

Inhalt der Vorlesung

Numerische Simulation elektrothermischer Prozesse



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

1. Einführung / Übersicht über Verfahren / Simulation zur Wirtschaftlichkeitsanalyse
2. Grundlagen der Wärmelehre, Simulation von Temperaturfeldern
3. Energieeffizienz / Konduktive Erwärmung (Praxis und Simulation)
4. Maxwell-Gleichungen / Leistungsumsetzung / Wirkungsgrad
5. Induktionserwärmung 1: Umrichter, Schmelzöfen, Schmieden
6. Induktionserwärmung 2: Querfeld, Härten, Schweißen
7. Induktionserwärmung 3: Simulation (Praxis und Übung)
8. Indirekte Erwärmung / Hybrid-Verfahren
9. Dielektrische Erwärmung (Praxis und Simulation)
10. Organisatorisches, Übungen, Fragen & Antworten
Prüfungsmodus, Beispiele Klausuraufgaben, offene Fragen & Antworten



Prüfungstermin: noch zu definieren...

Klausurdauer: 80 Minuten

Maximalpunktzahl: 80

15 Pkt Kurzfragenteil, 50 Pkt Erläuterungsteil, 15 Pkt Rechenaufgabe

Richtwerte für Punktzahl pro Aufgabe neben Aufgabe vermerkt.

Bestanden (4,0) ab 40% (32 Pkt.)

Bestnote (1,0) ab 85% (68 Pkt.)

Dazwischen lineare Aufteilung

Alle Angaben unter Vorbehalt!

Skizzieren Sie die qualitativen Temperaturverläufe von elektrothermischen Erwärmungsprozessen über der Zeit für die drei Fälle

i. $R_W \rightarrow \infty$

ii. $R_W = 0$

iii. $0 < R_W < \infty$

(Für die Einsatzleistung gilt: $0 < P_{\text{einsatz}} < \infty$; die Temperatur im erwärmten Gut ist stets homogen) (5)

Warum ist es sinnvoll, einen Laser-Schweißprozess für Verbindungen von Bauteilen durch einen induktiven Erwärmungsprozess zu unterstützen? (7)

3.) Rechenaufgabe – 15 Punkte

Eine Kugel mit dem Radius r_K besitzt über dem gesamten Kugelvolumen eine homogene Wärmequellendichte p_K und eine isotrope Wärmeleitfähigkeit λ_K . Die Umgebungstemperatur beträgt ϑ_U . Die in der Kugel entstehende Wärme wird ausschließlich mittels Konvektion an die Umgebung abgegeben. Der Konvektionskoeffizient ist α_K .

Bearbeiten Sie die folgenden Aufgaben unter Berücksichtigung der untenstehenden Hinweise:

- Berechnen Sie die von der Kugel an die Umgebung abgegebene Wärmeleistung! (2 P)
- Berechnen Sie die Temperatur auf der Außenfläche der Kugel unter Verwendung des in (a.) berechneten Wertes! Sollten Sie (a.) nicht gelöst haben, verwenden Sie einen Wert von 120 W! (4 P)
- Ermitteln Sie die Gleichung $\vartheta(r)$ für $0 \leq r \leq r_K$ für den stationären Zustand. Falls Sie (b.) nicht berechnet haben, gehen Sie für die Ermittlung der Integrationskonstanten von $\vartheta(r = r_K) = 250^\circ\text{C}$ aus. (9 P)

Rechenaufgabe Klausur 2022



- keine Winkelabhängigkeit: $\frac{\partial}{\partial \theta} = \frac{\partial}{\partial \varphi} = 0$

- Die Wärmeleitungsgleichung in Kugelkoordinaten unter Vernachlässigung der Winkelabhängigkeiten lautet:

$$c_p \rho \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \cdot r^2 \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial r} \right) + p$$

- es wird der stationäre Betriebszustand betrachtet

- Wärmeleitung und Wärmestrahlung von der Kugel an die Umgebung werden vernachlässigt

- Alle Daten sind unabhängig von der Temperatur

- $r_K = 0,01m$

- $p_K = 3e7 \frac{W}{m^3}$ (homogen über dem Kugelvolumen)

- $\lambda_K = 50 \frac{W}{mK}$

- $\vartheta_u = 20^\circ C$

- $\alpha_K = 400 \frac{W}{m^2K}$



Zahl in Klammer hinter den Aufgaben gibt Richtwert für zugehörige Punkte (= ungefähre Bearbeitungszeit) an:

lungen von
stützen? (7)

Aufgaben in Englisch erforderlich?

Beantwortung in Deutsch und Englisch möglich

Rückfragen während der Klausurvorbereitung:

jneumeyer@cadfem.de; Tel.: 08092-7005-766