

HANSER



Leseprobe

zu

Werkstofftechnik-Praktikum

von Frank Hahn

Print-ISBN: 978-3-446-47213-6

E-Book-ISBN: 978-3-446-47235-8

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446472136>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Ziel des Praktikums	8
3	Theoretische Voraussetzungen	9
4	Grundlagen	10
4.1	Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit auf die Gefüge von Stählen	10
4.1.1	Das Dilatometerverfahren	10
4.1.2	Diffusionsgesteuerte Umwandlung des Austenits bei leicht erhöhter Abkühlgeschwindigkeit	11
4.1.3	Die Martensitbildung	15
4.1.4	Die Bainitbildung	18
4.1.5	Das Zeit-Temperatur-Umwandlungsdigramm	19
4.1.6	Einfluss von Legierungselementen auf die Umwandlung des Austenits bei der Abkühlung	25
4.2	Wärmebehandlung von Stahl	27
4.2.1	Begriffserklärung	27
4.2.2	Das Normalglühen	28
4.2.3	Das Härteln	32
4.2.4	Charakterisierung der Härtbarkeit	38
4.2.5	Anlassverhalten von Stählen	42
5	Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	45
6	Geräte und Hilfsmittel	47
7	Versuchsdurchführung	48
8	Praktikumsauswertung	50
9	Modelllösungen	52
10	Lösungen der Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung	55
	Index	57

1

Einleitung

Auch wenn in den letzten Jahren die Bedeutung der Leichtmetalllegierungen, der Kunststoffe und der Verbundwerkstoffe erheblich angestiegen ist, bleibt der Stahl im Maschinen- und Fahrzeugbau, aber auch im Hochbau der wichtigste Konstruktionswerkstoff. Neben ökonomischen und ökologischen Ursachen wie preiswerte Erzeugung, gute Verfügbarkeit und einem geschlossenen Recyclingkreislauf ist die Breite der mechanischen Eigenschaften dafür verantwortlich. So ist es möglich, hervorragend umformbare Stähle mit geringer Festigkeit und hoher Bruchdehnung für das Tiefziehen oder harte, verschleißbeständige und hochfeste Stähle mit ausreichender Zähigkeit für Werkzeuge oder Lagerwerkstoffe zu erzeugen. Diese Eigenschaften lassen sich durch eine hohe Reinheit, Legieren und gezielte Wärmebehandlung erreichen. Die Wärmebehandlungsverfahren sollen nicht nur die Einsatz-eigenschaften beeinflussen, sondern auch die Verarbeitungseigenschaften (Umformbarkeit, Spanbarkeit) gezielt einstellen. Voraussetzung für das Verständnis von Eigenschaftsänderungen durch Wärmebehandlung sind die Phasen- und Gefügeumwandlungen bei der Erwärmung und Abkühlung. Mithilfe des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms (EKD) und dem Zeit-Temperatur-Umwandlungsverhalten (ZTU) lassen sich die Phasen- und Gefügeumwandlungen verstehen.

2

Ziel des Praktikums

Das Praktikum soll den Zusammenhang von chemischer Zusammensetzung, Temperatur, Abkühlgeschwindigkeit/Abkühlmedium, Gefüge und der daraus resultierenden Härte herstellen. Damit werden die Grundlagen für das Verständnis des Temperatur-Zeit-Regimes bei den Wärmebehandlungsverfahren Härt(en) + Anlassen und beim Normalglühen gelegt. Die Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften durch eine Wärmebehandlung werden mit den Härteprüfverfahren nach Vickers HV50 bzw. nach Rockwell HRC untersucht.

Ein Ziel ist es, die korrekte Härtetemperatur eines Stahls in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt zu finden. Proben mit unterschiedlichem C-Gehalt werden auf verschiedene Temperaturen erwärmt und im Wasserbad abgeschreckt. Anschließend wird die Vickershärte gemessen. Mithilfe des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms sollen die Unterschiede von Phasen und Gefügen im normalisierten Ausgangszustand und bei Maximaltemperatur in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt herausgearbeitet werden. Der Vergleich der ermittelten Härte und der Gefügezustände nach dem Abschrecken soll eine Aussage über die optimalen Härtebedingungen erlauben. Mit diesem Experiment wird gezeigt, dass der Stahl beim Wärmebehandlungsverfahren Härt(en) zwingend austenitisiert werden muss. Gleichzeitig wird verdeutlicht, dass der im γ -Eisen gelöste Kohlenstoff die Aufhärtbarkeit eines Stahls, also die maximal mögliche Härte bestimmt.

Ein weiteres Ziel des Praktikums besteht darin, beim Wärmebehandlungsverfahren Härt(en) das korrekte Abkühlmedium zu wählen. Einerseits muss die Abkühlgeschwindigkeit zur Martensitbildung führen, also muss die obere kritische Abkühlgeschwindigkeit erreicht werden. Andererseits hat eine hohe Abkühlgeschwindigkeit thermische Spannungen zur Folge, die gemeinsam mit der Gefügeumwandlung zum Verzug der Bauteile oder zu Rissen führen können. Der Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit auf die Härte von legiertem und unlegiertem Stahl kann demonstriert werden, indem die austenitisierten Proben mit verschiedenen Medien (Wasser, Öl, Luft) abgekühlt werden.

Stähle, die ausschließlich gehärtet wurden, sind aufgrund ihrer Sprödigkeit für konstruktive Anwendungen ungeeignet. Ein Anlassen nach dem Härt(en) soll die Zähigkeit verbessern. Die öl- und wassergehärteten Proben werden hoch bei ca. 570 °C angelassen (Härt(en) + hohes Anlassen = Vergüten). Erst der Härtevergleich nach dem Anlassen erlaubt eine Aussage über das optimale Abschreckmedium.

Für die Werkstoffauswahl ist neben der Aufhärtbarkeit des Stahls die Einhärtbarkeit entscheidend, also der Abstand von der Oberfläche, bei dem ein Stahl trotz langsamerer Abkühlung noch Martensit bilden kann. Die Einhärtbarkeit eines Stahls lässt sich mit dem Stirnabschreckversuch nach Jominy bestimmen. Der Vergleich einer Härte-Stirnabstands-Kurve eines legierten und eines unlegierten Stahls soll den Einfluss der Legierungselemente auf das Härtbarkeitsverhalten herausstellen. Ziel ist es, Schlussfolgerungen für die Verwendung von legierten und unlegierten Stählen für hohe mechanische Beanspruchungen in Abhängigkeit vom Bauteilquerschnitt zu ziehen.

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:

- 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)
- Härteprüfverfahren (12.2.2)
- Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (3.4)
- Phasenumwandlung und Gefügebildung bei Fe-C-Legierungen (3.4 und 3.5)

Index

A

Abkühlen 27
Abkühlgeschwindigkeit, obere kritische 21 f.
-, untere kritische 22, 31
Abkühlmittel 35
Anlassen 42
Anlassstufe 42
Anlassversprödung 44
Anwärmen 27
Aufhärtbarkeit 38
Ausdehnungskoeffizient, thermischer 10

B

Bainit, oberer 18
-, unterer 18
Bainitisieren 19
Blausprödigkeit 44

D

Dilatometer 10
Durchwärmen 27

E

Einhärtbarkeit 35, 39

F

Ferrit 14

H

Halten 27
Härtbarkeit 38
Härten 18, 32
Härteverlaufskurve 41

I

isothermes ZTU-Diagramm 25

L

Lattenmartensit 17

M

Martensit 15
Martensitbildung 15
Martensitstarttemperatur 21
Massivmartensit 17

N

Normalglühen 28
Normalisieren 28

O

obere kritische Abkühlgeschwindigkeit 21 f.
oberer Bainit 18
Oktaederlücke 16

P

Perlit 14
Plattenmartensit 18

R

Randschichthärtungen 32, 37
Restaustenit 42

S

Sekundärhärtemaximum 43
Stahl 7
Stirnabschreckversuch 40

T

thermische Analyse 10
thermischer Ausdehnungskoeffizient 10

U

untere kritische Abkühlgeschwindigkeit 22,
31
unterer Bainit 18

V

vergütet 32

W

Wärmebehandlung 27
Wärmebehandlung von Stählen 7

Z

Zeit-Temperatur-Umwandlungsdiagramm 19
ZTU-Diagramm 20, 23
-, isothermes 25
-, kontinuierliches 20