

Forschungsprojekt P 1226 / IGF-Nr. 20008 N

Ganzheitliche Modellierung des Kurzzeitanlassens im Prozess des induktiven Randschichthärtens

Modelling of short-time tempering in the process of induction surface hardening

Institut für Elektroprozesstechnik, Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Bernard Nacke

M.Sc. Marco Baldan

Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover

Dr. Sebastian Herbst

M.Sc. Illia Hordych

M.Sc. Max-Henry Stolte

Verantwortlich für die FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Das IGF-Vorhaben 20008 N der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Das Vorhaben wurde vom Institut für Elektroprozesstechnik, Leibniz Universität Hannover und dem Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover durchgeführt.

Beteiligte Unternehmen:

EMAG eldec Induction GmbH
EMA-TEC GmbH, Sondershausen
esw GROUP Eichsfelder Schraubenwerk GmbH, Heilbad Heiligenstadt
Hanomag Lohnhärtereier Gruppe, Hannover
Institut für Elektroprozessertechnik, Hannover
Institut für Werkstoffkunde, Hannover
Metatech GmbH, Kamen
Polytron Kunststoffertechnik GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach
Simufact engineering GmbH, Hamburg
SMS Elotherm GmbH, Remscheid

Forschungsstellen:

Institut für Elektroprozessertechnik, Leibniz Universität Hannover
Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover

© 2021 Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf

Bestell-Nr. P 1226

ISBN xxx

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung in andere Sprachen, bleiben vorbehalten. Ohne schriftliche Genehmigung der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. sind Vervielfältigungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen nicht gestattet.

Kurzdarstellung

Das Induktionshärten ist ein energieeffizientes und hoch reproduzierbares Wärmebehandlungsverfahren, das sich auf die belastungsrelevante Bauteilrandschicht konzentriert und somit verzugs mindernd wirkt. Aufgrund prozessbedingter thermischer Gradienten zwischen Rand- und Kernbereich induktionsgehärteter Bauteile gehen mit dem Prozess Eigenspannungen einher, die eine Rissentstehung begünstigen. Dieser Problematik wird durch ein Anlassen in der ersten Anlassenstufe bei einer Dauer von ein bis zwei Stunden im Anschluss an den Härteprozess begegnet. Konventionell wird dies in Öfen durchgeführt, was in der Prozesskette mit zusätzlichen Transport- und Energiekosten einhergeht und eine Flexibilisierung des Produktionsprozesses verhindert. Eine ressourcensparende und umweltschonende Alternative ist das induktive Kurzzeitanlassen (Induktionsanlassen), dessen Dauer wenige Sekunden beträgt und die Integration in eine laufende Fertigungslinie ermöglicht. Die numerische Modellierung stellt eine konsolidierte Methode dar, mit der Kosten und Zeit in der Entwurfsphase gespart werden können. Die Komplexität und die Multiphysikalität des induktiven Härte- und Anlassen erfordern die Notwendigkeit, ein numerisches Modell zu verwenden, welches die Interaktion zwischen unterschiedlichen physikalischen Größen berücksichtigt. In dem Forschungsvorhaben wurden bei der Modellierung vom Härte- und Anlassenprozess die elektromagnetischen, thermischen und metallurgischen Analysen gekoppelt. Das Fehlen von mikrostrukturabhängigen Materialeigenschaften führte zu der Notwendigkeit, Messungen des elektrischen Widerstands und der magnetischen Permeabilität sowohl mit vorvergütetem als auch mit gehärtetem Material durchzuführen. Dies führte zu einer mikrostrukturabhängigen elektromagnetischen Lösung. Die Validierung des ganzheitlichen numerischen Modells erfolgt auf der Grundlage von praktischen Untersuchungen, die in einer Labor- und Industrieumgebung durchgeführt wurden. Eine weitere Optimierung, bezogen auf das Heizregime, wurde mit dem Ziel durchgeführt, die Härteverteilung innerhalb der Härtetiefe nach dem Anlassen zu glätten.

FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V.

Februar 2021

Abstract

Induction hardening is an energy-efficient method accompanied by crack inducing residual stresses due to process-related thermal gradients between edge and core areas. This problem is countered by tempering, usually in the first tempering stage, with a process duration between one and two hours. Conventionally, this is performed in oven, which leads, in the process chain, to additional transport and energy costs and to a restriction of the flexibility. Induction tempering, which has a duration of several seconds, represents a resource-efficient and environmentally friendly alternative. Moreover, it is easily integrable into a running production line. Numerical modelling is a consolidated method that can save costs and time in the design phase. The complexity and multi-physical nature of induction hardening and tempering necessitate the use of numerical models that take into account the interaction between different physics. In this project, numerical modelling of induction hardening and tempering included coupling of the electromagnetic, thermal and metallurgical analyses. The lack of microstructure dependent material properties introduced the need of performing measurements of the electrical resistivity and magnetic permeability with both pre-hardened and hardened material. This led to a microstructure dependent electromagnetic solution. The holistic model has been validated based on practical examinations carried out in a laboratory and industrial environment. Further optimization, relative to the heating regime, was performed aiming at flattening the hardness distribution within the hardened layer after tempering.

FOSTA - Research Association for Steel Application

February 2021