

# DeCyPhER

Development of Cyber Physical Systems for Epoxy Resin Curing

|                                 |  |                        |            |
|---------------------------------|--|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, PdZ - 2021 Nationale Projekte  | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.03.2022   | <b>Projektende</b>     | 28.02.2025 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2022 - 2025  | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | Cyber-Physical-Systems; Virtuelle Prozessoptimierung, Gekoppelten Euler Lagrange (CEL) Methodik, Epoxid-Aushärteprozess, Surrogate Modeling, |                        |            |

## Projektbeschreibung

DeCyPhER zielt auf die Implementierung von Cyber Physical Systems (CPS) für den Produktionsprozess von duromer-basierten elektrischen Isolatoren ab. Diese Produkte durchlaufen während ihrer Herstellung einen stark exothermen Aushärteprozesses. Die Prozessführung dabei und die damit verbundene Aushärtesteuerung ist gerade bei dickwandigen Bauteilen, wie elektrischen Isolatoren, von höchster Bedeutung für die Bauteilqualität. Da diese Bauteile als sicherheitskritisch gelten und daher mängelfrei sein müssen, kann eine unsachgemäße Prozessführung zu Ausschuss aufgrund von Einfallstellen/Lufteinschlüssen, Spannungsrissen oder Verformung durch Eigenspannungen führen. Zu diesem Zweck strebt DeCyPhER einen innovativen Aufbau sowie die Erweiterung eines CPS an. Dazu wird eine klassische Prozessdatenerfassung durch Einbringen von Sensorik in das Bauteil und das dazugehörige Werkzeug während der Produktion erweitert. Ebenso wird die Prozessmodellierung des CPS als digitaler Zwilling, in Form von FE Simulationen, implementiert. Die FE Simulationen werden auf Basis der gekoppelten Euler Lagrange (CEL) Methodik aufgebaut, um die Kopplung des Fließverhaltens sowie der Materialeigenschaften an den aktuellen Aushärtungsprozess zu ermöglichen. Abgerundet werden diese Ansätze durch eine umfassende Materialcharakterisierung sowie -modellierung. Durch erhobene Sensor- und Prozessdaten kann die FE-Methodik dazu noch präzise validiert werden.

Zur virtuellen Prozessoptimierung und Prozessgestaltung werden Surrogate Models aufgebaut um allfällige Parameterstudien mittels FE Simulationen durch einen KI basierten Ansatz zu ersetzen. Im Zuge dessen werden Berechnungszeiten drastisch reduziert und eine effiziente virtuelle Produktionsgestaltung ermöglicht.

Durch das etablierte Wissen und die implementierte virtuelle Produktionsgestaltung kann zukünftig der optimale Produktionsprozess für neue Produkte (Materialien, Designs) berechnet werden. Dadurch kommt es zu einer Steigerung der Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit am internationalen Markt. Ebenso ermöglicht DeCyPhER die Reduktion des Ausschusses um 40%, was einer Materialeinsparung von 12 Tonnen pro Jahr, sowie Energieeinsparungen von 70.000 kWh pro Jahr entspricht.

## Abstract

DeCyPhER aims for the implementation of an enhanced type of cyber physical system (CPS), which considers the production

of electrical insulators based on duromers. These products undergo a highly exothermic curing reaction during production. To ensure highest product quality, an appropriate production control which considers the effects of the curing reaction is crucial, especially for thick-walled parts such as electrical insulators. Due to poor process control, parts can entail air pockets, cracks or deformations, driven by residual stresses, which in turn results in a high reject rate as these parts are considered safety critical and need to be flawless.

Thus, DeCyPhER seeks the innovation creation and extension of CPS. To this end, the commonly implemented process data acquisition will be extended with sensor technology within the part and tools during production. Furthermore, the process modeling of the CPS is valorized using digital twins based on FE simulation.

The proposed FE-simulation strategy will tackle the challenge to virtually describe the curing process spatial as well as time resolved. To account for the coupling of the materials flow behavior and the pronounced curing dependency of thermo-mechanical material properties, a coupled Euler - Lagrange (CEL) approach is implemented. Combined with an extensive and thorough material characterization and suitable material modelling, highly precise virtual predictions are achieved. Due to the broad availability of sensor and process data, the FE-methodology can be evaluated and precisely validated.

In order to enable a time efficient virtual process optimization as well as process design, surrogate models are established. This AI-based approach enables the shift of parameter studies and process design away from the FE regime to statistical - surrogate - models. Hence, computation times can be drastically reduced.

Consequently, DeCyPhER enables the virtual production design and the definition of optimal process parameters for a given product. Thus, efficiency and the competitive advantage of the consortia is increasing. Furthermore, the reject rate can be reduced by 40%, thus saving 12 tons of material each year. Finally, energy savings of approximately 70.000 kWh per year are targeted.

## **Projektkoordinator**

- Polymer Competence Center Leoben GmbH

## **Projektpartner**

- GIPRO GmbH
- Silicon Austria Labs GmbH