

「形状記憶合金 産業利用技術」 目 次

第 I 部 形状記憶合金の特性

はじめに

第 1 章 形状記憶合金の種類と性質

- 1 形状記憶合金の種類
 - 1.1 Ti-Ni 合金
 - 1.2 Ti-Ni-Cu 合金
 - 1.3 銅, 鉄系合金
 - 1.4 その他の合金
- 2 応用例
 - 2.1 利用方法
 - 2.2 回復力の温度感受性
 - 2.3 変態温度ヒステリシス
 - 2.4 変態応力ヒステリシス
 - 2.5 低弾性係数

第 2 章 マルテンサイト変態と形状記憶特性

- 1 形状記憶効果と超弾性のメカニズム
- 2 二方向形状記憶効果
 - 2.1 熱・力学サイクル特性
 - 2.2 塑性ひずみ/ 残留マルテンサイト相分率
 - 2.3 負荷ひずみと加熱温度

第 3 章 変態温度に及ぼす因子

- 1 合金組成
- 2 冷間加工
- 3 記憶処理温度
- 4 時効処理
- 5 予変形
- 6 繰返し特性

第 4 章 熱・力学的特性

- 1 回復応力と変形応力
- 2 形状回復ひずみと残留 (非回復) ひずみ
- 3 繰返しにともなう変化
- 4 疲労寿命

第 5 章 電気的特性

- 1 電気抵抗-温度, ひずみ関係
- 2 比抵抗に及ぼす加工, 熱処理
- 3 一定温度下における比抵抗

第 6 章 特性評価試験法

- 1 変態温度 (無応力下における測定方法)
- 2 機械的性質の測定
- 3 予ひずみ付与下における測定
 - 3.1 ひずみ非拘束加熱
 - 3.2 ひずみ拘束加熱
 - 3.3 二方向ひずみ
- 4 変態限界応力-温度関係の測定方法
- 5 電気抵抗の測定方法

第 II 部 変形挙動を表わすシミュレーション手法

はじめに

第 1 章 形状記憶合金変態挙動

- 1 変態の微視的様相
- 2 形状記憶効果および超弾性挙動のメカニズム

第 2 章 微視的変形・変態機構を考慮した構成式モデル

- 1 材料の微視構造
- 2 アコモデーションモデル
- 3 結晶粒方位および体積分率と部分要素の体積分率
- 4 変態条件
 - 4.1 変態駆動力
 - 4.2 変態条件
 - 4.3 逆変態条件
 - 4.4 再配列条件
 - 4.5 変態応力の温度依存性
- 5 アコモデーションモデルの定式化
- 6 計算手順
 - 6.1 負荷条件としてひずみ経路 (および温度経路) が与えられる場合
 - 6.2 負荷条件として応力経路 (および温度経路) が与えられる場合
- 7 材料定数
 - 7.1 晶癖面および変態方向
 - 7.2 変態固有ひずみ
 - 7.3 弾性定数
 - 7.4 変態応力および逆変態応力の温度依存性およびマルテンサイト再配列バリア応力
- 8 アコモデーションモデルの応答計算例
 - 8.1 超弾性挙動
 - 8.2 形状記憶効果
 - 8.3 多軸応力場における解析・比例負荷
 - 8.4 多軸応力場における解析・非比例負荷

第 3 章 現象論的構成式

- 1 背景
- 2 等応力モデル
 - 2.1 等応力モデルの概要
 - 2.2 変態および逆変態の評価における Mises の相当応力
 - 2.3 応力誘起変態および温度誘起変態
 - 2.4 変態限界応力の温度依存性
 - 2.5 エレメントおよびサブエレメントの応力誘起変態特性
- 2.6 等応力モデルの定式化
- 2.7 計算手順
- 2.8 等応力モデルに必要な材料定数
- 2.9 等応力モデルの応答計算例
- 3 その他のモデル
 - 3.1 田中のモデル
 - 3.2 徳田のモデル
 - 3.3 Brinson らのモデル
 - 3.4 Yu らのモデル

【付録】 座標変換

- 1 テンソルの座標変換
- 2 結晶粒系のひずみおよび応力と変態システム系のひずみおよび応力の変換
- 3 マクロ座標系のひずみおよび応力と結晶粒座標系のひ

第 III 部 アクチュエータの設計

はじめに

第 1 章 形状記憶合金のアクチュエータ等への利用方法

- 1 形状記憶合金とバイアスばねの連結
- 2 形状記憶合金の拮抗型連結
- 3 アクチュエータの応答性向上対策
 - 3.1 逆変態開始/ 終了温度差
 - 3.2 変態温度ヒステリシス
 - 3.3 逆変態温度上昇分

第 2 章 エネルギー変換素子としての応用

- 1 低温廃熱エネルギーの賦存量とその活用技術
- 2 低温廃熱エネルギーの利用効率
- 3 形状記憶合金のエネルギー変換素子としての利用
 - 3.1 超弾性を利用したエネルギー貯蔵
 - 3.2 形状記憶効果を利用したエネルギー変換
- 4 熱エンジン
 - 4.1 これまでに提案されている熱エンジンの種類と特徴
 - 4.2 熱エンジンの作動原理
 - 4.3 エンジン出力に及ぼす影響因子
 - 4.4 繰返し特性と素子の疲労寿命
 - 4.5 素子破断に至るまでの仕事量
- 5 形状記憶合金のエネルギー変換効率

第 3 章 形状記憶合金を利用したエネルギー変換システムの設計

- 1 システム構成
- 2 システム設計
 - 2.1 基本仕様
 - 2.2 変換素子数
 - 2.3 廃熱量
 - 2.4 熱効率
- 3 低温廃熱からの回収動力の試算
- 4 変換システムの発電コスト
- 5 課題と展望
 - 5.1 変換システムの開発について
 - 5.2 変換素子について

第 4 章 形状記憶合金を利用したパイプ継手の設計

- 1 継手（リング）の設計・製作手順
- 2 継手素材の選定
 - 2.1 合金組成
 - 2.2 変態温度
 - 2.3 機械的性質
 - 2.4 熱力学特性
- 3 継手の製作
 - 3.1 熱間加工
 - 3.2 特性評価
 - 3.3 時効処理
- 4 拡管
- 5 性能検査
 - 5.1 継手施工性の確認試験
 - 5.2 引抜試験
 - 5.3 疲労試験

第 IV 部 アクチュエータ・センサの設計マニュアル

はじめに

第 1 章 位置制御システム

- 1 一方向性と二方向性の形状記憶合金の相違点について
- 2 抵抗値とひずみとの関係
- 3 SMA ワイヤを用いたアクチュエータの位置決め制御方式
 - 3.1 通電加熱の基本
 - 3.2 印加電圧の可変方法
 - 3.3 SMA ワイヤ駆動のアクチュエータをサーボ化するには
 - 3.4 抵抗値の変化をフィードバックして位置制御するには
 - 3.5 計装アンプを用いた位置制御方法
 - 3.6 パワー駆動部を PWM で制御する方法
 - 3.7 力（推力、トルク）の制御方法
 - 3.8 外部センサを用いた位置制御方法
 - 3.9 SMA ワイヤの拮抗制御方式
 - 3.10 位置制御システムの制御特性
 - 3.11 SMA ワイヤで動くモデル例

第 2 章 1 本の形状記憶合金線で温度とひずみを検知するセンサ

- 1 検知原理
- 2 回路図
- 3 応用への展望

第 3 章 超弾性 SMA をセンサとして使う方法

- 1 SE ワイヤを用いた振動検知機構と原理
- 2 回路図
- 3 応用への展望

第 4 章 マクロ的ひずみセンサ

- 1 マクロ的ひずみとは
- 2 ひずみセンサとして使用した場合の力の方向によるひずみ量の違い
- 3 建造物のひずみを SE ワイヤで測定した場合
- 4 回路図
- 5 SE ワイヤを直線ひずみとして使用するマクロ的ひずみセンサ
- 6 応用への展望

第 V 部 シミュレーションプログラム

はじめに

付録ソフトデータマニュアル

- 1 解析作業の流れ
- 2 入力データの作成
 - 2.1 材料定数
 - 2.2 初期温度
 - 2.3 負荷条件
- 3 解析計算
- 4 結果の評価

索引

※ 2016 年 7 月現在。変更の可能性がります