

金属学会セミナー開催報告

材料の力学特性向上を目指して —最近の実験・計算手法の進展に 基づく本質的な理解—

(第5分科企画)

開催日 2018年3月6日(火)

場 所 東京工業大学田町キャンパス

2004年に開催された「材料強化設計の基礎と応用」セミナーから14年が経ち、改めて材料の強度、延性、靱性などの力学特性に関する原理原則ならびに最近の展開を網羅するセミナーの開催が望まれていた。本セミナーでは、各種実験や計算科学の第一人者を講師に迎え、今後の高強度・高靱性先端材料の開発につながる方策について議論するとともに、また教科書にも載っていないような新たな理論や概念についての理解を深めた(3月6日、東工大田町キャンパス・キャンパスイノベーションセンター、参加者数33名)。以下に、各講師の講演内容をまとめて記す。

尾中 晋(東工大)は、各種強化機構の相加効果ならびに相乗効果の考え方について解説した後、それぞれの機構による特性向上分の単純和以上の特性を示す(相乗効果を有する)事例を紹介した。固溶強化型Cu-Al合金では、同時に積層欠陥エネルギーの低下によって転位と粒界の相互作用が変化・高強度化することや、ポリマー基材に強固に密着させたCu箔の延性が、ポリマーによる拘束効果で2%から>20%に向上することなどを挙げ、高強度化と高延性化をともに果たすための「相乗効果」の重要性について強調した。

梅澤 修(横浜国大)は、デジタル画像相関法を用いてフェライト/マルテンサイト複層鋼板内のひずみ分布を実測し、積層数が増加するほど、高ひずみ域が試料全体に分散して両相が協調的に変形、強度-延性バランスが向上することを示した。複層材料では、硬質相と軟質相間の応力伝播が重要であり、硬質相がランダムに分散するよりも層状に配向する方が、塑性不安定後に界面はく離が生じにくく、局所ネッキングして延性的に破断するようになる。本手法は、最適な複層構造を設計する際の有益な指針を与えている。

東田賢二(佐世保工業高専)は、破壊靱性や脆性-延性遷移温度などの巨視的な力学物性値を、き裂-転位間の相互作用といった格子欠陥論と関連付けながら、これまでの学問体系や理論を見直し、「靱性」の物理的な意味について再考を促した。すなわち、靱性とは局所的な応力集中を再分配する能力であり、塑性変形に対する抵抗力だけでなく、き裂先端からの転位の生成による応力遮蔽効果も内含した特性として考えるべきで、そのため均一な応力への耐性を表す「強度」とも両立できるはず、との深い見識を示した。

下川智嗣(金沢大)は、伸線直後のパーライト鋼の低延性が、焼鈍で大きく改善する事例を紹介し、その理由について分子動力学シミュレーションによる解析を行った。その結果、フェライト/セメンタイト異相界面の結合力が強いほど、セメンタイト内に転位が進展して変形能が向上し、さらに、フェライトの降伏応力や加工硬化率をもっと大きくできれば、セメンタイトも塑性変形するようになるとの予見を示した。このような先見の明は、異相界面の構造を適切に設計すれば、優れた力学特性を有する材料を創製できることを示唆しており、今後の実証が期待される。

中谷彰宏(大阪大)は、行きの新幹線の中で購入した漫画雑誌を回覧しながら、上面にペンで描いた正方形が、雑誌をくねらすことで様々に形を変えることを実演した。これが講演タイトルにもあるキンク変形の一例であり、すべり系が極端に限定されると底面が折れ曲がって面外に変形し、巨視的な形状変化を担うようになる。長周期積層構造をもつマグネシウム合金の変形機構としても注目されており、複雑な構造体の力学特性を理解する際の新しい力学理論として、さらなる発展、機構の解明が望まれる。

尾方成信(大阪大)は、材料の塑性変形を発生させる事象全般をプラストンと呼び、材料の変形に関する包括的な概念を構築しようと試みている。プラストンは、温度や応力、変形速度などの外部から与えられる場に強く依存し、かつ互いに異なる依存性をもつために、最適なプラストンを選択・制御することで材料の力学特性の制御が可能となる。分子動力学計算を用いたCuナノ結晶の応力変化に伴うクリープ変形モードの遷移や、Tiナノ結晶体の変形を担うすべり系の推移予測などは、高温強度に優れる材料の創製、ならびに変形の持続化(高延性化)の指針となっており、今後の展開が大いに期待される。

(文責：廣澤)

(企画世話人：横浜国大 廣澤渉一、東工大 藤居俊之、名大 小山敏幸)