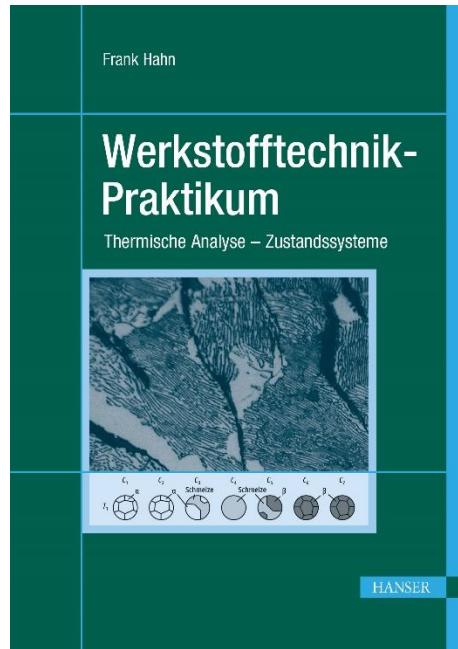


HANSER



Leseprobe

zu

Werkstofftechnik-Praktikum

von Frank Hahn

Print-ISBN: 978-3-446-47212-9

E-Book-ISBN: 978-3-446-47236-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446472129>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Ziel des Praktikums	9
3	Theoretische Voraussetzungen	10
4	Grundlagen	11
4.1	Phasenumwandlungen	11
4.2	Keimbildung und -wachstum	12
4.3	Legierungsstrukturen	16
4.4	Grundtypen der Zweistoffsysteme	19
4.4.1	Zweistoffsysteem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	22
4.4.2	Zweistoffsysteem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen Zustand und Unlöslichkeit im festen Zustand	27
4.4.3	Zweistoffsysteem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen Zustand und begrenzter Löslichkeit im festen Zustand – eutektisches System	31
4.4.4	Zweistoffsysteem mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen Zustand und begrenzter Löslichkeit im festen Zustand – peritektisches System	34
4.4.5	Zweistoffsysteem mit intermetallischer Phase	36
4.4.6	Phasenumwandlungen im festen Zustand	37
4.5	Das Gesetz der abgewandten Hebelarme	38
5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	40
6	Geräte und Hilfsmittel	42
7	Versuchsdurchführung	43
8	Praktikumsauswertung	44
9	Lösungen der Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	46
Index		48

1

Einleitung

Wie Ihnen aus der Physik und aus der Chemie bekannt ist, können Stoffe im Allgemeinen und Metalle im Besonderen in verschiedenen Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig) auftreten. Insbesondere im festen Zustand reicht der Aggregatzustand zur Beschreibung der Struktur des Werkstoffs nicht aus, da unterschiedliche Zustandsformen parallel vorliegen können. Deshalb ist es notwendig, den Begriff der Phase einzuführen. Eine Phase ist eine Zustandsform eines Stoffes, in der Zusammensetzung, Struktur und Eigenschaften eines Stoffes unter Gleichgewichtsbedingungen konstant sind. Sie ist ein in sich homogener Bestandteil eines Systems. Sollten im festen Zustand in einem Stoff mehrere feste Phasen nebeneinander auftreten, dann liegen Kristallite mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung und kristalliner Struktur nebeneinander vor. Die unterschiedlichen Phasen werden durch Phasengrenzflächen voneinander getrennt. Je nachdem, welche Phasen in einem Stoffsysteem auftreten, wie groß die Phasenbestandteile (Kristallite) sind und wie diese verteilt sind, werden die Eigenschaften des Stoffes beeinflusst.

Eine Phasenumwandlung ist nur möglich, wenn sich die Zustandsgrößen Druck, Temperatur und/oder Zusammensetzung der Legierung verändern. Aufgabe der thermischen Analyse ist es, Phasenumwandlungen zu untersuchen und Zustandsdiagramme aufzustellen. Die Ursache für eine Phasenumwandlung liegt im Bestreben des Stoffes, ein Minimum der freien Enthalpie zu erreichen. Wird beispielsweise eine metallische Schmelze abgekühlt und die Kristallisation beginnt, wird dadurch ein Zustand niedrigerer freier Enthalpie erreicht. Es wird Kristallisationswärme frei. Bei der thermischen Analyse werden während der Abkühlung die Temperatur und die Zeit gemessen. Die frei werdende Kristallisationswärme führt zu einer Unstetigkeitsstelle im Temperatur-Zeit-Verlauf. Bei reinen Stoffen wird ein Haltpunkt und bei vielen Legierungen ein Knickpunkt registriert. Solche Halte- und Knickpunkte im Temperatur-Zeit-Verlauf können eindeutig einer beginnenden oder abgeschlossenen Phasenumwandlung zugeordnet werden.

Legierungen sind Stoffsysteme, die aus mindestens zwei Komponenten bestehen und überwiegend metallischen Charakter haben. Eine Komponente kann dabei ein reines chemisches Element (z. B. ein Metall) oder aber eine chemische Verbindung bzw. intermetallische Phase (z. B. Carbid, Nitrid) sein. Wird einer geschmolzenen Legierung aus Blei und Zinn von außen mehr Blei zugegeben, ändert sich die Konzentration der Legierung. Das hat eine Änderung der Phasenumwandlung zur Folge, sodass die Kristallisation der Legierung bei höheren oder tieferen Temperaturen beginnt. Die bei der Kristallisation gebildeten festen Phasen können veränderte Eigenschaften (Gitterparameter, mechanische Eigenschaften) zeigen oder es können in Abhängigkeit vom Stoffsysteem andere Phasen gebildet werden. Zustandsdiagramme geben Auskunft, welche Phasen in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung (= Konzentration) und der Temperatur im Stoffsysteem auftreten. Der Druck als weitere Zustandsgröße hat ebenfalls Einfluss auf die Phasenbildung, wird aber häufig konstant gehalten (Normaldruck = 101,3 kPa). Im Praktikum wird gezeigt, wie mit der thermischen

Analyse Zustandsdiagramme aufgestellt werden und wie Temperatur-Zeit-Verläufe bei der Abkühlung zu interpretieren sind.

Aus den Zustandsdiagrammen können Gießer ablesen, welche Temperaturen zum Schmelzen einer Legierung notwendig sind. Da die Eigenschaften einer Legierung von den Phasen und der Zusammenfügung der Phasen und Phasengemische abhängen, lassen sich aus den Zustandsdiagrammen auch Rückschlüsse auf die Stoffeigenschaften ziehen. Nicht zuletzt muss berücksichtigt werden, dass Wärmebehandlungsverfahren gezielt Phasenumwandlungen ausnutzen. Das Verständnis der Zustandsdiagramme ist deshalb entscheidende Grundlage für die Festlegung des Temperatur-Zeit-Regimes bei den meisten Wärmebehandlungsverfahren (z. B. Ausscheidungshärten von aushärtbaren Aluminiumlegierungen; Härteln und Normalglühen bei Stählen).

2

Ziel des Praktikums

Unter thermischer Analyse versteht man ein Messverfahren, das aufgrund von Temperatur-Zeit-Verläufen bei der Abkühlung oder Erwärmung Rückschlüsse auf Zustandsänderungen von Metallen/Legierungen erlaubt. Die thermische Analyse ermöglicht das Aufstellen von Zustandsdiagrammen. Am Beispiel des Legierungssystems Pb – Sn, soll gezeigt werden, wie ein Zustandsdiagramm entsteht.

Ziel des Praktikums ist es, die Kenntnisse über Zustandsdiagramme und Phasenumwandlungen zu festigen. Durch Anwendung der Hebelbeziehung sollen die Phasenanteile in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Legierung und der Temperatur ermittelt werden. Metallographische Untersuchungen an den einzelnen Legierungen sollen den komplexen Zusammenhang von Erstarrungsvorgängen und dem entstehenden Gefüge unter Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung der Legierung verdeutlichen.

3

Theoretische Voraussetzungen

Für das Praktikum sind Vorkenntnisse erforderlich, die mithilfe von Lehrunterlagen oder von Fachliteratur überprüft werden können. Um Ihnen die Vorbereitung zu erleichtern, wird in Klammern das betreffende Kapitel aus

Seidel, W. W.; Hahn, F.: Werkstofftechnik. – 11. Auflage (2018) – Carl Hanser Verlag München angegeben.

Überprüfen Sie Ihr Wissen zu folgenden Punkten:

- Kristallgitter von Metallen, Gittermerkmale (1.1.2)
- Gitterbaufehler (1.1.2.3)
- Zusammenhang von Gitter und Eigenschaften (1.1.2.4)
- Diffusion (1.4.2)
- Kristallisation (1.3.3)

Index

A

Austauschmischkristall 16

B

begrenzte Löslichkeit im festen Zustand 31, 34

D

Diffusion 15

E

Einlagerungsmischkristall 17

Enthalpie 11

Entmischung 28

Entropie 11

Erstarrungsintervall 22

eutektische Legierung 28

eutektische Temperatur 28, 32

eutektisches Gefüge 30

eutektisches System 31

eutektoid 37

F

freie Enthalpie 11

G

Gesetz der abgewandten Hebelarme 38

Gibbssche Phasenregel 19

Gleichgewichtslinie 22

H

Hebelgesetz 38

I

inkongruent schmelzend 36

intermetallische Phase 17, 36

K

Keimbildung 12

Keimradius, kritischer 13 f.

Keimwachstum 12

kongruent schmelzend 36

Konode 24, 38

Kristallgemisch 28, 33

Kristallisation 12, 16

Kristallkeim 12

Kristallseigerung 25

kritischer Keimradius 13 f.

L

Legierung 7

Liquiduslinie 23

Löslichkeit 32

Löslichkeitsgrenze 32

M

Mischungslücke 33

P

Peritektikum 35

peritektische Reaktion 35

peritektische Temperatur 35

peritektisches System 34

peritektoid 37

Phase 7

Phasenumwandlung 11

polymorph 37

S

Segregat 33

sekundäre Ausscheidung 33

Soliduslinie 24

Stoffsystem 19

Substitutionsmischkristall 16

T

thermische Analyse 9, 19

U

Überstruktur 17

Unlöslichkeit im festen Zustand 27

V

vollständige Löslichkeit 22

Z

Zonenmischkristall 25
Zustandsdiagramm 19
Zustandssystem 7
Zweistoffsysteem 19