

# WERKSTOFFE UND STRUKTUREN THERMOMECHANISCHE BEHANDLUNG

## Thermomechanische Behandlung von Mehrphasenstählen

### Ziel

Im Teilprojekt „Thermomechanische Behandlung von Mehrphasenstählen“ werden die Möglichkeiten der Umsetzung thermomechanischer Behandlungsverfahren in massiven Bauteilen untersucht. Ziel ist es, durch eine gezielt gesteuerte Temperaturführung und Umformung die Werkstoffeigenschaften zu optimieren und energieaufwendige Prozessschritte, wie z. B. das Anlassen, im Prozessablauf einzusparen (Bild oben, Untersuchungen zum Aufheiz- und Abkühlverhalten einer Welle).

### Vorgehen

Die Berücksichtigung der Geometrie und der komplexen metallphysikalischen Vorgänge im Werkstoff bei der thermomechanischen Behandlung erfordert die Verwendung von numerischen Simulationen. Die numerische Simulation ermöglicht es Prozesse auszulegen und zu optimieren ohne teure „Trial and Error“-Versuche durchführen

zu müssen. Um eine komplexe Wärmebehandlung und Umformung zu berechnen, ist eine Vielzahl an Materialparametern in Abhängigkeit der Gefügebestandteile, der Temperatur und der Dehnungen zu ermitteln. Diese Materialparameter sind u. a. das Umwandlungsverhalten, die Transformationsdehnungen, die Wärmekapazitäten, die thermische Ausdehnungen u.v.m. Diese Vielzahl an Materialparametern erfordert eine Validierung der Simulation.

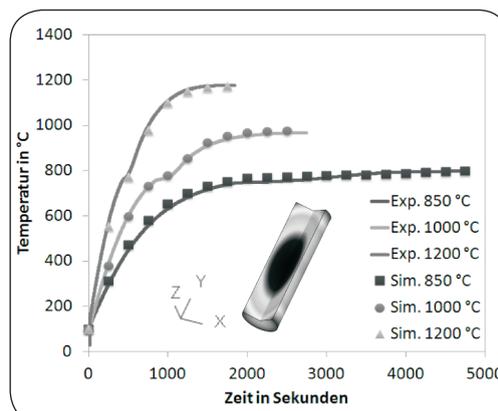


Bild 1: Berechnetes und experimentell bestimmtes Aufheizverhalten am Beispiel des Zylinders bzw. des Rohrteils der Welle.

Diese Validierung wurde durch den Vergleich von Experimenten mit numerischen Berechnungen am Beispiel von Dilatometerversuchen und

# WERKSTOFFE UND STRUKTUREN

## THERMOMECHANISCHE BEHANDLUNG

Stirnabschreckversuchen durchgeführt (Bild 1). Neben der Aufheizphase wurde auch die Abkühlphase betrachtet. Neben der Berechnung und Optimierung der Werkstoffeigenschaften soll die Energiebilanz bei der Warmumformung berücksichtigt werden. Die Vorgehensweise zur Berücksichtigung des Energieverbrauchs bei der Optimierung von Warmumformprozessen ist in Bild 2 dargestellt.

### Bisherige Ergebnisse

Durch Untersuchungen zum Aufheizverhalten in einem Kammerofen am Beispiel der Antriebswelle des Demonstrators konnte gezeigt werden, dass mit höherer Ofentemperatur die Welle schneller aufheizt. Temperaturmessungen und numerische Berechnungen zeigten auf, dass die Haltezeiten für das Durchwärmen bei höheren Tem-

peraturen minimiert werden können. Anwendungsmöglichkeiten bestehen darin, dass mittels der Methode eine breite Datenbasis geschaffen werden kann, um die Aufheizvorgänge, speziell die Austenitisierungsdauer (Erwärm- und Haltezeit) exakter vorherzusagen und so den Energieverbrauch durch z. B. kürzere Haltezeiten zu minimieren.

Zu beachten ist allerdings, dass in der energetischen Bilanzierung das Aufheizen des Ofens nicht mit berücksichtigt wurde, da von einem durchgehenden Herstellungsprozess ausgegangen wird. Aus werkstofftechnischer Sicht ist anzumerken, dass die hohe Temperatur z. T. unerwünscht ist, da dies u. a. zu starkem Kornwachstum führt, welches wiederum die mechanischen Eigenschaften negativ beeinflusst. Weiterhin können zu schnelle Aufheizraten zu großen Temperaturgradienten und damit kritischen Wärmespannungen im Bauteil führen. Dies erklärt, wa-

rum es notwendig ist, in den Optimierungsprozess den Energieverbrauch unter Beachtung der Eigenschaften des Werkstoffes einzubeziehen. Die Ergebnisse der Simulation mit dem realen Versuch zeigen qualitativ und quantitativ gute Übereinstimmungen.

Weitere metallphysikalische Effekte wie Kornwachstum und Rekristallisationsvorgänge sind Gegenstand aktueller Untersuchungen. Die Abbildung der thermomechanischen Behandlungen und ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften des Werkstoffes für die ganzheitliche Prozessbetrachtung erfordert dies.

Ziel ist es, den kompletten Produktionsprozess, den damit verbundenen Energieverbrauch und die Auswirkungen auf das entstehende Gefüge und damit die mechanischen Eigenschaften zu berechnen und vorherzusagen. Dies erfordert eine ganzheitliche Optimierung, hinsichtlich Energieverbrauch, Prozessdauer und Werkstoffeigenschaften.

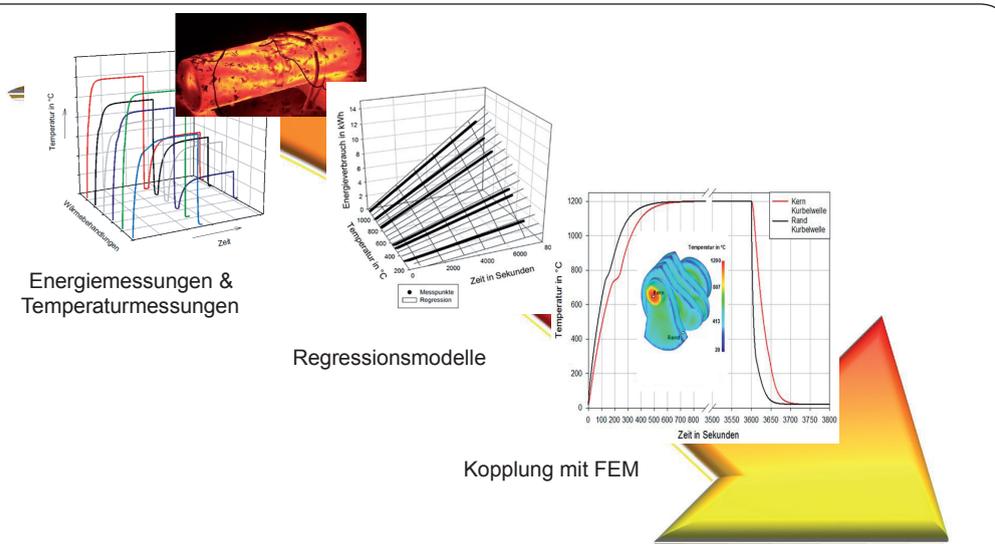


Bild 2: Vorgehensweise zur Berücksichtigung des Energieverbrauchs bei der Optimierung von Warmumformprozessen