Untersuchung zur Gefügestruktur einer Aluminiumbronze: Einfluss der Glühtemperatur und Abkühlgeschwindigkeit

Johannes Schoch

Inhalt

- Motivation
- Versuchsprogramm
- (Durchführung)
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

Werkstoffinformationen

Legierungstyp: CuAl10Ni5Fe4

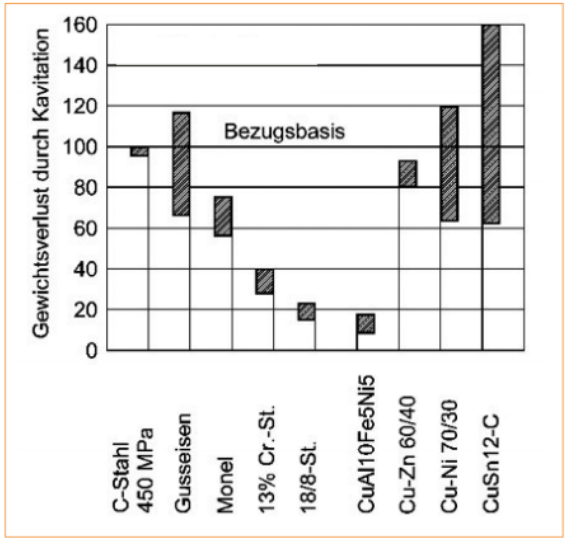
- heterogene Kupfer-Aluminium-Mehrstoff-Legierung
- Nickel verbessert die Korrosionsbeständigkeit
- Eisen wirkt kornverfeinernd, erhöht die Zugfestigkeit

Schiffsschraube aus Al-Bronze:
http://pimg.tradeindia.com/00433139/b/2/Aluminium-Bronze-Scrap.jpg

Werkstoffeigenschaften:

- hohe Festigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- hohe Verschleißbeständigkeit , insbesondere hohe Kavitationsbeständigkeit

α + IP (ϰ-Phasen)



Anwendungsgebiet:

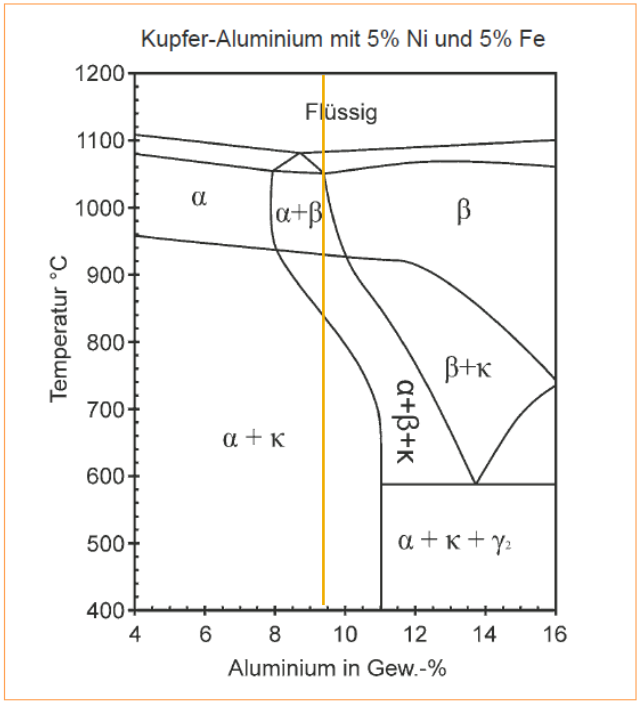
- Schiffsschraube, Seewasserpumpen

Motivation

Gefügeentstehung- Gleichgewichtsbedingungen

- β → α-β → α + ϰ-Phasen

  Krz, Kfz



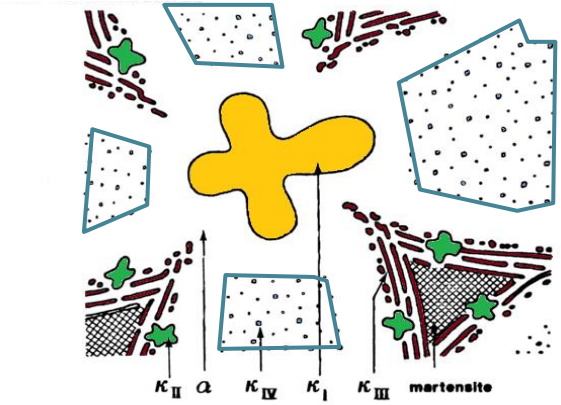
Ausscheidung der ϰ-Phasen im festen Zustand

- <u>aus der β- Phase</u>

  $\varkappa_2$-Phase (eisenreich)
- <u>als Quasieutektoid</u>

  α + **$\varkappa_3$-Phase** (nickelreich)
- <u>aus dem α-Mischkristall</u>

  $\varkappa_{4(eisenreich)}$, $\varkappa_{5(nickelreich)}$



Versuchsreihe 1

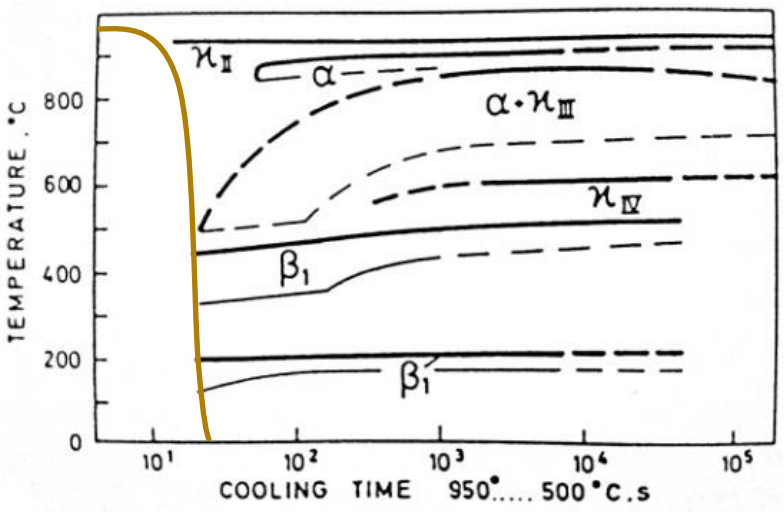
Einfluss der Glühtemperatur auf die Phaseneinstellung von α, β und ϰ

Motivation

- β-Phase unterkühlbar:

$$\underset{\text{(Krz)}}{\beta} \xrightarrow{400°C} \underset{\text{(orthorhombisch)}}{\beta_1} \xrightarrow{200°C} \underset{\text{(martensitähnlich)}}{\beta_1'}$$

→ Legierung vergütbar



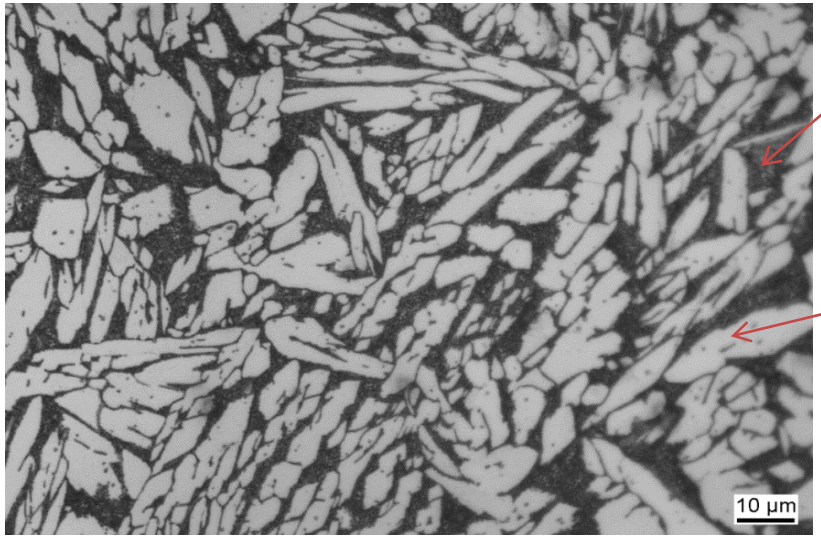
Versuchsreihe 2

Untersuchung des Unterkühlungsverhaltens der Legierung

Versuchsprogramm

Ausgangswerkstoff

Al	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
9,36	4,1	<0,002	0,026	4,9	<0,01	<0,01	0,019



Quasieutektoid ($\varkappa_3$ + α)
und andere $\varkappa$-Phasen

α-Mischkristall

Ausgangszustand: Ätzmittel Cum 5

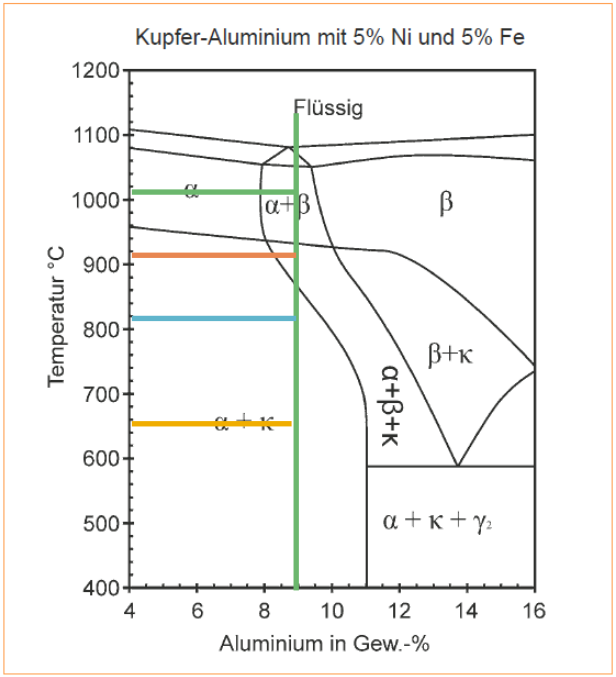
- dendritisches Gussgefüge
- Kristallseigerungen - Kokillenguss

Rm	Rp0,2	A	Z
700N/mm²	306N/mm²	12,8%	17%

Wärmebehandlungsprogramm

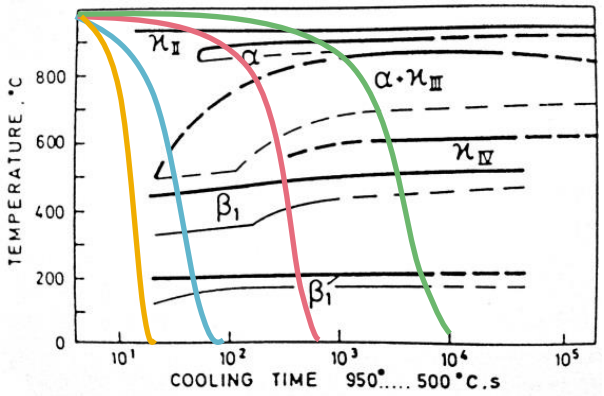
Versuchsreihe1: Einfluss der Glühtemperatur auf die Phaseneinstellung von α, β / β1/ β1` und ϰ

Glühtemperatur: 650°C, 800°C, 900°C, 1000°C
Haltezeit: 40min
Abkühlung: Wasser



Versuchsreihe 2: Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit

Glühtemperatur: 1000°C
Haltezeit: 40min
Abkühlung: Wasser, Öl, Luft, Ofen



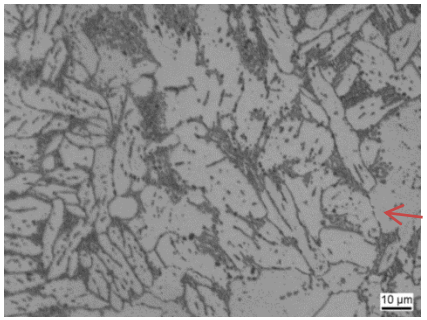
Untersuchungsmethoden

- Brinellhärteprüfung
- metallographische Gefügeuntersuchung
- rasterelektronenmikroskopische Gefügeuntersuchung (EDX)

Ergebnisse Versuchsreihe 1

Zustand: 650°C/ Wasser

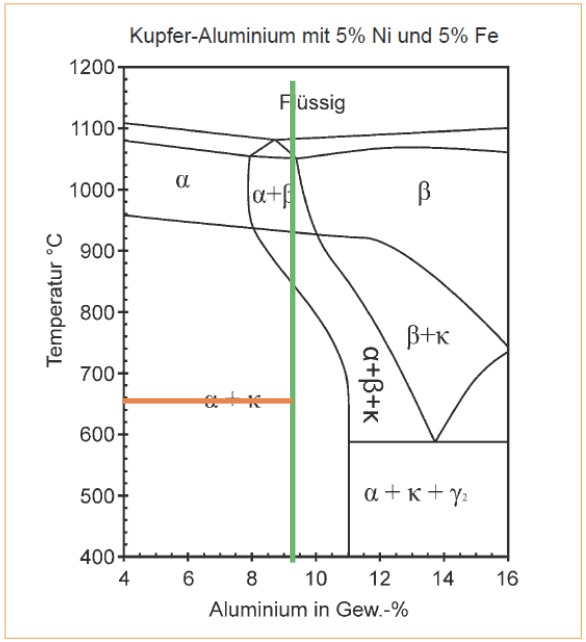
lichtmikroskopische Auswertung :



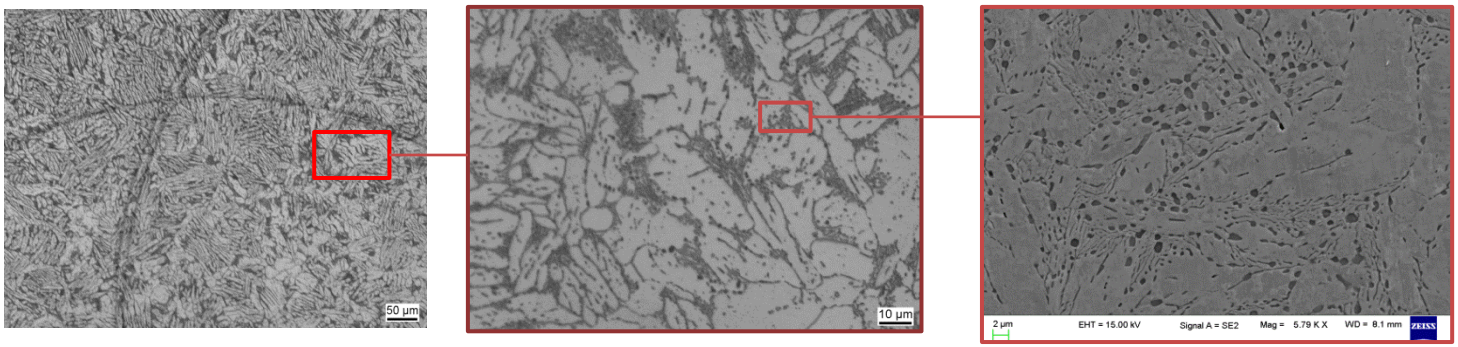
650°C,/ Wasser Ätzung Cum5

Quasieutektoid
($\varkappa_3$ + α)+ andere $\varkappa$-Phasen

α-Mk



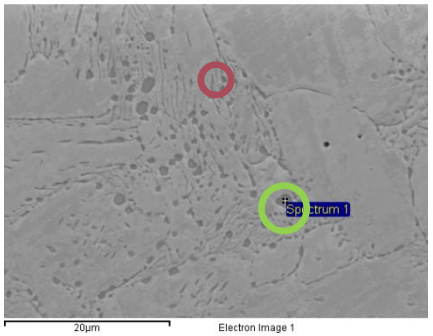
rasterelektronenmikroskopische Auswertung:



α, Quasieutektoid und $\varkappa$ Phasen

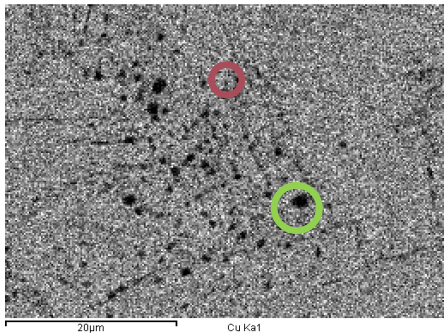
Ergebnisse Versuchsreihe 1

- EDX und Mapping

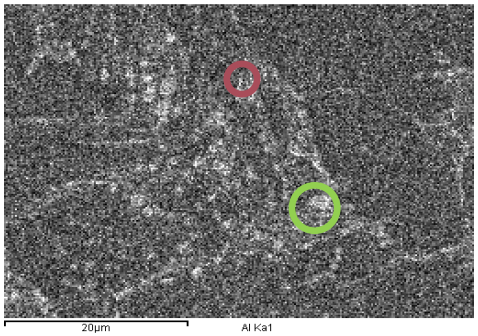


$\varkappa_3$

$\varkappa_2$

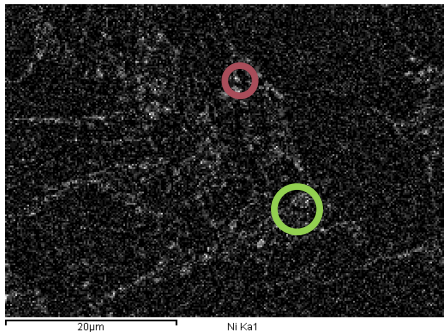


Kupfer Map

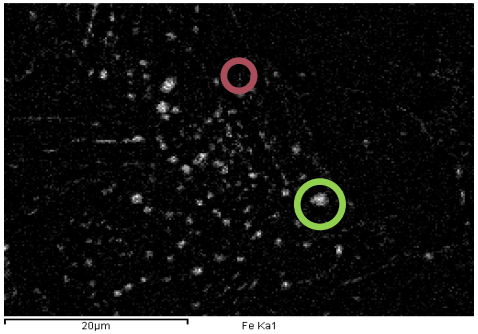


Aluminium Map

Spektrum1	Weight%	Atomic%
Al	12.01	21.95
Si	2.31	4.06
P	0.12	0.19
Mn	0.02	0.01
Fe	61.52	54.31
Co	0.24	0.20
Ni	12.93	10.86
Cu	10.85	8.42



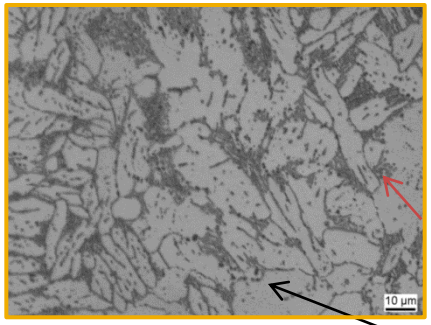
Nickel Map



Eisen Map

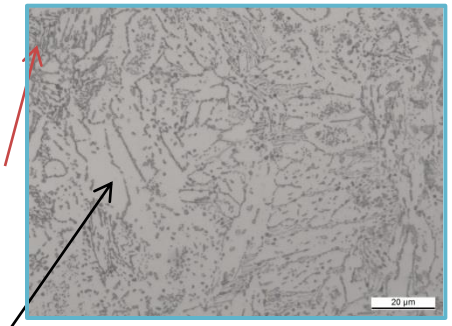
Ergebnisse Versuchsreihe 1

Einfluss der Glühtemperatur auf die Phaseneistellung von α, β und ϰ.



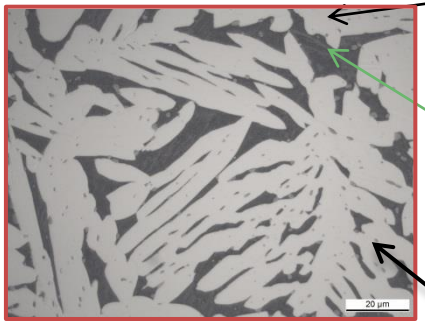
650°C/Wasser, Ätzung Cu m5

Quasieutektoid ($\varkappa_3$ + α)+ andere ϰ-Phasen



800°C/ Wasser, Ätzung Cu m5

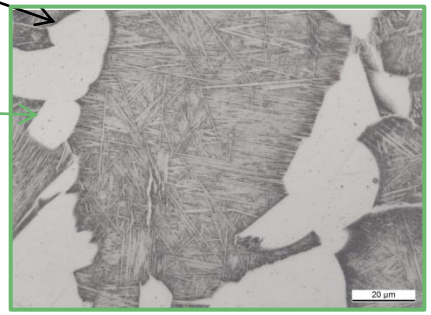
α-Mk



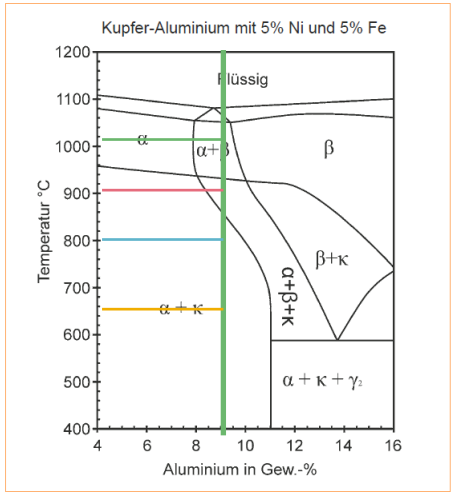
900°C/ Wasser, Ätzung Cu m5

β_1'-Phase

vermutlich erste $\varkappa_2$ Phasen

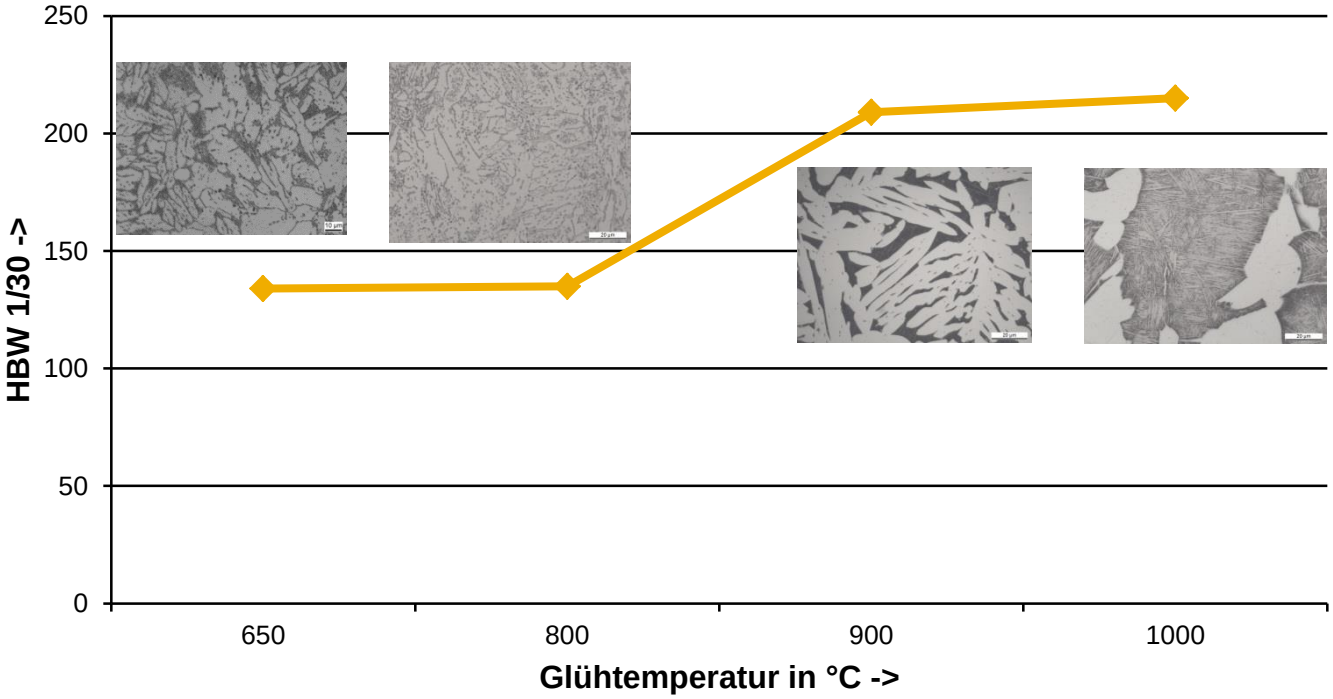


1000°,/Wasser, Ätzung Cu m5



- Bei 900°C bildet sich erstmalig β -Phase
- ϰ Phasen werden mit zunehmender Glühtemperatur immer weiter rückgelöst

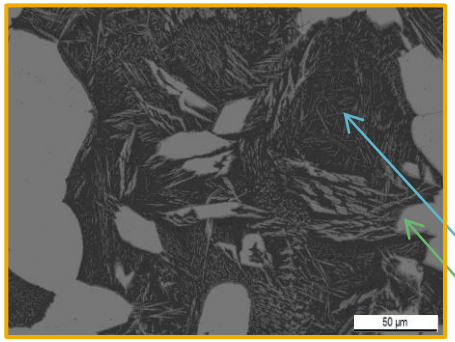
Ergebnisse Versuchsreihe1



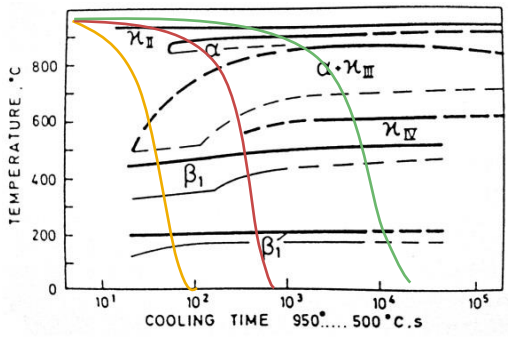
- Das Auftreten der β_1‘-Phase erhöht die Härte.
- Der höchste Anteil an unterkühlter β-Phase wurde bei T=1000°C erreicht.

Ergebnisse Versuchsreihe 2

Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit auf die Gefügeausbildung

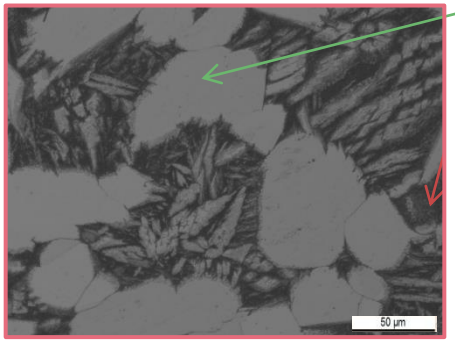


Probe 4 (1000°C, Öl)



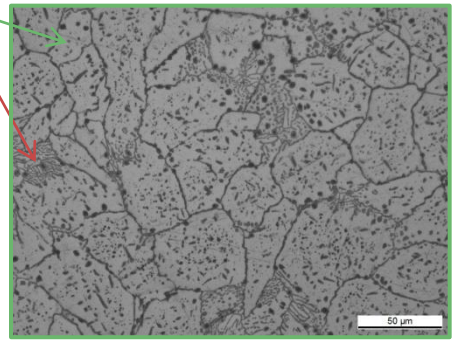
β_1'-Phase

α-Mk



Probe 6 (1000°C, Luft)

Quasieutektoid ($\varkappa_3$ + α)+ andere $\varkappa$-Phasen

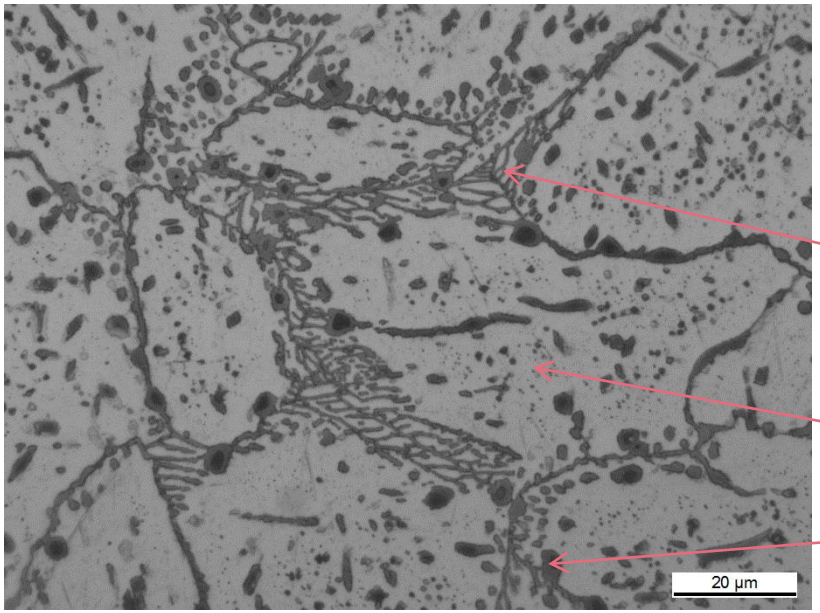


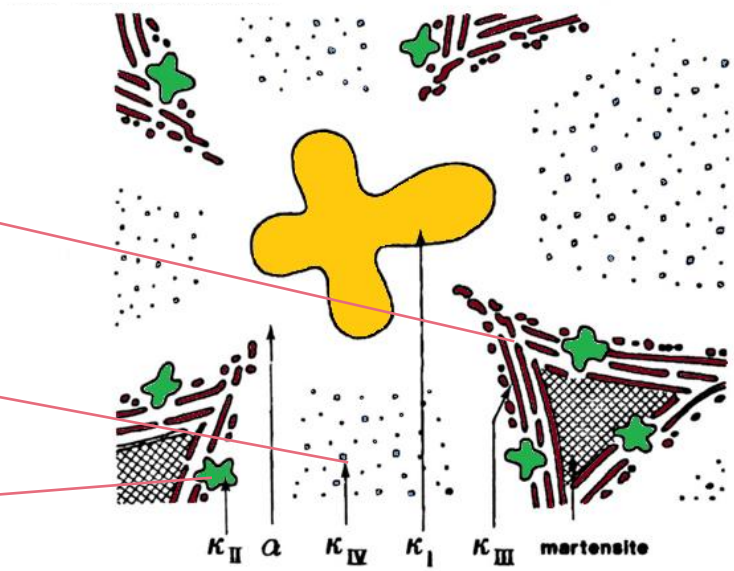
Probe 5 (1000°C, Ofen)

abnehmende Abkühlgeschwindigkeit führt zur Ausscheidung von:

- α Mischkristall
- verschiedenen $\varkappa$ Phasen

Differenzierung der $\varkappa$ Phasen (1000°C/Ofen)

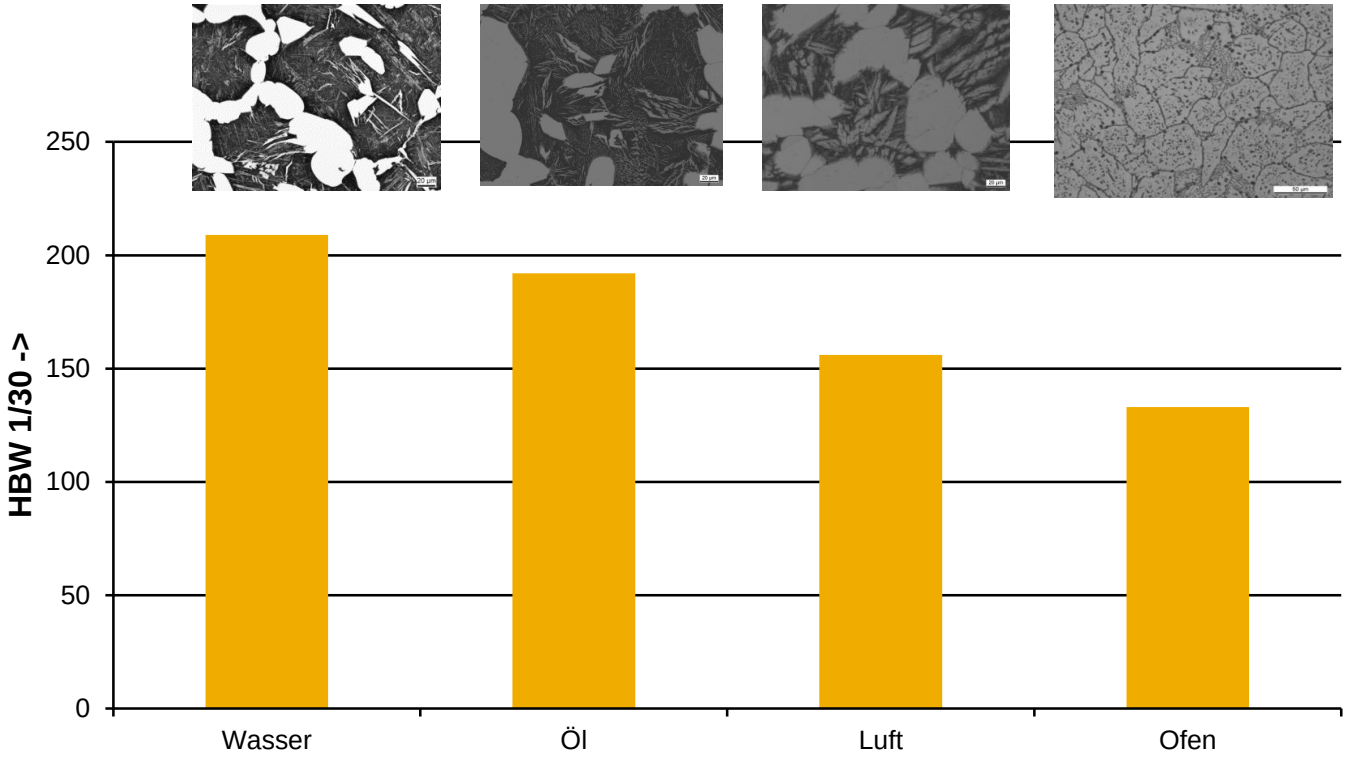




Probe 5: 1000°C ,Ofen

- Anhand ihres unterschiedlichen Ausscheidungsverhaltens lassen sich die $\varkappa_{2\text{-}5}$–Phasen voneinander unterscheiden

Ergebnisse Versuchsreihe 2



Das Unterkühlungsgefüge besitzt aufgrund des hohen Anteils der β_1‘ Phase die höchste Härte.

Zusammenfassung

- Hohe Abkühlgeschwindigkeiten aus dem α -β-Phasengebiet führen zur Entstehung der martensitähnlichen β_1'-Phase

  → kritisch beim Vergießen dünnwandiger Bauteile

  (Versprödungsgefahr)

- Mit zunehmender Glühtemperatur stellten sich die erwarteten Gefügezustände ein.

  metallografisch: α und β_1' Phase gut unterscheidbar

  $\varkappa_{2\text{-}5}$–Phasen nur bei grober Ausbildungsform differenzierbar

- Für die umfassende Charakterisierung der sehr fein verteilten $\varkappa$ -Phasen sind weitere höherauflösende Untersuchungsmethoden erforderlich

  (EDX,BSE, EBSD)

Danksagung

Ich bedanke mich für die intensive Unterstützung während meines Praktikums am Max Plank Institut für Eisenforschung

insbesondere bei Frau Bögershausen und Herrn Faul

Ich danke für ihre Aufmerksamkeit

Quellen

- Copper Development Association Inc.: Aluminum Bronzes, http://www.copper.org/resources/properties/microstructure/al_bronzes.html
- Harry Meigh: Cast and wrought aluminum bronzes, properties, processes and structure, IOM Communications, 2000
- Wolfgang Weißbach, Michael Dahms, Christoph Jaroschek: Werkstoffkunde; Strukturen, Eigenschaften Prüfung, 19. Auflage, Springer Vieweg, Juli 2015
- Hermann Schumann, Heinrich Oettel: Metallografie, 15. Auflage, Wiley-VCH, 2011
- Deutsches Kupferinstitut: Kupfer-Aluminium-Legierungen, https://www.kupferinstitut.de/fileadmin/user_upload/kupferinstitut.de/de/Documents/Shop/Verlag/Downloads/Werkstoffe/i006.pdf