



Kompetenzzentrum „Materials Centre“

Numerische Werkstoff- und Verfahrensoptimierung

Numerical Optimisation of Materials and Manufacturing Processes

Qualitätsplanung entsprechend der Kundenwünsche, Verbesserung der Prozesssicherheit, multiple Optimierung der Werkstoffeigenschaften, Kostensenkung bei der Herstellung und die Notwendigkeit der Verkürzung der Entwicklungszeiten zwingen Werkstoffhersteller und -verarbeiter zum Einsatz effizienter Entwicklungsmethoden. Die auf den metallkundlichen Grundlagen basierende numerische Simulation eigenschaftsbestimmender Vorgänge unter Berücksichtigung der fertigungsbedingten Randbedingungen stellt dazu ein leistungsstarkes Werkzeug dar.

Von Konstruktionswerkstoffen wird erwartet, dass die vielfältigen Anforderungen an das Betriebs- oder Gebrauchsverhalten bestmöglich, bei kostengünstiger Fertigung erfüllt werden. Im Falle von metallischen Werkstoffen werden ihre mechanisch-technologischen Eigenschaften primär durch die chemische Zusammensetzung und die Mikrostruktur bestimmt. Die Mikrostruktur wird aber im mehrstufigen Herstellprozess mehrmals verändert, wobei das Ziel verfolgt wird, durch gezielte Maßnahmen günstige Bedingungen zu schaffen. Betrachtet man bspw. die Erzeugung eines Pkw-Kotflügels, so werden vom Werkstoff leichte Umformbarkeit, Schweißeignung, erhöhte Beulsteifigkeit, Korrosionsbeständigkeit, günstiges Crash-Verhalten etc. verlangt. Metallurgen versuchen nun diese Anforderungen mit ihrem Fachwissen im Rahmen von Entwicklungsprojekten durch spezielle Legierungs- und Fertigungskonzepte zu erfüllen. Um Zeit bzw. Geld zu sparen und optimierte Lösungen anbieten zu können, wird versucht, die metallkundlichen Phänomene mit den wichtigsten Einflussgrößen in numerischen Modellen darzustellen und die multivariaten Gleichungssysteme zu optimieren. So ist es unter anderem möglich, die Phasenzusammensetzung, die Größe und Verteilung von Ausscheidungen mit thermodynamischen Modellrechnungen mit hoher Genauigkeit allein aus der Legierungszusammensetzung vorherzusagen. Ebenso wird die Umwandlungskinetik mit physikalischen Modellen berechnet. Auch für die Optimierung der Weiterverarbeitungsschritte, wie Umformung, Schweißen etc. werden Simulationsprogramme eingesetzt bzw. neu entwickelt.

Bereits seit Anfang der 90er Jahre beschäftigt sich eine Gruppe am Institut für Werkstoffkunde, Schweißtechnik und Spanlose Formgebungsverfahren unter Leitung des Autors mit der Entwicklung und dem Einsatz derartiger Prozessmodelle, zunächst von 1991 bis 1998 im Rahmen des Christian Doppler Labors für Computermodellierung werkstoffkundlicher Vorgänge und Verarbeitungstechnologien und ab 1999 im Rahmen des Kplus-Kompetenzzentrums "Material Center Leoben" (MCL). Im z.Zt. beantragten Kompetenzzentrum VIF (Virtuelles Fahrzeug) an der TU Graz sollen ab 2002 im Bereich "Virtual Manufacturing" spezielle Aufgabenstellungen der Automobil- und Zulieferindustrie ebenso mit Modellierung und Simulation behandelt werden.

In den letzten Jahren wurden nicht nur kommerzielle Computerprogrammen zur FE-Rechnung (ANSYS, MARC, SYSWELD), zur Umformsimulation (DEFORM) und Erstarrungssimulation (MAGMASOFT) verwendet, sondern auch eigene Prozessmodelle entwickelt, wie z.B. WBSIM zur Beschreibung der Gefügeentwicklung bei Wärmebehandlungen. Dazu gehört auch das Programm MatCalc, welches in der Lage ist, neben Phasengleichgewichten auch Multikomponenten-Diffusionsvorgänge zu berücksichtigen und damit eine wesentliche Unterstützung bei der Lösung kinetischer Gefügeveränderungen zu geben. Die Prozessmodelle CAROLL für das thermomechanische Warmbreitbandwalzen, sowie das Modell CAROD für das Drahtwalzen beschreiben die Gefügeentwicklung im Zuge der Herstellung und die mechanischen Eigenschaften der fertigen Produkte. Sie werden

in der Industrie bereits mit Erfolg eingesetzt, wobei neben der Erhöhung der Prozesssicherheit insbesondere die Kosten für die mechanische Prüfung reduziert werden konnten.

Eine wesentliche Voraussetzung der Modellentwicklung bildet die physikalische Simulation. Dazu stehen am Institut flexible Großgeräte, wie das thermo-mechanische Prüfsystem Gleeble und diverse Messgeräte zur Ermittlung thermophysikalischer Daten zur Verfügung. Natürlich werden spezielle Einrichtungen anderer Institute der Fakultät für Maschinenbau mitbenutzt, hervorzuheben ist auch die exzellente Kooperation mit dem Forschungsinstitut für Elektronenmikroskopie (FELMI) der TU Graz.

Die zur Zeit im Kplus-Werkstoffkompetenzzentrum "MCL" von uns durchgeführten Forschungsprojekte auf dem Gebiete der Werkstoff- und Verfahrensoptimierung sind:

- Entwicklung eines Modells zur Vorhersage von Heißrissen (MCL/M4)
- Grundlagen zur Entwicklung von Nickelbasis-Fülldrahtelektroden (MCL/J1)
- Eigenspannungskontrolliertes Schweißen (MCL/J2)
- Simulation der Warmformgebung von Nickelbasislegierungen (MCL/M1)
- Entwicklung verbesserter Walzdrähte zum Kaltstauchen und Kaltfließpressen (MCL/T3)
- Charakterisierung der Kalt- und Warmumformbarkeit metallischer Werkstoffe (MCL/SP3)
- Charakterisierung der lokalen Mikrostruktur bei Warmumformprozessen (MCL/SP8)
- Computermodellierung der Ausscheidungskinetik in Multi-Komponenten-Werkstoffen (MCL/SP11)

Customised quality assurance, improvement of process reliability, multiple optimisation of material properties, reduction of fabrication costs and the requirement for shortening of development time force material manufacturers and processing technologists to use efficient development tools. The numerical simulation of property-determining phenomena - based on physical fundamentals taking also into account the relevant processing conditions - is a suitable method for this task.

The objective of microstructural based modelling is to improve the materials as well as the processing technology. Due to its physical basis, the models can be applied multi-optional and within a wide frame of conditions. By use of thermodynamics and kinetics models the microstructure as well as the final properties can be predicted during manufacturing and service.

Since the early nineties, a group at the Institute for Materials Science, Welding and Forming at TU Graz deals with the development of numerical models in this field, at first from 1991 to 1998 in form of the "Christian Doppler Laboratory for Computer Modelling of Microstructural Phenomena and Processing Technologies" and later from 1999 on, within the framework of the "Materials Center Leoben" (MCL), which is sponsored by the Austrian government, the province of Styria and industrial partners via the so-called Kplus-initiative. Further research opportunities are feasible in the research area of virtual manufacturing within the proposed Kplus-center "The virtual vehicle" at TU Graz, which is expected to become operative early 2002.

In the last decade, a series of microstructural based process models have been developed, like WBSIM, MatCalc, CAROLL, CAROD etc., which were used to improve processing steps and the final product in cooperation with our national industrial partners, like VOEST ALPINE Stahl Linz, VA Schiene Donawitz, VA Austria Draht, Böhler Edelstahl, Böhler Schmiedetechnik and Böhler Schweißtechnik Kapfenberg. At the moment, there are eight projects on the way within the Materials Center Leoben.