

Einsatz virtueller Prozess-Simulationen bei Umformteilen im Grenzbereich hoher geometrischer Komplexität.

Zentrale Komponenten von Brennstoffzellen sind Bipolarplatten, die für die gleichmässige Gasverteilung und den Abtransport von Wasser sorgen.

Neben der fluiddynamischen Aufgaben ist ein gleichmässiger Zellkontakt entscheidend: Kontaktverluste im Stack erhöhen den elektrischen Widerstand und führen zu Leistungsverlusten der Brennstoffzelle. Die heutigen Bipolarplatten messen bis zu 500 mm x 350 mm – sie sind also im Vergleich zu grossen Autoteilen recht klein. Ihre Komplexität entsteht jedoch durch die feine, in das Blech eingeprägte Kanalstruktur. Die rechts unten abgebildete Demoplate von FEINTOOL veranschaulicht diese geometrischen Details.

Die zunehmende Komplexität der Kanalstrukturen erfordert in der Prozesssimulation der Umformung extrem feine FE-Netze: Bei Blechdicken und Kanalradien von nur 0,1 mm entstehen Modelle mit bis zu 25 Mio. Elementen – selbst bei Verwendung von dicken Schalenelementen. Der Einsatz von 3D-Volumenelementen würde die Elementzahl weiter erhöhen und eine industrielle Anwendung praktisch unmöglich machen.

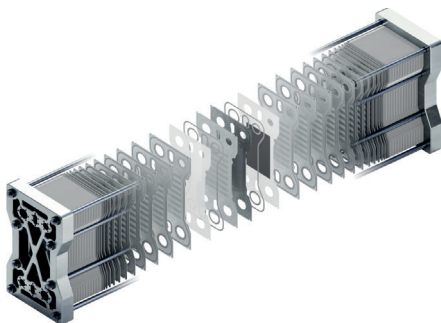
Industrielle Anwendungen

Zusammen mit der Firma FEINTOOL untersuchte inspire die Einsatzfähigkeit von Finite Element Methoden (FEM) zur virtuellen realitätsnaher Abbildung komplexer Blechumformprozesse. Als einzig industrietaugliches

FEM-Tool für diese Anwendungen stellte sich das kommerzielle Simulationspaket AUTOFORM heraus.

Der Prozessablauf wurde vollständig simulativ abgebildet und umfasst im wesentlichen:

- Werkzeug- und Platinenvernetzung
- Umformung und Rückfederung in zwei Stufen
- Analyse des Teilehandlings zwischen den Stufen
- Beschneidoperationen und Vorhersage der finalen Geometrie



Bipolarplatten-Stack

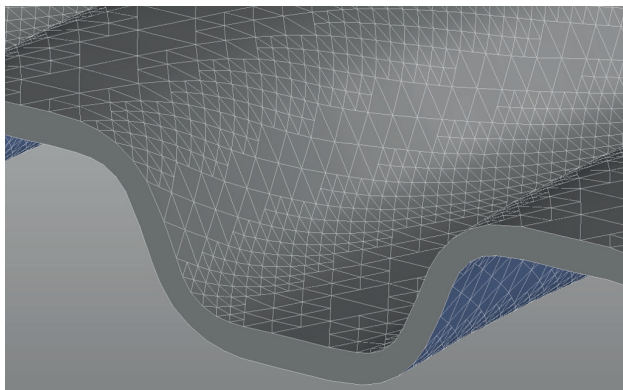
Eine Brennstoffzelle kann bis zu 800 Bipolarplatten enthalten.
(Quelle: FEINTOOL)



Beispiel einer Bipolarplatte

(Quelle: FEINTOOL)

Bewertet wurden die Verteilung der Ausdünnung sowie der Abstand zu kritischen Dehnungsgrenzen Forming-Limit-Curve (FLC) / Crack-Limit-Curve (CLC). Zur Prozessoptimierung kamen lokale Verprägungen und eine wärmebedingte Rückfederungsreduktion zum Einsatz. Um die tatsächlichen Versagensgrenzen bei kleinen Radien präzise zu bestimmen, wurde ein spezielles Testwerkzeug entwickelt.



FE-Netz

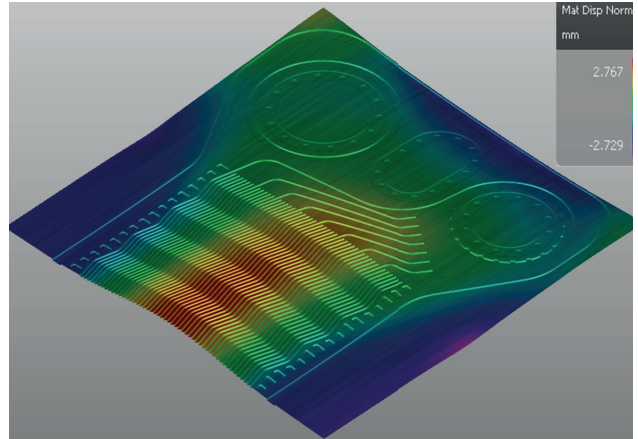
Lokale Netzverfeinerung mithilfe dicker Schalelemente zur genaueren Abbildung komplexer Geometrien und Belastungen.

Mit dem Testwerkzeug konnte die Simulation überprüft und optimiert werden. Damit liegt eine Simulationsmethode vor, die es FEINTOOL ermöglicht, Machbarkeitsstudien fundiert und in kürzester Zeit durchzuführen.

Zusammenfassung

Durch den gezielten Einsatz der Software AUTOFORM konnte ein komplexer Umformprozess mittels FEM erfolgreich simuliert und ausgelegt werden. Das gewählte Vorgehen ermöglicht eine robuste, effiziente und praxisnahe Optimierung der komplexen Bipolarplatten und führt zu einer markanten Reduktion der Werkzeug-Fertigungskosten.

Die vorgestellte Forschungsarbeit lief in Zusammenarbeit mit Prof. em. P. Hora, ETH Zürich.



Simulation der Durchbiegung

Eine präzise Abbildung der Rückfederung ermöglicht die gezielte Optimierung von Werkzeug- und Prozessdesign, um geometrische Abweichungen im Endprodukt zu minimieren.



Dr. Bekim Berisha

Leiter Gruppe Werkstoffmechanik und Simulation



Prof. em. Pavel Hora