

MEHRSKALIGE PROZESSKETTENSIMULATION VON DUALPHASENSTÄHLEN

Bei der Entwicklung und Optimierung neuartiger Blechwerkstoffe besteht großer Bedarf, sowohl das Bauteilverhalten als auch den Herstellungsprozess durch geeignete Simulationsmodelle zugänglich zu machen. Aufwändige Versuche nach dem Prinzip »Versuch und Irrtum« sollen damit auf ein Minimum reduziert werden. Im Rahmen eines Verbundprojektes wurde in Zusammenarbeit mit mehreren Projektpartnern eine durchgängige Simulationsstrategie zur Abbildung der Prozesskette eines Dualphasenstahls entwickelt. Beginnend beim Warmband über das Kaltwalzen, die Wärmebehandlung und die Blechumformung, bis hin zum Crashverhalten des fertigen Bauteils werden hierbei alle wesentlichen Prozessschritte betrachtet. In Abhängigkeit vom jeweiligen Prozessschritt werden dabei unterschiedliche Simulationswerkzeuge auf verschiedenen Größenskalen benötigt, um die jeweils relevanten Aspekte eines Prozessschrittes optimal abzubilden.

Ein entscheidendes Merkmal der hier entwickelten, durchgängigen Simulationsstrategie besteht darin, dass die Simulationsergebnisse eines Prozessschrittes als Eingangsgrößen in der nachfolgenden Simulation berücksichtigt werden. Das Fraunhofer IWM arbeitet an der Simulation des Kaltwalzens, der virtuellen Kennwertermittlung sowie an der Entwicklung der Datentransferstruktur.

Simulation des Kaltwalzens

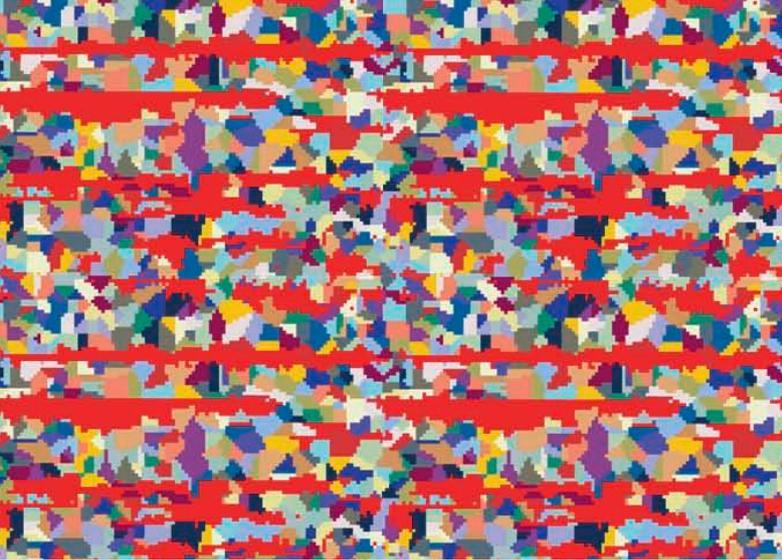
Um die Entwicklung der Materialeigenschaften während des Kaltwalzens vorherzusagen, muss die Mikrostruktur des Werkstoffs in dem Simulationsmodell berücksichtigt werden. Die hierfür verwendeten Einheitszellen-Modelle bilden die Kornstruktur einschließlich Kornorientierung sowie die Verteilung der beiden Gefügebestandteile des Warmbands ortsaufgelöst ab.

Die mit steigendem Walzgrad zunehmende Verfestigung des Werkstoffs ist für die nachfolgende Wärmebehandlungssimulation eine wichtige Größe. Um die Vorhersagegenauigkeit der Kaltwalzsimulation zu überprüfen, wurden an den gewalzten Einheitszellen Zugversuche simuliert. Die daraus resultierenden Spannungs-Dehnungskurven sind mit den experimentellen Zugversuchen am kaltgewalzten Blech für alle drei Walzgrade in sehr guter Übereinstimmung (Abbildung 1).

Mit dem entwickelten Simulationsmodell können sehr einfach die Prozessparameter beim Kaltwalzen variiert und deren Einfluss auf die nachfolgende Wärmebehandlung mittels durchgängiger Prozesskettensimulation bewertet werden.

»Virtuelles Labor«

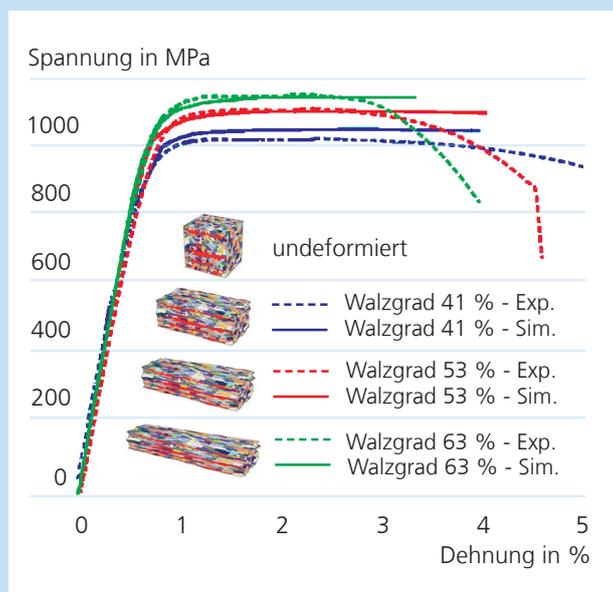
Zur Simulation der nachfolgenden Prozessschritte »Umformen« und »Crash« sind Einheitszellen-Modelle aufgrund der damit verbundenen hohen Rechenzeit ungeeignet. Darum erfolgt ein Wechsel von der Mikro- auf die Makroskala, in der das Material als homogenes Kontinuum abgebildet wird. Die Bestimmung der makroskopischen Eigenschaften basiert auf den Einheitszellen der Mikrostruktur des Dualphasenstahlgefüges, welches aus der Wärmebehandlungssimulation resultiert. Mit dem »virtuellen Labor« lassen sich beliebige Belastungszustände auf das Einheitszellen-Modell aufbringen – auch solche, die versuchstechnisch nicht realisierbar wären. Durch entsprechende Homogenisierungsverfahren können daraus makroskopische Größen, beispielsweise Spannungs-Dehnungskurven oder r -Werte, berechnet werden. Diese Größen werden – analog zu experimentellen Daten – zur Anpassung der Materialmodelle für die Umformsimulation eingesetzt.



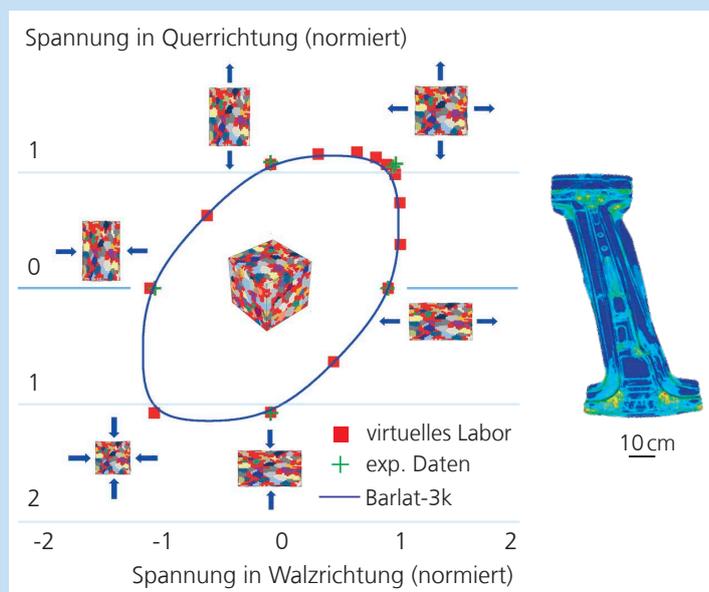
Generierte Mikrostruktur des Warmbandes unter Berücksichtigung der statistischen Phasenverteilung des realen Werkstoffs.

In Abbildung 2 links ist der Beginn des plastischen Fließens in Abhängigkeit vom Belastungszustand in Form einer Fließorts-kurve dargestellt. Der Vergleich mit den verfügbaren experimentellen Daten zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Die beschriebene Vorgehensweise ermöglicht es, unterschiedliche numerische Modelle auf verschiedenen Größenskalen miteinander zu verbinden, und ist somit ein vielversprechender Ansatz für die durchgängige Prozesskettensimulation.



1 Vergleich der Spannungs-Dehnungskurven des walzharten Kaltbandes aus Versuch und Simulation. Zudem: Einheitszellen-Modelle der Warmband-Mikrostruktur im Ausgangszustand und nach dem Walzen, bestehend aus Perlitbändern (rot) und Ferritkörnern.



2 Links: Bestimmung des Fließbeginns des Dualphasenstahls für unterschiedliche Belastungszustände mit dem »virtuellen Labor«. Rechts ein Anwendungsbeispiel: Simulation des Umformprozesses einer B-Säule mit den Daten aus dem virtuellen Labor (© Daimler AG).