

物質工学入門

材料編

機能性材料 (I)

令和2年 良き日

担当：武 成祥

1

Today's topic is

SMA

What does "SMA" represent?

First of all, please watch this video:

<https://www.youtube.com/watch?v=e7pEDUwfJYQ>



2

もう一丁！ SMM

下記のビデオをご覧ください：

<https://www.youtube.com/watch?v=2L8dWMX8u3o>



3

形状記憶合金

SMA

Shape Memory Alloy

形状記憶物質

SMM

Shape Memory Materials

4

形状記憶合金とは？

普通の金属材料は、外から大きな力を加えると変形前の形に戻ることはありません。このような性質を利用して私たちは今日、金属を自由な形に変形して利用しています。ところが、ある種類の金属材料では、変形後にある一定の温度以上に加熱すると元の形状に回復する性質をもつ合金があります。これが元の形状を記憶している合金という意味で、「形状記憶合金」と呼ばれ、この現象を「形状記憶効果」と呼んでいます。

5

相変態とは

物質の三態：固体、液体、気体

同じ固体でも変態が起こる

マルテンサイト変態

固体の結晶構造の瞬時変化

6

結晶構造の話

原子また分子は長周期に規則正しく配列されている状態

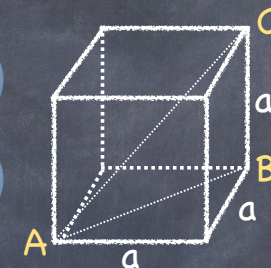
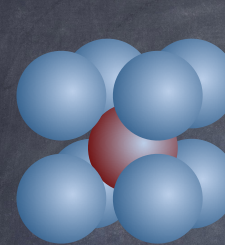
配列の方法（並べ方）

7晶系、14種類

典型的なものについて

7

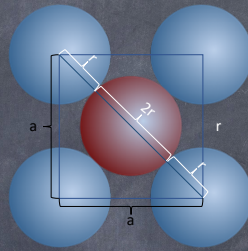
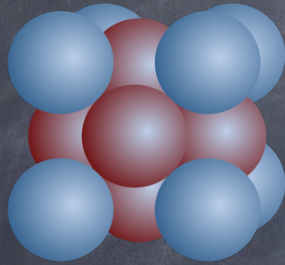
体心立方構造



$$\begin{aligned} AC &= 4r \\ AB^2 &= a^2 + a^2 = 2a^2 \\ \downarrow \\ AC^2 &= AB^2 + BC^2 \\ (4r)^2 &= 2a^2 + a^2 = 3a^2 \\ \downarrow \\ r &= \frac{\sqrt{3}}{4} a \end{aligned}$$

8

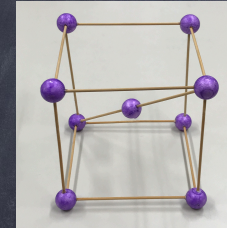
面心立方構造



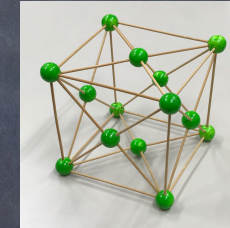
$$\begin{aligned}(4r)^2 &= a^2 + a^2 = 2a^2 \\ 4r &= \sqrt{2}a \\ r &= \frac{\sqrt{2}}{4}a\end{aligned}$$

9

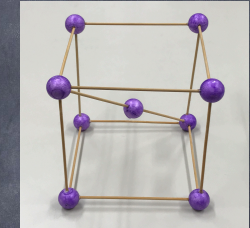
固体中の変態



常温～906℃
α鉄



906～1402℃
γ鉄



1402～1535℃
δ鉄

10

マルテンサイト変態の種類

1. 温度のみによるマルテンサイト変態
2. 熱弾性型マルテンサイト変態（応力と温度）
3. 応力誘起マルテンサイト変態（応力のみ）

種々のマルテンサイト変態と発生源

発生源	変態名	実例
熱	マルテンサイト変態	鉄の焼き入れ
熱＋応力	熱弾性型マルテンサイト変態	形状記憶合金
応力	応力誘起マルテンサイト変態	超弾性合金

弾性変形：外力を除くと元の形に戻る

塑性変形：永久変形

11

形状記憶合金とは？

下記のビデオをご覧ください（約1時間）



<https://www.youtube.com/watch?v=kQIJwx3t64>

12

形状記憶合金の生い立ち

- 1951 アメリカ、イリノイ大学、リード
Au-Cd合金（単結晶）
- 1964 海軍兵器研究所のビューラー
Ni-Ti合金の優れた記憶特性
- 1965 「形状記憶合金」を命名したのは
ジューダベルド
- 1970年代 研究は盛んに
- 1970年代後半：超弾性合金
- 1980 実用化

13

形状記憶合金の性質

1. 大きな回復量
2. 大きな回復力
3. 繰り返し動作
4. その他

14

広範囲な応用分野

1. 固定器具への応用
2. 家電製品への応用
3. ロボットへの応用
4. エンジンへの応用
5. 超弾性合金の利用
6. 医学への応用

15

広範囲な応用分野

パイプの継ぎ手

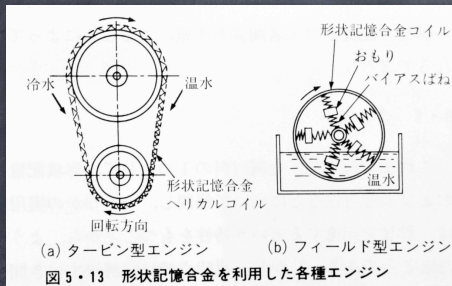
http://www.awaji-m.jp/r_and_d/images/sma.pdf

その他（1）

<https://www.furukawa-ftm.com/nt/lib/furu-nt2.htm>

16

広範囲な応用分野



<https://www.youtube.com/watch?v=UagzCAklzog>

17

Shape Memory Materials MIT



<https://www.youtube.com/watch?v=s62PL5vmfNw>

19

問題点と今後の展開

1. 回復量と回復温度
2. 形状記憶処理法の確立
3. 製造条件、構造、性質

18

ダイヤモンドと熱伝導



<https://www.youtube.com/watch?v=UZ-qKvtHDnM>

20

MIT's Choose your own Chemistry Adventure



<https://www.youtube.com/watch?v=pRc4FxrNGyY>

MIT: Massachusetts Institute of Technology
(マサチューセッツ工科大学)

21

Starting now Fascinating Chemistry

1. Unlike many substances, water expands as it freezes. An ice cube takes up about 9% more volume than the water used to make it.

水は「異常液体」という

23

課題 1

形状記憶合金の記憶しくみについて説明しなさい。また、形状記憶合金の応用例を2つ挙げなさい。

(参考：固体の変態、結晶構造、マルテンサイト変態)

22

Starting now Fascinating Chemistry

2. A pure element takes many forms. For example, diamond and graphite both are forms of pure carbon. We call them allotropes 同素体

24