

Praktikum Härtungsmechanismen

1. Martensitische Härtung

- Martensit:
- mit Kohlenstoff übersättigter tetragonaler verzerrter α -Mischkristall
 - hohe Versetzungsdichte
 - hart und spröde (durch Anlassen wird Sprödigkeit verringert)
 - Beschränkung nicht nur auf Metall

Entstehung von Martensit

- Zugabe von Kohlenstoff und einer beschleunigten Abkühlung wird das KFZ-Gitter nicht mehr in die KRZ- α -Gleichgewichtsphase umgewandelt, sondern bei wesentlich tieferer Temperatur in eine metastabile RZ-tetragonal-verzerrte Phase überführt, die den Kohlenstoff zwangsgelöst auf den Kantenmitten der EZ enthält.
- Zugabe weiterer Legierungselemente, Bildung noch anderer Martensitphasen in Fe-Legierungen möglich (Bsp.: hexagonales Martensit bei Mn Zugabe) – Ausbildung von Ungleichgewichten
- Phasenumwandlung erfordert eine Umordnung der Bausteine durch Diffusion (therm. aktivierter und somit temp.- und zeitabhängiger Vorgang)
- Ausbildung des Gleichgewichtszustandes/ -gefüges wird erschwert oder sogar unterdrückt wie Unterkühlung des Umwandlungsbeginns/ und -ablauf
- bei hinreichend hoher Abkühlungsgeschwindigkeit entstehen metastabile bzw. instabile Gefügestände oder neuartiger Phasen
- Abkühlungsgeschwindigkeit? AR3-Punkt verlagert sich schnell zu tieferen Temp. als AR1-Punkt
- ? voreutektoider Ferritbildung wird in steigendem Maße erdrückt (wenn AR3 und AR1 zusammenfallen, tritt keine Ferritbildung mehr ein)
- Austenitumwandlung bleibt unvollständig – Bildung von Bainit und Martensit

Unterkühlungsstufen

- 0 = Gleichgewichtsumwandlung
- 1 = Unterdrückung der voreutektoiden Ferritbildung bei Stählen mit c-Gehalt unter 0,8%
- 2 = Perlitbildung (nachträgliche Erwärmung, durch im Werkstoff gespeicherte Wärme)
- 3 = ab 450°C Diffusion der Fe-Atome (perlit-Umwandlung) nicht mehr möglich
- 4 = Martensitstufe: Unterkühlung des Austenits so groß, daß auch Diffusion der C-Atome unterdrückt wird; das KFZ-Gitter des unterkühlten Austenits scheidet ehe der Kohlenstoff Fe₃C bilden kann, diffusionslos in das RZ-Gitter des Martensits über, das mit C übersättigt ist, da das KRZ-Ferrit nur 0,0001% C lösen kann – infolge C-Übersättigung, hohe Eigenspannungen, die mit wachsendem C-Gehalt zu zunehmenden tetragonalen Verzerrungen des Gitters führen

2. Ausscheidungshärtung

Aushärten:

- Wärmebehandlung zur Erhöhung der Härte und Festigkeit von nicht NE-Legierungen bzw. keine polymorphe Umwandlung aufweisen
- Stoffe:
 - hauptsächlich Al und Ni-Legierungen
 - aber auch Stähle (höherfeste Feinkornbaustähle, martensitaushärtbare Stähle)
- Voraussetzung für Härtebarkeit:
 - Legierung muß bei erhöhter Temp. MK bilden
 - Legierung muß Legierungselement enthalten, das eine mit sinkender Temp. abnehmende Löslichkeit im MK des Grundmetalls besitzt
- 3 Behandlungsschritte erforderlich

Lösungsglühen (Homogenisieren)

- Al-MK und Gleichgewichtsphase Al bei RT

° Löslichkeit des Al-MK für Cu nimmt bei der Erwärmung zu und erreicht bei der eutekt. Temp. ein Maximum – Lösungsglühn mehrere Stunden dicht unter eutektischer Temp. . Ziel das zur Aushärtung führende Cu soll vollständig in Lösung ein gebracht werden (Voraussetzung für Große Festigkeitssteigerung)

° Lösungsglühtemp. in engen Grenzen :

- ° zu niedrige Temp.: zu wenige Cu Atome gehen in Lsg.
max. Festigkeit wird nicht erreicht
- ° zu hohe Temp.: Gefahr des Aufschmelzens
keine Weiterverarbeitung möglich
muß wieder eingeschmolzen werden

Abschrecken

- ° Abkühlen mit solch hoher Geschwindigkeit, daß Cu-Atome in übersättigter Lsg. in MK verbleiben
- ° in Wasser oder Wasserdampf
- ° im abgeschreckten Zustand sind die übersättigten homog. MK noch relativ weich (nur geringe Festigkeitserhöhung)

Auslagern

- ° bei RT – Kaltauslagern
- ° erhöhte Temp. – Warmauslagern
- ° durch Diffusionsvorgänge kommt es zur Entmischung

Kaltauslagerung: Entstehung von metastabilen Phasen (Ansammlungen von Cu im MK-Matrix, die nur wenige Atomlagen dick sind)

Warmauslagerung: bis 200°C, Entstehung von Guinier-Preston-Zonen II (GPZ II) und anschließend die metastabile θ -Phase mit teilkohäventer Grenzfläche zum Al-MK

Entstehung der Festigkeit

- ° GPZ I verspannen Al-Gitter und bilden durch große Anzahl ein wirksames Hindernis für die Versetzungsbewegung
- ° beim Warmauslagern wird Härtemaximum erreicht wenn Gemisch aus GPZ II und θ -MK vorliegt
- ° Mg-haltige Al-Cu-Leg. sehr hohe Härte bei Kaltauslagerung
- ° Mg-haltige Al-Zn-Leg. sehr hohe Härte bei Warmauslagern
- ° bei zu hoher Temp. + Warmauslagern mit zu langen Haltezeiten wachsen die gebildeten Teilchen – Überhärtung, Rückgang der Härte und Festigkeit

0 dimensionaler Fehler

- ° Austauschatome können größer oder kleiner als Matrixatome sein
- ° Matrixatome größer als Einlagerungsatome
- ° Härtungsmechanismus – Legierungshärten, Legierungen sind härter als Material

1 dimensionaler Fehler

- ° Versetzungen – Stufenversetzungen
- ° kann sich bewegen
- ° mehrere behindern sich beim bewegen
- ° können gebildet oder aufgehoben werden (Umformtechnik)
- ° bei Warm – Kaltverformen werden Versetzungen erzeugt
 - ° bei Warmverformen werden neue Versetzungen aufgehoben
 - ° Versetzungsdichte nachher = vorher
 - ° Trennung beider Verformungen ist die Rekristallisationstemp. = $0,4 \cdot T_{\text{Schmelztemp.}}$

2 dimensionaler Fehler

- ° Korngrenzen

- Versetzungen können sich nur auf ihrer Gleitebene bis zur Korngrenze bewegen – Stau – Wechselwirkung zwischen Korngrenze und Versetzung – kleines Korn – viele Korngrenzen – hohe Härte, da viele Staus
- Normalglühen
- Grobkornglühen

3 dimensionaler Fehler

- Ausscheidungen
- Lösungsglühen: Legierung wird in Matrix gelöst
- Ausscheidungshärten