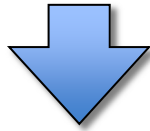


基礎材料組織学 第 12 回

- 前回：
- ・ てこの関係
 - ・ 共晶型（Ⅰ）平衡状態図



- 今回：
- ・ 共晶型（Ⅱ）平衡状態図
 - ・ 固溶強化
 - ・ 析出強化

12.1 共晶型(Ⅱ)平衡状態図

●A金属とB金属がある範囲内でそれぞれ固溶体を形成し、かつそれらが混ざり合う

・α固溶体: A金属に少量のB金属が固溶したもの、
固溶限: C F H

・β固溶体: B 金属に少量のA金属が固溶したもの、
固溶限: D G K

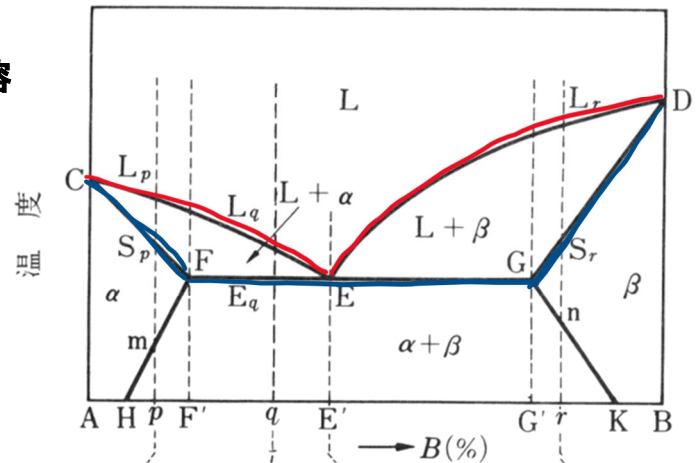


図 12.1 共晶型(Ⅱ)平衡状態図

[大学基礎 機械材料 SI 単位版, 実教出版]

・液相線: C E D

固相線: C F E G D

●図中 E' の組成を持つ合金を液相からゆっくり冷却

①温度 E 直下: α + β 領域に入る、α 固溶体と β 固溶体が共晶して凝固完了

・組成 α 固溶体: F 点に該当する組成, β 固溶体: G 点 ..

・存在割合 $\alpha : \frac{\overline{EG}}{\overline{FG}}$, $\beta : \frac{\overline{FE}}{\overline{FG}}$

②室温: α + β 領域 (変わらず)

・組成 α: H 点, β: K 点

・存在割合 $\alpha : \frac{\overline{E'K}}{\overline{HK}}$, $\beta : \frac{\overline{HE'}}{\overline{HK}}$

・ α と β 固溶体の組成は温度により変化し (固溶限の変化), それに伴い存在割合も変化する。

●図中 q の組成の場合

①液相線との交点 Lq 直下: L + α 領域に入る、α の初晶開始

② 固相線との交点 E_g 直上: L + α 領域内

・組成 L: E点, α: F点

・存在割合 $L: \frac{\overline{FE_g}}{\overline{FE}}$, α: $\frac{\overline{EE_g}}{\overline{FE}}$

③ E_g 直下: α + β 領域に入る、残っていた液相の共晶が作れる
初晶αと共晶α+βの混合

・組成 α: F点, β: G点, 存在割合 α: $\frac{\overline{EG}}{\overline{FG}}$, β: $\frac{\overline{FE_g}}{\overline{FG}}$ 状態

④ 室温: α + β 領域 (変化せず)

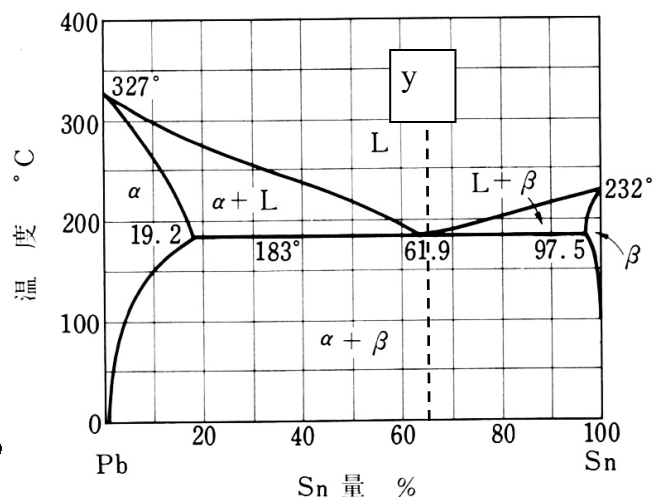
・組成 α: H点, β: K点, 存在割合 α: $\frac{\overline{HK}}{\overline{HK}}$, β: $\frac{\overline{HK}}{\overline{HK}}$

・例題: 組成 y の合金を液相からゆっくり冷却した場合、以下について述べよ。

① 183°C 直下で生じる現象

② 183°C 直下における組成

③ " 存在割合



① 共晶

② α: 19.2% Sn - 80.8% Pb

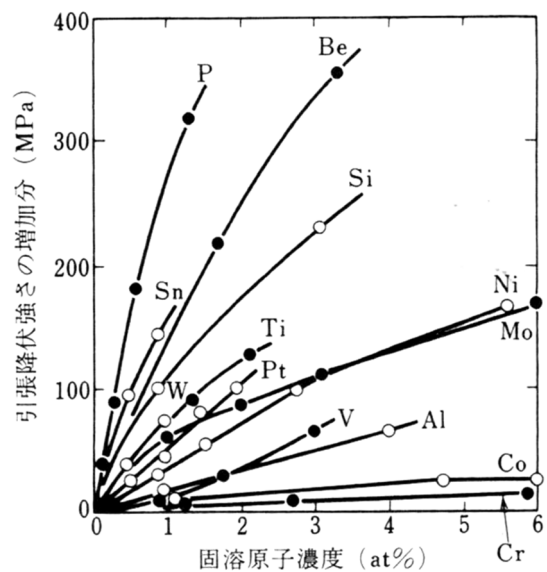
β: 97.5% Sn - 2.5% Pb

③ α: $\frac{97.5 - 61.9}{97.5 - 19.2} \times 100 = 45.5\%$, β: 54.5%

12.2 固溶強化

-
- (a) 侵入型 (b) 置換型 (溶質原子が大きい場合) (c) 置換型 (溶質原子が小さい場合)

[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]



[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]

[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]

- ・固溶体は形成する組成割合は限られている。

・ 固溶体 $\rightarrow$ 有限の量に溶ける。 にもいとも、固溶
 である量に限度がある場合がある。

・ 固溶できる量は温度により変化する。

12.3 析出強化

- Al-Cu 系における α 固溶体： $T^{\circ}\text{C}$ においてX%のCuは完全に固溶可能だが、室温では固溶を維持できない

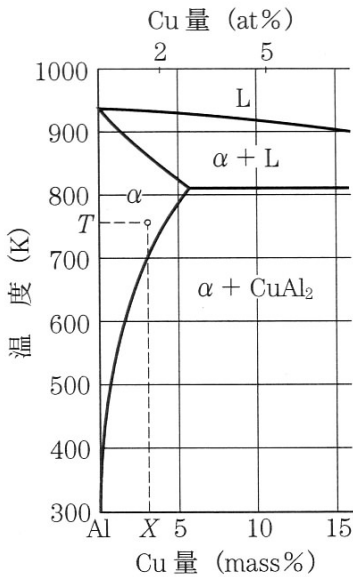


図 12.5 Al-Cu 系
平衡状態図(一部)

[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]

・ゆっくり冷却: α 固溶体と金属間化合物 CuAl_2 の混合状態の組織となる。

・急速に冷却: CuAl_2 の結晶形成が間に合わず
(溶体化処理) 室温で Cu とその γ 固溶体の組織となる。



・本来, 室温では固溶できない程の Cu 量を含んだ固溶体:

「Al に対する Cu の過飽和固溶体」

→ 特定の熱処理(時効処理)により

- ① 溶質原子の集合体 (GPゾーン) の形成
 - ② 中間相粒子 (部分的に非整合) の形成
 - ③ 中間相粒子 (非整合) の形成
- を連続的に析出していく

溶質原子の集合体
格子歪みによる転位運動障害

粒子の存在による転位運動障害

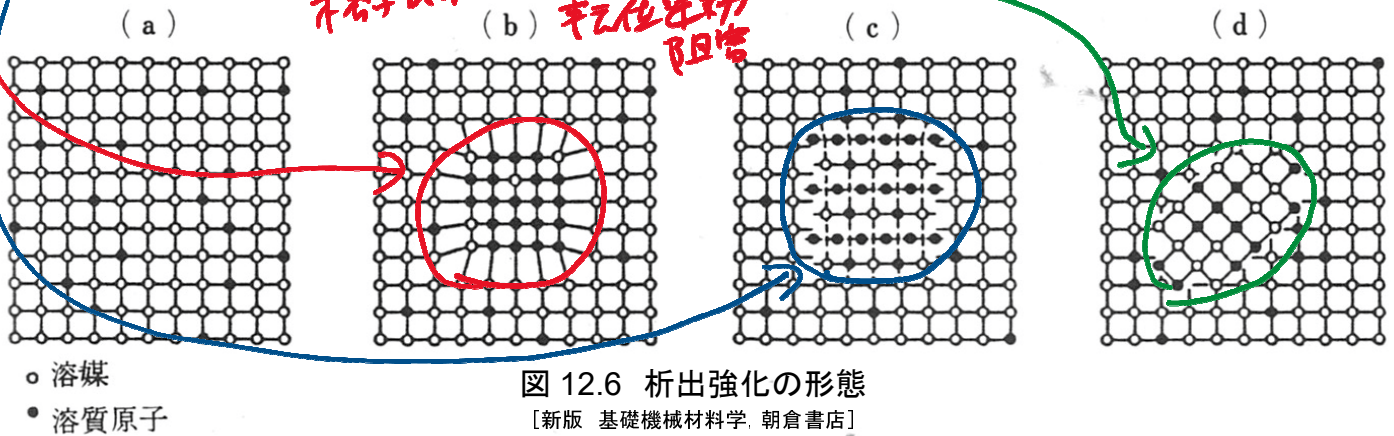


図 12.6 析出強化の形態
[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]

●析出強化のメカニズム

- 1) GPゾーンによる格子歪み
- 2) 中間相粒子の切断による新断面形成
- 3) 転位が回り込むことによる転位伸長

12.4 第 12 回講義に関する意見・感想・質問のまとめ

●意見・感想

- ・前回とやることがほとんど同じで図がうまく作られていた、共晶型(II)を理解するにも(I)をしっかり知っておくことが大事、存在割合の求め方は共通している部分が多く理解しやすかった、今日で平衡状態図がそれなりに読めるようになった気がする、板書で色分けされていてわかりやすかった:16←繰り返し返しやることで理解が進んできたかと思います。
- ・腹痛で途中離脱してしまったのでよく復習する、析出強化の形態について理解を深める、今日の講義も難しかったので復習する、存在割合の計算は全部同じなので覚えたい、固相液相のグラフが重要なのでしっかり復習する、最近授業に追いつけなくなってきたので復習する、共晶型(II)においても焦らず解く、強化機構の復習をする:16
- ・小テストで忘れていたことを思い出せてよかった、今回の小テストで少し勉強が足りていなかった、最後の問題をどう表せば良いのかわからなかった、スムーズに解くことができた、手応えがあった、読み取りや計算はできても語句ができなかった、存在割合の出し方が曖昧でおそらく逆で出してしまった:7←今回の小テストは平均 6.7 点、満点 17 名でした。最後の問題については次ページに記しました。
- ・強化の話に戻って今までやってきたことの意味がわかった、共晶の意味がわかった、固溶による転位運動の妨害が分かった、固溶体の強度についての謎が解けた:5
- ・今までの全体的な復習をする、授業も残り少ないので最後まで気合を入れる、期末が近づいているので今までの小テストを復習している:4
- ・冷却でゆっくりするのと急速とで違ったものができるのは面白い、アルミの格子定数が固溶により小さくなる場合が多いことが意外だった:2
- ・ステンレスや青銅などの例を調べてみたい←いいですね！
- ・気温が高いが講義室は涼しい
- ・図 12.6 がトリックアートのようなだった←目がチカチカしますね。
- ・「全ての金属において固溶強化は適用できるか」の問いを考えすぎていた
- ・平衡状態図の読み取り方が分かった、この辺忘れていたので復習になった、ひずみがあると転位が発生しやすいと思っていたので格子ひずみによって転位運動が阻害されるのは不思議、授業内容を理解した上で次の小テストに臨む、小テスト解けなかった、終了後に小テストのミスに気づいた、B+L 側の問題をやってみる、計算量が多くなり難しくなってきた、用語や組成の計算に力を入れる、読み取り方を前回より理解できた、期末試験まで頑張る、夏休みを楽しむ、全て理解できた、固溶強化や析出強化について理解できた、復習頑張る、←夏休みを気兼ねなく満喫できるように頑張ってください！

●質問

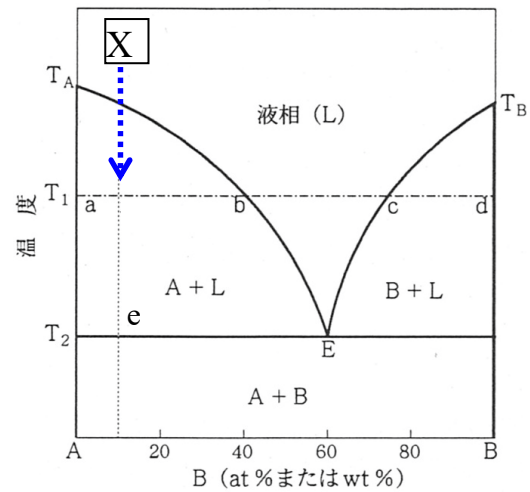
- ・析出強化の(c)と(d)の違いがあまり理解できなかった、切断と転位が回転するかの違いということ？←(c)と(d)は形態の違いですので、それによる強化メカニズムの 2)と 3)は(c)と(d)のいずれでも発現します。
- ・組成を答える問題で%を書き忘れたら減点か？←減点ですね。誤答(×)にはしません。
- ・授業ノートに小テストの解法を書いておくことはありなのか？←自身で準備した資料も持ち込み可能ですので、自分で小テスト解法をまとめたプリントやノートを作成するのは全然 OK です。
- ・期末テストの大体の難易度は？←前にも書きましたが「小テストと同程度」です。
- ・析出強化のための特定の熱処理は具体的にどのようなことをしているのか？←一例としてアルミ鋳物における熱処理のことが以下のサイトに詳しく書いてあります。

<https://marusank.jp/techinfo/アルミ鋳物の熱処理とその種類について/>

12.5 第 11 回小テスト解答

Q.1 右図の X の状態(組成:A 90%—B10%)からゆっくり冷却した場合, 以下の問いに答えよ. [各 2 点]

- 温度 T_2 直上での組織の状態
- " で存在する各相の組成
- " 各相の存在割合
- 温度 T_2 直下で生じる現象
- " での組織の状態



A.1

a) 初晶 A 金属と液相の混合状態 (「A+L」でも可とした. 単に「固相と液相」では減点.)

b) 初晶 A 金属の組成: A100%—B0%

液相の組成: E 点が該当 → A40%—B60%

注: 勘違いして T_1 点の組成を読んでいる人が多数いました.

c) 初晶 A 金属の存在割合: $\frac{eE}{T_2E} = \frac{50}{60} = 0.833... \rightarrow 83.3\%$ (83%でも可)

液相の存在割合: $1 - 0.833... = 0.166... \rightarrow 16.7\%$ (17%でも可)

注: 式を表さずにいきなり 83% / 17%と解答を記した場合は減点.

d) 共晶

e) 初晶 A 金属と共晶の固相混合状態 (「A+B」でも可とした. 「A と B の共晶組織」は減点.)