

Erinnerungen an die Zukunft – virtuelles Abbild realer Aushärtungsprozesse

A blast from the future – virtual image of real curing processes

Die Verschmelzung der realen und der virtuellen Welt erweitert das Prozessverständnis sowie die Anzahl der möglichen Regelungsparameter. Somit steht eine wachsende Zahl von Optionen für einen direkten Eingriff in den laufenden Fertigungsablauf zur Verfügung, mit dem Ziel, den Prozess aus diversen Blickwinkeln unter Berücksichtigung essenzieller Kriterien zu betrachten, zu analysieren und abschließend zu optimieren! An einem solchen intelligenten und echtzeitfähigen System, das in der virtuellen Welt in der Lage ist, den realen Aushärtungsprozess zu optimieren, wird am DLR-Standort Stade in der Abteilung für Verbundprozessstechnologien geforscht.

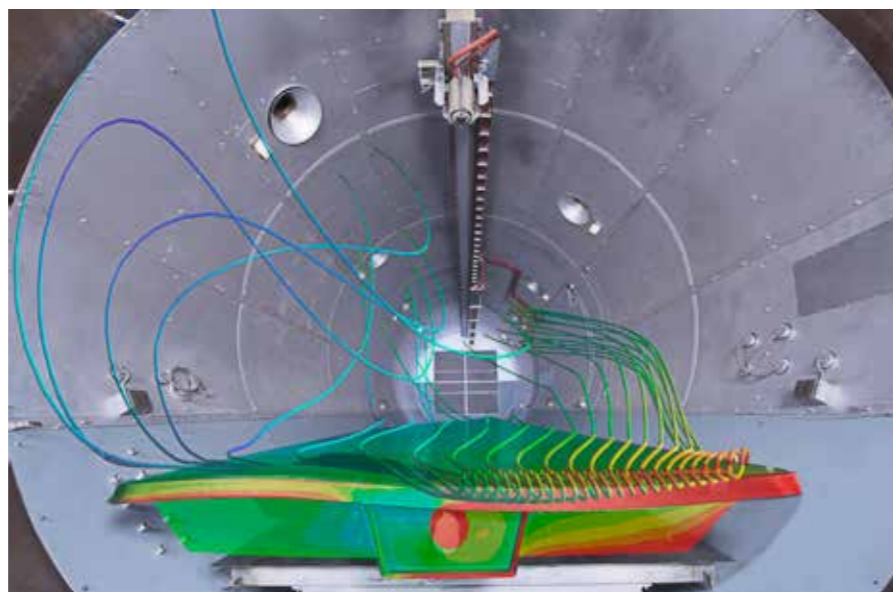
Summary

The merging of the real and virtual world expands the understanding of the process as well as the number of possible control parameters. In this way, several options for a direct intervention in the current production process are available. The aim is to view, analyse and ultimately optimise the process from a resource, cost and reproducibility perspective. An intelligent and real-time capable system that is able to optimise the real curing process in the virtual world has been researched at DLR's Stade location at the department for Composite Process Technology.

Entstehung der Erinnerungen

Der virtuelle Autoklav ist der digitale Zwilling des Forschungsautoklavs BALU®. Er kann in zwei Bereiche unterteilt werden: die virtuelle Anlage und das virtuelle Bauteil. Um die Aushärtungsprozesse innerhalb des Bauteils simulieren zu können, müssen zunächst die physikalischen Prozesse innerhalb des Autoklavs abgebildet werden. Hierfür wird eine 3D-Basisimulation verwendet, um die Strömungsverhältnisse darzustellen und hieraus die sich einstellenden Wärmeübergangszahlen am Bauteil zu berechnen.

Die Wärmeübergänge dienen im virtuellen Autoklav dazu, das Aushärteverhalten des gesamten Bauteils in Echtzeit mit Hilfe virtueller Sensoren vorherzusagen. Die Daten der Sensoren können in die Autoklavsteuerung einfließen und der Autoklavprozess aktiv geregelt werden. Die Simulation ermöglicht es, das Aushärteverhalten verschiedener Materialien bei unterschiedlichsten Temperaturverläufen abzubilden. In der Auswertungsebene können verschiedene Parameter und resultierende Bauteileigenschaften miteinander verglichen und ein für die Bauteilqualität optimierter Zyklus ermittelt werden. Neben Temperatur und Vernetzungsgrad wird es in Zukunft auch möglich sein, Dehnungen und Eigenspannungen darzustellen.



Verknüpfung der realen mit der virtuellen Welt: Strömungslinien und Temperaturprofil am CFK-Flügelwerkzeug im Autoklav
Linking the real to the virtual world: flow lines and temperature profile at the CFRP wing tool in the autoclave

Einsatzmöglichkeiten digitaler Zwillinge

Die Stabilisierung der Prozesshaltezeiten mit Hilfe einer neuartigen Regelungsmethode bei Aushärtungsprozessen im Autoklav ist ein Projektergebnis. Sie zeigt, dass unnötige Haltezeiten, die in aktuellen Aushärtungsprozessen im Durchschnitt pro Haltephase bis zu 30 Prozent verlängert werden, fast restlos eliminiert werden können.

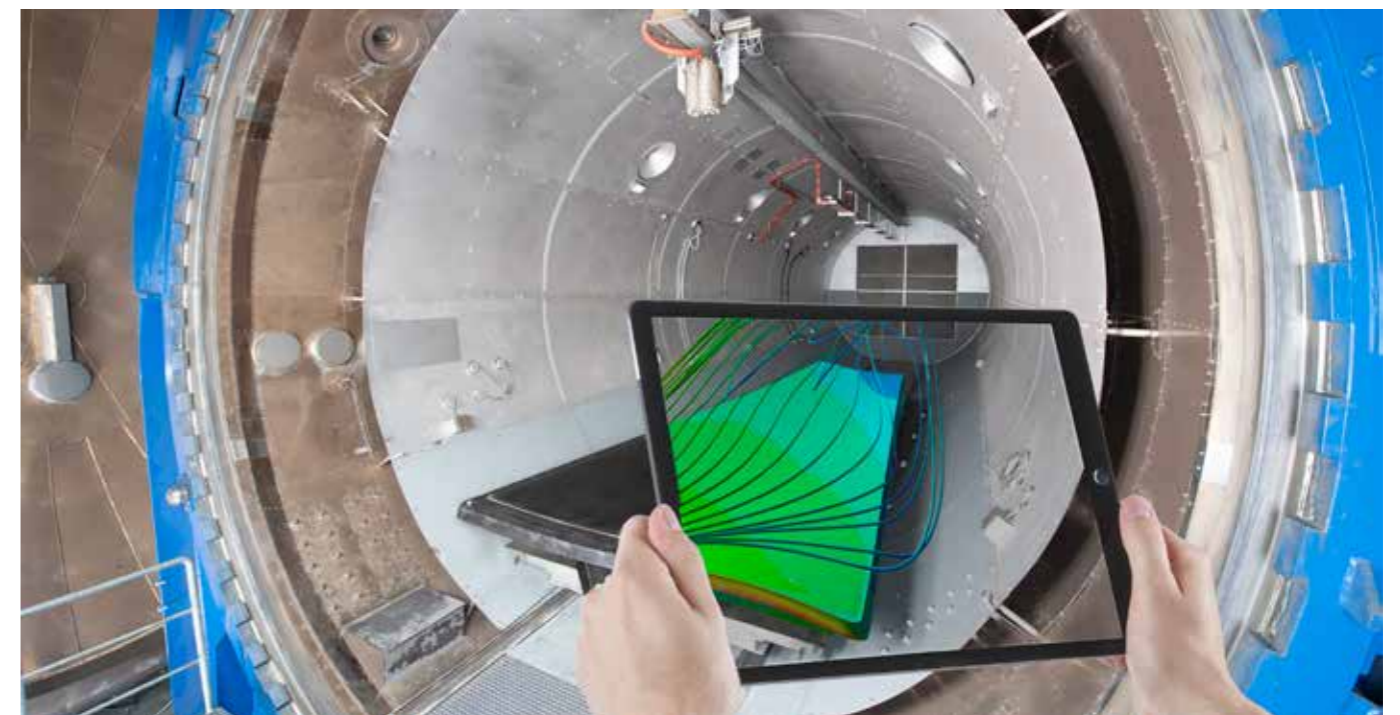
Geht man nun einen Schritt weiter und verknüpft die neuartige Regelungsmethode in der realen Welt mit dem virtuellen Autoklav – und somit dem digitalen Zwilling der Anlage und des Bauteils – können mit Hilfe der analysierten Informationen aus beiden Welten

- der Aushärtungsprozess der Bauteil(e) vor dem Beginn der Fertigung virtuell erprobt und optimiert werden
- Eingriffe in den laufenden Prozess erfolgen, die den Prozess im Hinblick auf Zeit und Kosten sowie das Bauteil im Hinblick auf Qualität optimieren

Auf diese Weise kann ein reproduzierbarer und ausschussfreier Aushärtungsprozess bei der autoklavgestützten Konsolidierung nach dem Prinzip „First Time Right“ gewährleistet werden.

Erprobung von Optimierungen der Aushärtezyklen in der echtzeitfähigen Simulation

Testing optimisations of curing cycles in real-time simulation



Autoren:

Anja Haschenburger B.Eng., M.A.
Dipl.-Ing. Hakan Uçan

