価などにおいて、根本的な解決に重要な課題といえます。構造の材料を利用する場合の問題点などありましたらご相談ください。

▶ 参考資料

- ・(口頭発表),チタン単結晶における球圧子圧入による変形挙動,"安藤新二、長野恵祐、津志田雅之、北原弘基",金属学会秋期大会,九州大学,2015.9.25
- ・(口頭発表),Mg-YおよびMg-Al-Zn合金単結晶の圧縮変形挙動,"安藤新二、津志田雅之、北原弘基",金属学会春期大会,東京理科大学,2013.3.27
- ・(Oral),Orientation dependence of bending deformation behavior in magnesium single crystals,"Shinji Ando, Hiromoto Kitahara",TMS2013,"San Antonio, USA",2013.3.4

▶ 応用分野等

- ・オートバイ ・ 自転車のパイプフレーム ・ 熱間押出加工

▶ 特許

- ・ マグネシウム合金の製造方法およびマグネシウム合金 (特願2007-078929)

▶ 関連リンク

材料物性学研究室

▶ キーワード

HCP金属 単結晶 引張試験 圧縮試験 疲労試験 分子動力学シミュレーション

