

Temperaturleitfähigkeit von Metallen in Abhängigkeit von der Korngröße

Fabia Beckstein, Applikationslabor

Einleitung

Neben der Wärmeleitfähigkeit λ ist die Temperaturleitfähigkeit a eine wichtige thermophysikalische Größe. Im Gegensatz zur Wärmeleitfähigkeit, die den stationären Wärmetransport beschreibt, ist die Temperaturleitfähigkeit a eine Messgröße für den instationären Wärmetransport eines Materials. Um die Wärmeleitfähigkeit zu berechnen, ist neben der spezifische Wärmekapazität c_p und der Dichte ρ auch die Temperaturleitfähigkeit nötig:

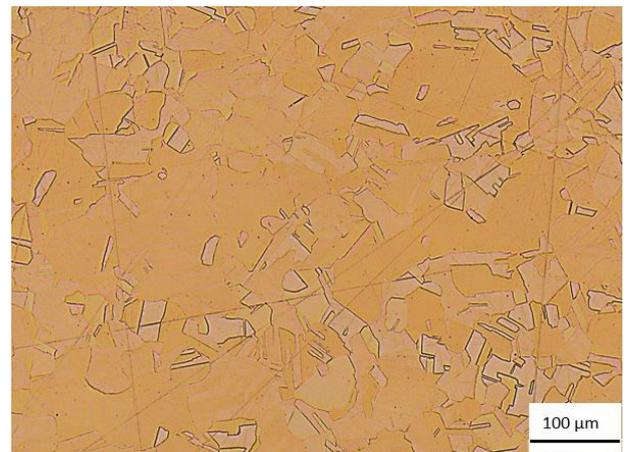
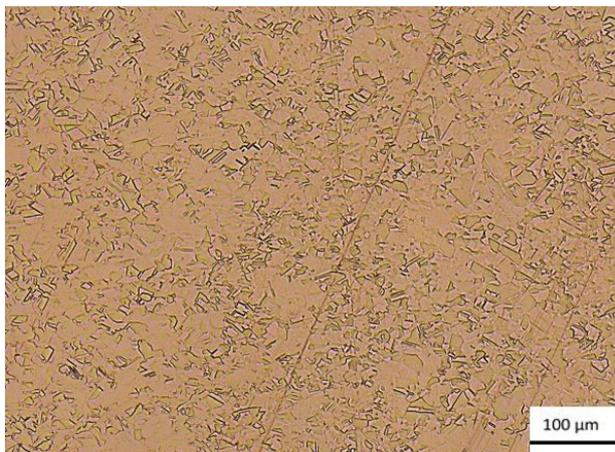
$$\lambda = a \cdot c_p \cdot \rho$$

Die spezifische Wärmekapazität ist nur von der chemischen Zusammensetzung abhängig. Die Dichte hängt von der makroskopischen Struktur eines Materials ab (z.B. Poren). Die Temperaturleitfähigkeit hängt von der

Makro-, aber auch teilweise von der Mikrostruktur einer Probe ab.

Im Folgenden wird die Temperaturleitfähigkeit einer Kupferprobe in Abhängigkeit der Korngröße gezeigt. Dabei gilt in der Regel, je kleiner die Korngröße (= je mehr Korngrenzen), desto geringer ist die Temperaturleitfähigkeit

Das Gefüge einer über additive Fertigung hergestellte Kupferprobe besitzt aufgrund des relativ kurzen Erhitzens und einer schnellen Abkühlung viele kleine Körner und damit viele Korngrenzen. Das Tempern der Probe (1h bei 1000 °C) ergibt ein Gefüge mit deutlich größeren Körnern und damit weniger Korngrenzen. Ein Vergleich der Gefüge ist in Abbildung 1 dargestellt.



1 Gefüge einer über additive Fertigung hergestellte Reinstkupferprobe (99,3 %).
Links: Kupfer direkt nach der Herstellung, rechts: Kupfer getempert (1 h @ 1000 °C)

APPLICATIONNOTE Temperaturleitfähigkeit von Metallen in Abhängigkeit der Korngröße

Messbedingungen

Die Messung der Temperaturleitfähigkeit bei Raumtemperatur beider Kupferproben wurde mittels LFA 467 *HyperFlash*[®] durchgeführt. Die LFA Proben hatten einen Durchmesser von 12,7 mm und eine Dicke von 3 mm. Die Proben wurden vor der Messung leicht, aber nicht deckend mit Grafit beschichtet, um die Emissions- und Absorptionseigenschaften der Kupferproben zu verbessern.

Messergebnisse

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die getemperte Probe zeigt mit 116,88 mm²/s nahezu den Literaturwert von reinem Kupfer mit 117 mm²/s [1]. Die Kupferprobe direkt nach der additiven Fertigung mit feinkörnigerem Gefüge weist mit 108,97 mm²/s eine signifikant niedrigere Temperaturleitfähigkeit auf.

Fazit

Die LFA ist eine kontaktlose Messmethode, die auch kleine Unterschiede, z.B. verursacht durch eine Änderung in der Mikrostruktur, ohne den störenden Einfluss von Kontaktwiderständen zuverlässig auflösen kann.

Danksagung

Wir danken der Infinite Flex GmbH für die additive Herstellung und das Tempern der Kupferproben sowie der Universität Bayreuth, Lehrstuhl Metalle, für die Bereitstellung der Gefügebilder.

Literatur

[1] Y.S. Touloukian; Thermophysical Properties of Matter – Volume 10 – Part 1 – Thermal Diffusivity

Tabelle 1 Temperaturleitfähigkeit von Reinstkupfer mit unterschiedlichem Gefüge bei Raumtemperatur

Probe	Temperaturleitfähigkeit/mm ² /s	Abweichung zum Literaturwert von reinem Kupfer
Kupfer direkt nach der additiven Fertigung	108,97	-6,8 %
Kupfer getempert (1 h @ 1000 °C)	116,88	-0,1 %