

## Datenbasierte Ansätze zur intelligenten Prozesskontrolle in der Wärmebehandlung

### Data based approaches for intelligent process control in heat treatment

In modernen Produktionsabläufen werden in fast allen Produktionsschritten Daten erfasst und Prozesse mit Sensoren überwacht, um die hohen Anforderungen hinsichtlich Maß- und Formtoleranzen sowie die Funktionseigenschaften eines Bauteils in großer Stückzahl und hoher Qualität gewährleisten zu können. Oftmals werden die gesammelten Daten jedoch nur innerhalb des jeweiligen Prozesses zum Überwachen von Alarm- oder Eingriffsgrenzen verwendet. Durch eine intelligente Verarbeitung solcher Prozessdaten könnten nicht nur sich anbahnende Prozessabweichung frühzeitig erkannt, sondern auch Unterschiede und Trends zwischen Anlagen gleicher Bauart identifiziert werden.

Dies gilt im besonderen Maße auch für Wärmebehandlungsprozesse. Gerade für thermochemische Batchprozesse, wie z. B. das Aufkohlen im Prozessgas oder im Niederdruck, werden viele Prozessgrößen wie Temperatur, Kohlenstoffpegel, Prozessgasdruck und -durchsatz sowie Evakuierungsdauern, Aufheiz- und Abkühlraten kontinuierlich erfasst. Darüber hinaus liegen auch für Wärmebehandlungsverfahren von Einzelbauteilen, wie z. B. das lokale Härten mit induktiver Erwärmung, Prozessinformationen wie Temperatur, Generatorleistung, Frequenz und Aufheizraten vor.

Zur Nutzung dieser Daten, welche sich sehr stark hinsichtlich ihrer Messfrequenz und damit der Datenmenge unterscheiden können, ist es wesentlich, mathematische Ansätze zur Beschreibung der zeitlich abhängigen Sensorsignale zu verwenden.

Ziel dieser Studie ist es, Methoden aufzuzeigen, die zur mathematischen Abbildung komplexer Zeitreihen im Bereich der Wärmebehandlung geeignet sind. Dazu sollen ausgewählte Beispiele im Bereich der Batchprozesse wie auch der Wärmebehandlungsverfahren für Einzelbauteile vorgestellt werden.

In modern production processes, data is recorded and processes are supervised with sensors in almost all process steps to meet requirements with regard to dimensional and form tolerances as well as functional characteristics of a component in high quality and large scale. However, the collected data is often only used within a given process for monitoring alarm and intervention limits. Intelligent processing of such data would not only allow the earlier detection of imminent process deviations, but also the identification of trends and differences between plants of the same design.

This applies in particular to heat treatment processes. Especially for thermochemical batch processes, such as gas carburizing or low-pressure carburizing, many process parameters, like temperature, carbon level, gas pressure and flow rate as well as evacuation time, heating and cooling rates, are continuously recorded. Furthermore, process information such as temperature, generator output, frequency and heating rates are also available for one-piece heat treatment processes like local hardening with inductive heating.

To utilize these data, which can differ greatly in terms of their measurement frequency and data volume, it is essential to exploit mathematical approaches to describe time-dependent sensor signals.

Objective of this study is to identify methods which are suitable to express the mathematical representation of complex time series in the field of heat treatment. Therefore, selected examples will be presented to illustrate use-cases for batch and one-piece heat treatments.



**Vortragender / Speaker**

Yannick Lingelbach

Robert Bosch GmbH, Manufacturing Center of Competence Heat Treatment, Stuttgart

Hermann Autenrieth, Laszlo Hagymasi, Thomas Waldenmaier, Robert Bosch GmbH, Manufacturing Center of Competence Heat Treatment, Stuttgart; Volker Schulze, wbk Institut für Produktionstechnik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)