茨城大学工学部

鈴木研究室

■研究テーマ
●中性子回折による集合組織の測定

■キーワード
耐酸化性、コーティング、残留応力、塑性変形

■産業界の相談に対応できる技術分野
塑性加工、組織解析、残留応力の測定

■主な設備
万能試験機、X線集合組織測定装置

鈴木徹也 教授

連 絡 先
茨城大学工学部マテリアル工学科　鈴木徹也　TEL:0294-38-5073　FAX:0294-38-5226　e-mail: tetsuya@mx.ibaraki.ac.jp
茨城大学産学官連携イノベーション創成機構　TEL:0294-38-5005　FAX:0294-38-5240　e-mail: ccrd-iu@mx.ibaraki.ac.jp

研究概要

材料の性質に影響を与える結晶方位の分布(集合組織)を知る

◆

金属材料は一般に多結晶（複数の結晶粒）で、構成されています。例えば材料の強度、ヤング率など弾性率、加工硬化の傾向そのほか物理的な性質も結晶の向きすなわち結晶方位が変わると変化します。集合組織とはこの結晶粒の統計的な分布状態であり、結晶方位による性質の異方性が集合組織によって引き継がれます。結晶は原子が規則的に配列しているので、波長一定の粒子線をあてると、ある角度に強い回折を起こします。通常の工業材料は配向方向の異なる結晶粒が集合した多結晶体であり、材料の向きによる回折線の強さを測定することによって結晶粒の配向状態を知ることができます。さらに回折線の広がりを解析すると転位密度やセルサイズといったミクロ組織の情報を得ることが出来ます。一般に、集合組織測定には、X線回折やEBSD測定が用いられていますが、浸透深さ、あるいは測定エリアの関係から材料全体を代表する平均集合組織を得るのは困難です。そこで、図1に示す中性子回折（角度分散法: JRR3）を使うと、平均集合組織の測定が可能になります。

図1　日本原子力研究開発機構残留応力解析装置（RESA）

加速器中性子源を用いる飛行時間法による測定(J-PARC)では、検出器が多ければ数回の試料回転で平均集合組織を迅速に測定することができます。

特徴と強み

X線ではわからない全体平均の情報を知る

◆◆

中性子は透過能が高いために材料全体を代表する平均集合組織を測定することができ、機械的特性等との関係を正しく知ることが出来ます。

●壊さなくても、材料内部の組織状態を調べることが出来ます。

●全極点図を得るのに、X線では反射法と透過法を併用して測定データを継ぎ合わせることが必要ですが、中性子では一度に測定出来ます。

●飛行時間法では短時間で測定できるので、加熱冷却による相変態や再結晶に伴う集合組織形成過程の時分割測定が可能です。

応用例

●自動車用材料：強度・加工性バランスに優れた自動車用鋼板の開発が進んでいます。結晶方位の分布がそれらに影響を与えることが分かっています。

●マグネシウム合金は加工性が悪いので、集合組織制御による改善が研究されています。マグネシウムを圧延すると底面集合組織が発達してしまい、曲げ成形性などに悪影響を与える事が知られています。

●方向性電磁鋼板：鉄単結晶の磁化挙動は方向によって異なります。磁化容易方向に結晶粒を配向させた集合組織制御鋼板は、変圧器の鉄損（エネルギー損失）を小さくできます。

今後の展開

高温あるいは変形中の集合組織を短時間で測定する技術が鍵

◆◆◆

アメリカロスアラモス国立研究所の中性子回折集合組織測定装置HIPPOを使えば加熱冷却中のその場中性子回折ができて相変態に伴う集合組織メモリーなどを追うことができます。電磁鋼板、深絞り鋼板、高ヤング率材料（単結晶の弾性異方性が強い合金の場合）など、集合組織を積極的に制御した材料開発および製造品質管理に役立ちます。J-PARCのiMATERIAにおいても多くの検出器を備える特徴を生かして集合組織をごく短時間で測定する技術が開発中です。高温あるいは変形中には集合組織が刻々と変化するので、短時間で測定することにより、今まで分からなかった高温における集合組織形成過程を正確に知ることができ、組織制御に新しい技術分野が開拓できます。また、分解能の良い検出バンクではプロファイル解析が同時にできる可能性もあります。RESAを用いた測定では集合組織とプロファイル解析の同時測定にチャレンジしています。図2は集合組織と内部応力状態を同時に測定した例です。線で表わされているのが結晶方位の分布状態を等高線で示したもの、色で表わしたものが残留応力の状態です。試料座標系に対してどの方向に圧縮、どの方向に引張りの残留応力がどの程度発生しているのか一目でわかることが特徴です。図3は変形前後の回折線のプロファイルの形の変化の例です。このプロファイルを詳細に解析することで、結晶サイズと転位密度が推定できます。将来的にはこれらのミクロ組織情報を総括的に考慮した材料設計に生かせると考えております。

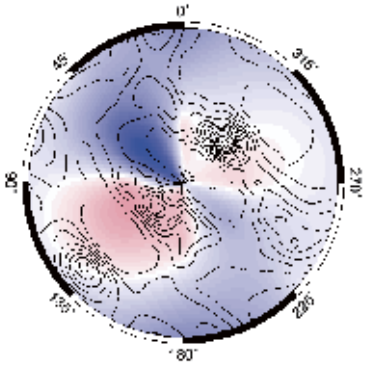

図2　集合組織と残留応力の同時測定例

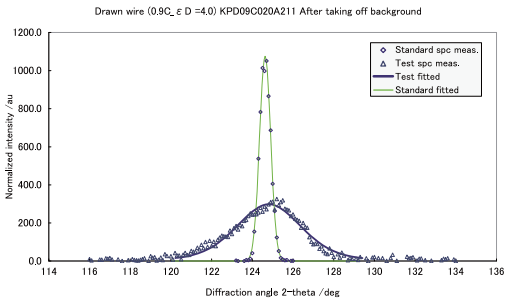

図3　加工によるプロファイルの変化