

形状記憶材料の機能特性と応用

愛知工業大学 工学部 機械工学科 教授 戸伏 壽昭

Hisaaki Tobushi
Professor, Department of Mechanical Engineering
Aichi Institute of Technology

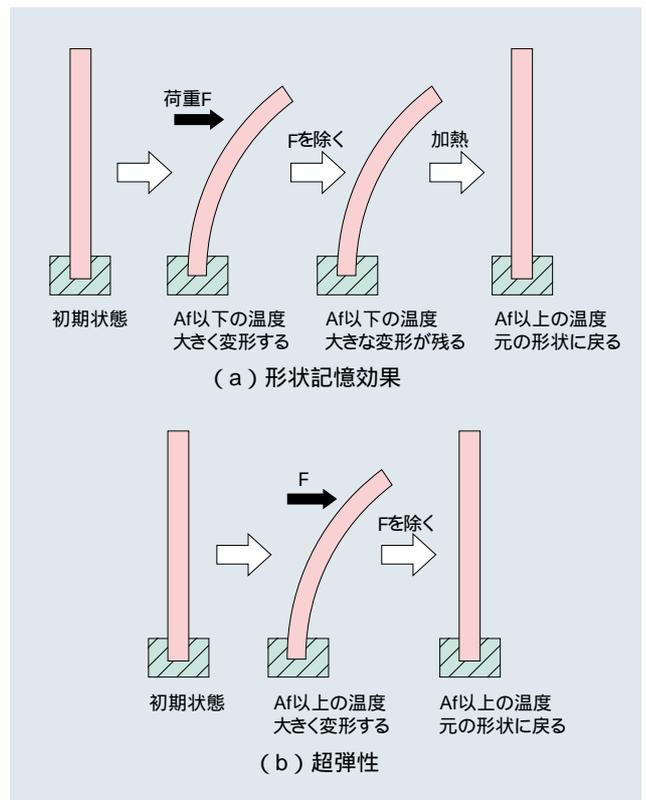


形状記憶材料とは

省資源・省エネルギー・環境問題などへの対応のため、高機能材料の開発とインテリジェント機械システムへの応用が期待されている。このような高機能材料の一つに形状記憶材料がある。形状記憶材料には金属、ポリマー、セラミックスなどがある。この中で実用化されているのは金属とポリマーである。形状記憶材料の機能特性は結晶構造が変化したり、分子運動の形態が変化する相変態に基づいて現れる。形状記憶材料は形状回復特性の外に数多くの機能がある。現在、形状回復量を大きくするとか、応答速度を高めるなど高機能化の研究が進められ、さらに新しい機能が開発中である。機能材料については目的に応じて適切な材料を選定し、応用することが重要である。ここでは形状記憶材料の機能特性と応用例を紹介する。

形状記憶合金の機能と応用

形状記憶合金の基本変形特性を第1図に示す。第1図に示すように形状記憶合金では形状記憶効果と超弾性が現れる。形状記憶効果では低温で容易に変形し、力を除いた後に残留する変形は加熱で消滅する。この場合に、残留変形を拘束して加熱すると復元力が現れる。この復元力の密度は常用金属の破壊強度レベルまで可能なので、非常に大きな復元力が利用できる。復元力は変形量と温度に比例して増加する。応用ではこの復元力と回復変形を組合わせて利用することが多い。一方、超弾性では大きな変形が力を除くだけで消滅する。この超弾性変形では変形を繰り返すごとにエネルギーを吸収するので、防振材料としての機能に優れている。また、変形によって貯蔵できるエネルギーは炭素鋼のそれに比べて150倍にもなり得る。このように、形状記憶合金では種々の特性が現れる。



第1図 形状記憶合金の基本変形特性

現在までに明らかになっている機能と考案されている主な応用例を第1表に示す。また、応用例を第2図に示す。混合栓では形状記憶合金ばねが湯と水の混合比を調節し、出湯初期の湯温の変化を押さえる。携帯電話用アンテナ芯線では曲げて元の直線に戻る。その他、形状記憶合金熱エンジンでは工場の廃熱や地熱などの未利用の低温熱エネルギーを有効利用でき、クリーンなエンジンであるので開発が期待される。加熱・冷却に伴う形状記憶効果を利用する場合には記憶素子の応答速度が問題になる。このために薄膜や極細線が開発されている。形状記憶合金素子の機能特性は温度、力、変形量などに依存し、また加熱と冷却の方法および記憶素子の形状、寸法にも依存する。応用においてはこれらの点を考慮する必要がある。

第1表 形状記憶合金の性質と応用例

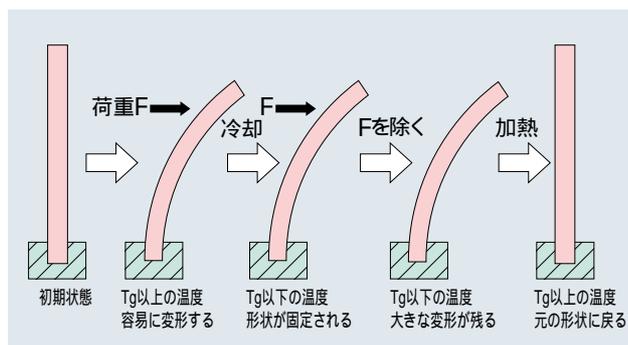
利用する性質	応用例
温度感知 (回復力と併用)	火災報知器、エアアウトレット、スイッチ、サーモスタット混合水栓、炊飯器の調圧弁、温室窓自動開閉器
形状回復性 (温度感知と併用)	エアコンのセンサフラップ、人工歯根、フォグランブカバー、能動的内視鏡、自動乾燥庫のシャッタ開閉器
回復応力	締結要素の締付け力、パイプ継ぎ手、アクチュエータ・ロボット・固体熱エンジンの駆動ユニット、岩石破砕機、部材の強度向上(圧縮残留応力発生)、構造要素の自己強化(き裂開口作用)
振動吸収性 エネルギー散逸性	ばね、防振要素、制振要素、衝撃吸収要素
エネルギー貯蔵性	メガネフレーム、ブラジャー、歯列矯正ワイヤー
超弾性の変形回復性	携帯電話のアンテナ芯線、医療用のガイドワイヤー
弾性係数の温度依存性	構造要素の剛性変化、複合材料で最適形状の変化



第2図 形状記憶合金の応用例(古河電光カタログより)

形状記憶ポリマーの機能と応用

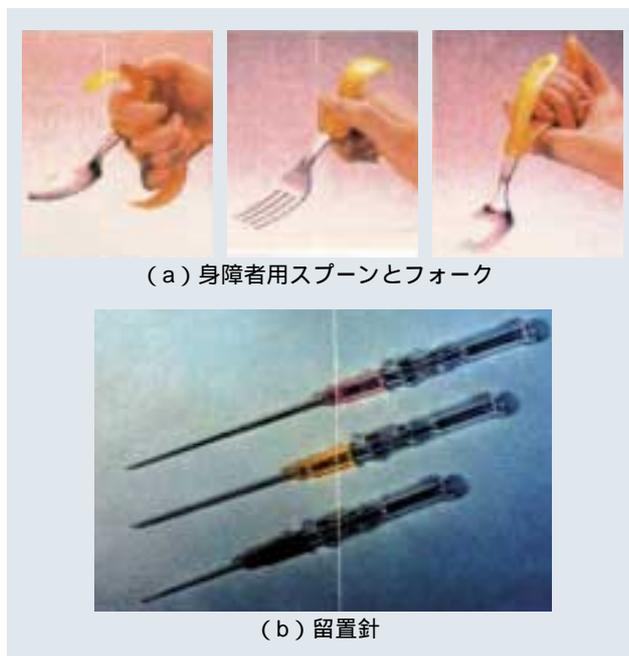
形状記憶ポリマーの基本変形特性を第3図に示す。形状記憶ポリマーは高温では軟く、ゴムのように容易に変形する。一方、低温では硬く、ガラスのように変形し難い。このために、第3図に示すように、形状記憶ポリマーでは高温では、小さな力で元の長さの数倍も伸ばすことができ、冷却することによりその変形した形状を固定することが出来る。この状態の材料を無荷重下で加熱すれば元の形状に回復する。高温では力を除くだけで元の形状に戻る。この性質は形状記憶合金の超弾性と同一である。したがって、高温ではエネルギーの吸収および貯蔵の特性を利用することができる。ポリウレタン系形状記憶ポリマーのフィルムではガス透過率が低温では小さく、高温では大きい。また、抗血栓性に優れており、生体適合性がよいので医療分野でも応用されている。形状記憶ポリマーはこのように種々の機能を有している。



第3図 形状記憶ポリマーの基本変形特性

その応用例を第4図に示す。スプーンやフォークハンドルは身体障害者の手に合わせて用いるので、握力のない人でも使用できる。医療用留置針は体温で軟くなるので、点滴を行う患者の血管を傷つけず、長時間の使用でも痛みを感じない。その他、フィルムをスポーツウェアに応用すると低温では保温性が良く、高温では蒸れない。形状記憶ポリマーの場合にも、加熱・冷却を行うので、応答速度の点からは薄くて細い形態の方がよい。形状記憶ポリマーは多くの機能を有しているため、それらの特性を正しく理解し、適切に応用することが重要である。さらに、形状記憶合金と形状記憶ポリマーの機能を組合わせた複合材料の開発が期待される。

おわりに、形状記憶材料がインテリジェント機械システムに応用されるためには、さらに各種の機能が開発され、諸機能の向上が計られ、疲労強度が上昇し、機能特性に応じた材料の規格が制定され、記憶素子が容易に設計できるようになることなどが今後の課題である。



第4図 形状記憶ポリマーの応用例(三菱重工カタログより)