

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Ziel des Praktikums	8
3	Theoretische Voraussetzungen	9
4	Grundlagen	10
	4.1 Die metallographische Probenpräparation	10
	4.1.1 Trennen	10
	4.1.2 Einfassen	12
	4.1.3 Schleifen und Polieren	14
	4.1.4 Reinigen und Trocknen der Probe	16
	4.1.5 Aufbau und Einstellung des Auflichtmikroskops	16
	4.1.6 Vergrößerung	21
	4.1.7 Auflösungsgrenzen der Lichtmikroskopie	24
	4.1.8 Gesamte förderliche Vergrößerung	28
	4.1.9 Kontrastierungsverfahren	28
	4.2 Das metastabile Zweistoffsystem Eisen-Kohlenstoff	32
	4.2.1 Reineisen	32
	4.2.2 Phasen im metastabilen Zweistoffsystem Eisen-Kohlenstoff	33
	4.2.3 Gefüge im metastabilen Zweistoffsystem Eisen-Kohlenstoff	37
	4.2.4 Die Stahlecke im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm – Gefüge- umwandlung des Austenits bei der Abkühlung im thermodyna- mischen Gleichgewicht	39
5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	45
6	Geräte und Hilfsmittel	46
7	Versuchsdurchführung	47
8	Praktikumsauswertung	49
9	Lösungen der Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung ...	50
	Index	52

1

Einleitung

Die Eigenschaften der Werkstoffe werden von der kristallinen Struktur und vom Gefüge geprägt. Während die kristalline Struktur eines Materials eng mit der chemischen Zusammensetzung und den vorliegenden Zustandsgrößen Druck und Temperatur verbunden ist, wird das Gefüge von den realen Herstellungsbedingungen (z. B. herstellungsbedingte Verunreinigungen, Haltetemperatur und -zeit bei einer Wärmebehandlung, Abkühlverlauf, Umformgrad, Umgebungsmedium) geprägt. Gefüge ist die Beschaffenheit (Zusammenfügung) aller Teilvolumina eines Werkstoffs, die hinsichtlich Zusammensetzung und räumlicher Anordnung seiner Bausteine in erster Näherung homogen sind. Das Gefüge wird charakterisiert durch Art, Menge, Größe, Verteilung, Form und Orientierung der Gefügebestandteile (Phasen, Phasengemische). Aufgabe der Materialographie ist es durch eine geeignete Probenpräparation (z. B. durch Schleifen, Polieren und Ätzen) das Gefüge sichtbar zu machen, sowie das Gefüge qualitativ und quantitativ zu beschreiben. So ist es beispielsweise bei metallischen Werkstoffen möglich, Gefüge hinsichtlich einer Verformung, Rekristallisation bzw. eines Wärmebehandlungszustandes zu charakterisieren. Weiterhin ist es möglich, Korngrößen und Gefügeanteile bei Gefügemischen zu bestimmen, Werkstofffehler (z. B. Risse, Gasblasen, Seigerungen, nichtmetallische Einschlüsse, Lunken) nachzuweisen sowie Schichtdicken und Eindringtiefen bei Oberflächenbehandlung zu ermitteln.

Neben augenscheinlichen Beurteilungen von Werkstücken und Schlifren (Makroskopie) werden die Werkstoffproben mithilfe von Licht-, Laserscanning-, Rasterelektronen- und Transmissionselektronenmikroskopen untersucht. Mechanische Werkstoffeigenschaften wie Festigkeit und Zähigkeit aber auch technologische Eigenschaften (z. B. Umformbarkeit, Schweißbarkeit, Spanbarkeit) oder das Verhalten in einer korrosiv wirkenden Umgebung werden vom Gefüge entscheidend mitbestimmt. Deshalb ist die Materialographie neben anderen Werkstoffprüfverfahren ein wichtiges Instrument bei der Entwicklung neuer Werkstoffe, bei der Qualitätssicherung im Fertigungsprozess oder bei der Schadensanalyse. Die Materialographie wird in Metallographie, Plastographie und Keramographie unterteilt. Die Metallographie ist ein Teilgebiet der Metallkunde, das sich mit dem Gefügebau und der Gefügebeschaffenheit von metallischen Werkstoffen befasst. Das Praktikum konzentriert sich auf die metallographische Untersuchung von gleichgewichtsnah umgewandelten Stählen.

2

Ziel des Praktikums

Im Praktikum werden Sie das Gefüge von unlegierten, gleichgewichtsnah abgekühlten Stahlproben untersuchen. Dabei werden Sie mit den wichtigsten Präparationsschritten zur Herstellung eines metallographischen Schliffs vertraut gemacht. Diese Schritte sind Trennen, Einbetten, Schleifen, Polieren und Ätzen. Aus der Fachliteratur sollen Sie eine geeignete Präparationstechnik für die Stähle entnehmen und während des Praktikums anwenden.

Metallographische Gefügeuntersuchungen werden in der Regel mit einem Auflichtmikroskop durchgeführt. Ziel des Praktikums ist es, dass Sie sich mit der Funktionsweise und der Bedienung des Mikroskops vertraut machen. Dazu gehört es, dass Sie sich einen Überblick über den Aufbau, den Lichtgang und die Grundeinstellung des Mikroskops verschaffen.

Nach dem Polieren der metallographischen Probe glänzt die Oberfläche metallisch wie ein Spiegel. Betrachtet man diese Oberfläche im Auflichtmikroskop können lediglich größere nichtmetallische Bestandteile wie z. B. oxidische Schlackereste oder Sulfidzeilen identifiziert werden. Erst ein Kontrastierungsverfahren erlaubt das Erkennen von Korngrenzen und -orientierungen, unterschiedlichen Gefügen und Gefügebestandteilen. Zum Kontrastieren der metallographischen Proben lernen Sie die Korngrenzen- und Kornflächenätzung kennen. Außerdem nutzen Sie zur optischen Kontrastierung die Hell- und Dunkelfeldbeleuchtung des Mikroskops. Eine weitere Möglichkeit der optischen Kontrastierung bieten der Interferenzkontrast sowie die Verwendung von polarisiertem Licht.

Im Praktikum werden Sie außerdem berechnen, welche physikalisch begründeten Auflösungsgrenzen bei der Lichtmikroskopie vorliegen. Damit können Sie feststellen, welchen Mindestabstand zwei Objekte haben müssen, damit sie lichtmikroskopisch voneinander unterschieden werden können.

Anhand von unlegierten und gleichgewichtsnah abgekühlten Stahlproben mit unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt sollen die Unterschiede im Gefüge herausgearbeitet werden. Voraussetzung dafür ist das grundlegende Verständnis der Phasen- und Gefügeumwandlung von Fe-C-Legierungen bei einer gleichgewichtsnahen Abkühlung. Diese Vorgänge lassen sich mithilfe des Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (EKD) beschreiben, wobei sich im Praktikum auf das metastabile System Fe-Fe₃C konzentriert wird. Es ist Ziel, die Entstehung der Gefüge bei der Abkühlung in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung zu erläutern. Am Ende des Praktikums sollen die Praktikums Teilnehmer in der Lage sein, gleichgewichtsnah Gefüge von Stählen zu identifizieren, Gefügeanteile abzuschätzen und vorgelegte Gefügebilder einer Stahlmarke zuzuordnen.

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, E.: Werkstofftechnik. – 11. Auflage (2018) – Carl Hanser Verlag München angegeben.

Überprüfen Sie Ihr Wissen zu folgenden Punkten:

- diffusionsgesteuerte Phasenumwandlung (1.2.1)
- Keimbildung und Keimwachstum (1.2.3)
- Einlagerungs- und Austauschmischkristalle (2.1.1)
- Zustandssysteme/Grundtypen der Zweistoffsysteme (2.2.2)
- Begriffe: Phase und Gefüge (1.2.1, 2.1.4)
- Kristall, Kristallit, Korn, Korngrenze, Phasengrenze (1.1.2.3)
- Gefügeanalyse, Materialographie, Metallographie (12.4)
- Stahl, untereutektoider und übereutektoider Stahl (6.1.1 und 6.1.2)
- Normalglühen (4.2.1.3)

Die Hersteller von Präparationsgeräten und den dazugehörigen Verbrauchsmaterialien aber auch Hochschulen und die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde bieten eine umfangreiche Unterstützung in Form von Büchern, Broschüren, Linksammlungen zum Thema Metallographie/Materialographie, Lehrgänge oder Onlinehilfen bei der Wahl der Präparationstechnik an. An grundlegender Fachliteratur zum Thema Präparationstechniken können folgende Publikationen empfohlen werden:

Oettel, H.; Schumann, H.: Metallografie. – 15. Auflage. – Wiley-VCH, 2011

Bjerregaard, L.; Geels, K.; Ottesen, B.; Rückert, M.: Metallog Guide. – Struers A/S, 2000

SumMet – Die Summe unserer Erfahrung, Hrsg.: Buehler, An ITW Company, 2007

Index

A

Abbildungsmaßstab des Objektivs 22
 α -Eisen 33
 α -Mischkristall 34
Ätzen 29
Auflichtmikroskop 16
Auflösungsgrenzen der Lichtmikroskopie 24, 28
Austenit 37, 40 f.

B

Beugung 24
Beugung am Doppelspalt 27
Beugungsbild 25 f.
Bezugssehweite 21
Brechungszahl 26

C

chemische Kontrastierung 29
Curietemperatur 33

D

δ -Eisen 32
 δ -Ferrit 37
 δ -Mischkristall 34
Differenzialinterferenzkontrast 30
Dunkelfeldbeleuchtung 17

E

Einfassen 12
Eisen 32
Eisen-Kohlenstoff-Diagramm 32
elektrochemische Kontrastierung 29
eutektoide Entmischung 42

F

Ferrit 37, 40, 42
förderliche Vergrößerung 28

G

γ -Eisen 32
 γ -Mischkristall 34
Gangunterschied 24
Gefüge 7
Gesamtvergrößerung des Mikroskops 21

H

Hellfeldbeleuchtung 17, 29

I

Interferenz 24

K

Köhlern 19
Kontrastierung 28
–, chemische 29
–, elektrochemische 29
–, optische 30
Kornflächenätzung 29
Korngrenzenätzung 29

L

Ledeburit I 38
– II 38

M

Materialographie 7
Metallographie 7
metallographische Probenpräparation 10
Mikroskop, Gesamtvergrößerung 21
–, Strahlengang 17

N

numerische Apertur 27

O

Objektiv, Abbildungsmaßstab 22
Objektivbezeichnung 27
optische Kontrastierung 30

P

Perlit 38, 42 f.
Polarisationskontrast 30
Polieren 15
Primärzementit 38
Probe 10

R

Reineisen 40

S

Schleifen 14

Sekundärzementit 38, 43
Strahlengang im Mikroskop 17

T

Tertiärzementit 38, 40
Trennen 10

V

Vergrößerung 21, 23
-, förderliche 28

Z

Zementit 34