

Dipl.-Ing. Stefan Nelle, Elsterwerda

# **Computergestützte Simulation von Prozessen der Wärme- behandlung an real gestalteten Bauteilen**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte  
Verfahren

Nr. **203**

*HLuHB Darmstadt*



13106061

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung.....	1
2 Kenntnisstand.....	2
3 Thermische Transportvorgänge.....	5
4 Ermittlung thermodynamischer Kenngrößen.....	7
4.1 Umwandlungstemperaturen.....	8
4.2 Dichte.....	9
4.3 Spezifische elektrische Leitfähigkeit.....	9
4.4 Wärmeleitfähigkeit.....	10
4.5 Spezifische Wärmekapazität.....	10
<i>ψ</i>	
5 Verfahren zur Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten.....	11
6 Programmpaket zur Berechnung von Wärmebehandlungsprozessen.....	14
6.1 Berechnung von Temperaturfeldern.....	14
6.1.1 Berechnung des Temperaturfeldes an rotationssymmetrischen Bauteilen.....	14
6.1.2 Berechnung des Temperaturfeldes an prismatischen Bauteilen.....	17
6.1.3 Berechnung des Temperaturfeldes an Verzahnungen.....	18
6.2 Eingabewerte für die Berechnungen.....	20
6.2.1 Werkstoff.....	20
6.2.2 Bauteil.....	20
6.2.3 Temperatur- Zeit- Verlauf im Ofen.....	21
6.2.4 Wärmeübergangskoeffizient.....	22
6.3 Berechnung des Zeitfeldes.....	22
6.4 Berechnung der Härte nach dem Abschrecken von unaufgekohlten Stählen..	23
6.5 Berechnung der Kohlenstoffdiffusion.....	25
6.5.1 Grundlagen der Berechnung.....	26

6.5.2 Berechnung der Kohlenstoffdiffusion an ausgewählten Geometrie- elementen rotationssymmetrischer Bauteile.....	28
6.5.3 Berechnung der Kohlenstoffdiffusion an Verzahnungen.....	29
7 Versuche und Berechnungen.....	30
7.1 Versuchsplanung.....	30
7.2 Versuche mit dem neuen Verfahren zur Messung des Wärmeübergangskoeffizienten.....	30
7.3 Überprüfung der thermodynamischen Werte.....	35
7.4 Berechnung von Abkühlkurven unter Verwendung von fiktiven $\alpha$ - T- Kurven. zur Fehlerabschätzung der Messung und des Berechnungsverfahrens ..	35
7.5 Messung von Temperatur- Zeit- Verläufen und deren Berechnung.....	36
7.6 Messung und Berechnung der Härte.....	40
7.7 Berechnung der Kohlenstoffdiffusion und der Härte an ausgewählten Geometrielementen rotationssymmetrischer Bauteile.....	41
7.8 Berechnung und Messung des Temperatur- Zeit- Verlaufes in Verzahnungen.	43
8 Zusammenfassung.....	44
Anhang: Tabellen und Bilder.....	46
Literaturverzeichnis.....	149