

# WELLROHRPRODUKTION

## Mehrdimensionale geometrieabhängige Wanddickenmodelle in Wellrohren

Hanny Albrecht<sup>1</sup>, Wolfgang Roland<sup>1,2</sup>, Bernhard Löw-Baselli<sup>2</sup>, Christian Fiebig<sup>3</sup>, Gerald Berger-Weber<sup>2</sup>, Georg Steinbichler<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Pro²Future GmbH, JKU Linz, Altenbergerstraße 69, 4040 Linz, hanny.albrecht@jku.at

<sup>2</sup> Institute of Polymer Processing and Digital Transformation, JKU Linz, Altenbergerstraße 69, 4040 Linz

<sup>3</sup> Unicor GmbH, Industriestraße 56, 97437 Hassfurt, Deutschland



SCAN ME

### Motivation und Ziele

Die Herstellung von thermoplastischen Wellrohren erfolgt in zwei kontinuierlichen Prozessen:

- Schlauchextrusion mit Extruder
- Formgebung der Polymerschmelze mittels Luftdruck (evtl. Vakuum) in den Formbacken

Besonders wichtig für die Leistungsfähigkeit des Rohres sind die **Wanddickenverteilung**, das **Rohrgewicht** und die **mechanischen Eigenschaften**.

Um die experimentellen Versuche hierzu durchzuführen, wären unterschiedliche Formbackengeometrien notwendig. Dies ist sehr zeit- und kostenaufwendig. **Geometrieabhängige Wanddickenmodelle** werden entwickelt, um ein Wellrohr schneller, mit möglichst **geringem Materialeinsatz** aber gleichzeitig möglichst **guten (ausreichenden) mechanischen Eigenschaften** herzustellen. Mit Hilfe dieser Modelle kann die **Wanddickenverteilung** eines Wellrohres **vorhergesagt** werden.

### Ansatz

#### Dimensionsanalyse

**Einflussgrößen**

- $\Pi_{D_1} = \frac{D_1}{R_A}$
- $\Pi_{D_2} = \frac{D_2}{R_A}$
- $\Pi_{B_A} = \frac{B_A}{R_A}$
- $\Pi_{B_T} = \frac{B_T}{R_A}$
- $\Pi_{R_I} = \frac{R_I}{R_A}$
- $\Pi_S = \frac{S}{R_A}$
- $\alpha$

**Zielgrößen**

- $\Pi_{TP_i} = \frac{TP_i}{R_A}$
- $Ratio = \frac{\Pi_{TP_{Berg}}}{\Pi_{TP_{Tal}}}$

$i = \text{Probepositionen}$

#### Parametrische Designstudie

kein Kontakt festgelegte Temperatur  
kein Kontakt  
kein Kontakt  
Kontakt  
freie Oberfläche Vakuumsdruck  
Symmetrie  
freie Oberfläche Luftdruck

FEM-Modellbildung & Simulation  
Screening Versuchsplan  
Teilfaktorierter Versuchsplan

estim. THICKNESS [mm]

#### Datenbasierte Modellierung

**Mehrdimensionales Regressionsmodell**

$$\Pi_{TP_i} = f(\Pi_{R_I}, \Pi_{D_1}, \Pi_{B_A}, \Pi_S, \alpha)$$

#### Modellvalidierung

$R^2 \text{ (Training)} = 0.999$   
 $R^2 \text{ (Validierung)} = 0.999$

Experimentelle Validierung

### Ergebnisse

$\alpha = 7^\circ, \Pi_{R_A} = 1, \Pi_{D_1} = 0.049, \Pi_{D_2} = 0.026$   
 $\Pi_S = 0.011, \Pi_{B_A} = 0.028, \Pi_{B_T} = 0.004$

$\alpha = 7^\circ, \Pi_{R_A} = 1, \Pi_{D_1} = 0.049, \Pi_{D_2} = 0.026$   
 $\Pi_S = 0.011, \Pi_{B_A} = 0.028, \Pi_{B_T} = 0.004$

Legend: Sim. - OD200, Zielgröße - OD315, HL - Modell - OD200, HL - Modell - OD315

$\Pi_{TP_{Berg}} = (A_1 + \frac{A_2((A_3 + A_4(A_5A_6A_7 + A_8)A_9))^2 + A_{10}A_{11} + A_{13}}{A_{12}})$

Subfunktion:

$$A_1 = \left( c_0 \cdot \Pi_S + c_1 \cdot \Pi_{R_I} + c_2 \cdot \Pi_{B_A} + c_3 \cdot \alpha + \frac{1}{c_5 \cdot \Pi_S} \right)^2 \dots$$

- Signifikante Parameter für die Wanddickenverteilung identifiziert.
- Korrelationen zwischen Einfluss- und Zielparametern wurden entwickelt und erfolgreich zur Abschätzung der Wanddickenverteilung in Wellrohren verwendet.
- Mathematisches Modell zur Beschreibung der geometrieabhängigen Wanddickenverteilung entwickelt.
- Zielgröße eines neuen Prozesses konnte mit dem von uns entwickelten Modell bereits ohne Produktherstellung gut vorhergesagt werden.

### Zusammenfassung

- Die Modelle sind dimensionslos und somit für fast alle Baugrößen von Formbacken einsetzbar. Dadurch sind sie für die gesamten Geometrievierungen im mittleren Rohrsegment aus der Praxis anwendbar.
- Die identifizierten Zusammenhänge tragen dazu bei, die Formbacken- und Rohrkonstruktion im Hinblick auf die Wanddickenverteilung zu optimieren. Somit können qualitativ hochwertige Rohre mit geringem Materialeinsatz in kürzerer Zeit entwickelt werden.

**Quellen:** Albrecht, H.; Roland, W.; Dirnberger, H.; Fiebig, Ch.; Steinbichler, G. Simulation-based analysis of geometry-dependent wall thickness distribution in corrugated pipes. 36th International Conference of the Polymer Processing Society (PPS), Montreal, Canada, 2021.

**Danksagung:** Diese Arbeit wurde unterstützt durch Pro²Future (FFG, 881844) und Unicor GmbH.

