

Calculation of Material Data for Forging Processes

The simulation of products and processes is one of the indispensable core competencies of any company today. It allows regarding a larger number of possible solutions and filtering out the most promising versions for additional analyses. In the forging sector, this concerns the development of new materials as well as the optimisation of production processes.

Simulationssystem optimiert Entwicklungsprojekte

Berechnung von Werkstoffdaten für Schmiedeprozesse

Dipl.-Ing. Udo Mathee, Coesfeld

Die Simulation von Produkten und Prozessen gehört heute zu den unabdingbaren Schlüsselkompetenzen eines Unternehmens. Mit ihrer Hilfe kann eine größere Zahl möglicher Lösungen betrachtet und die erfolversprechendsten Varianten für

weitere Untersuchungen herausgefiltert werden. Im Bereich der Massivumformung betrifft dies sowohl die Entwicklung neuer Werkstoffe als auch die Optimierung der Fertigungsprozesse.

Die mittlerweile weit verbreitet eingesetzte FEM-Simulation für Umformprozesse benötigt jedoch als wichtige Eingangsgröße eine möglichst exakte und konsistente Beschreibung des Werkstoffverhaltens. Dabei ist bekannt, dass unterschiedliche Chargen und Ausgangszustände desselben Werkstoffs gelegentlich deutliche Schwankungen der Eigenschaften mitbringen können. Klassische Prüfmethode zur Ermittlung solcher Werkstoffdaten sind sehr aufwendig und zeitaufwendig.

Darum werden heute Systeme immer wichtiger, die anstelle handelsüblicher Werkstoffe eine Veränderung der Werkstoffeigenschaften auch über die Prozesskette abbilden können. Dies leistet auch die hier vorgestellte Werkstoffdatensimulationssoftware JMatPro (Java-based Materials Properties), die sowohl in der Werkstoffentwicklung in der Stahlindustrie als auch in der Produkt- und Prozessentwicklung etwa in der Automobilbranche erfolgreich eingesetzt wird.

Die Simulation berechnet für technische Legierungssysteme (zum Beispiel für Stähle, Nickel-, Aluminium- und Titan-Legierungen)

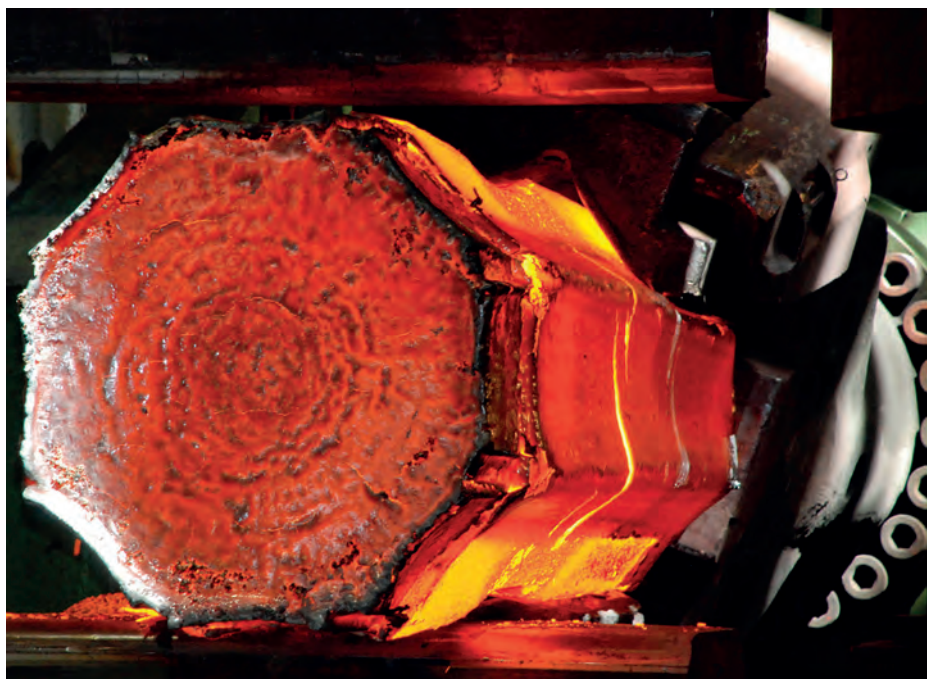


Bild: Deutsche Edelstahlwerke GmbH

Phasengleichgewichte und thermophysikalische Daten, wie etwa die Wärmekapazitäten und thermischen Ausdehnungen.

Grundlage hierfür sind nicht etwa Regressionsmodelle mit ihren nur lokalen Gültigkeiten, sondern Thermodynamik und weitere

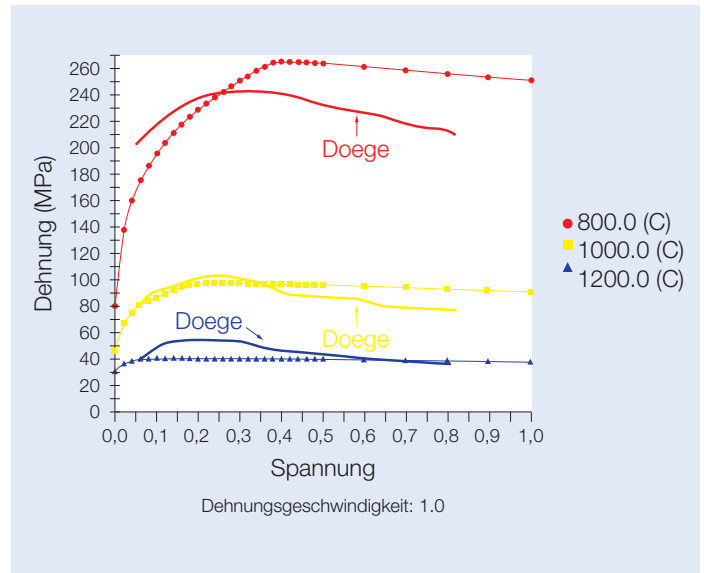
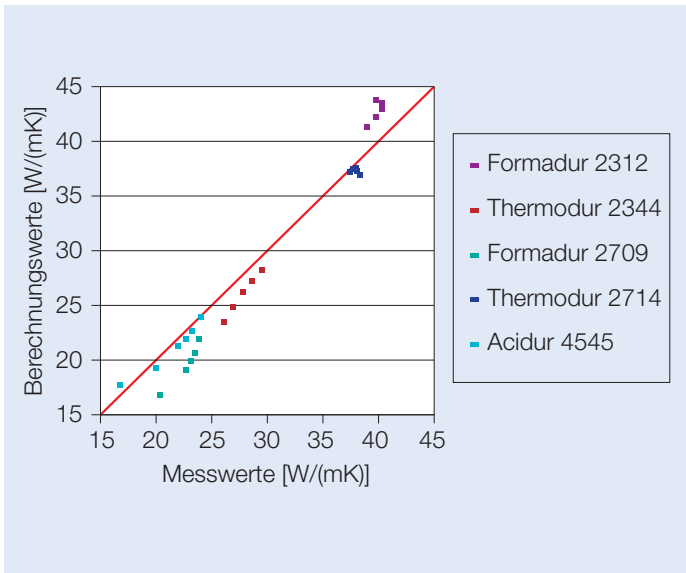


Bild 1: Übereinstimmung der mit JMatPro berechneten Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Werkzeugstähle mit gemessenen Werten.

Bild 2: Vergleich von berechneten Werten der Fließspannung eines Wälzlagerstahls mit Literaturwerten aus: Fließkurvenatlas metallischer Werkstoffe; Doege, E.; Meyer-Nolkemper, H.; Saeed; 1986.

Bilder: Deutsche Edelstahlwerke GmbH

Modelle auf physikalischer Basis. Hiermit können auch Festigkeiten und Fließkurven in Abhängigkeit von der Temperatur sowie Phasenumwandlungen, zum Beispiel Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubilder (ZTU) und für Stahl auch Zeit-Temperatur-Austenitisierungs-Schaubilder (ZTA) ermittelt werden.

„Mit dieser Kombination aus anwendungsfreundlicher Berechnung von Werkstoffeigenschaften und den direkten Datenexporten an die gängigen FEM-Werkzeuge der Umformtechnik, zum Beispiel Forge, Deform und simufact, ist JMatPro mittlerweile ein de-facto-Standard geworden“, erläutert Dr. Uwe Diekmann, Geschäftsführer der Metatech GmbH in Kamen als exklusiver Vertriebs- und Implementierungspartner für das System in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Anspruchsvolle Anwender in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen verifizieren ihre errechneten Daten mit eigenen oder externen Messungen. Dies zeigt eine beispielhafte Darstellung der Deutsche Edelstahlwerke GmbH in Witten (Bild 1 und 2). Das Unternehmen ist ein Spezialist für die Herstellung von Edelstahlhählen mit ganz spezifischen, genau definierten Eigenschaften. So kommt zum Beispiel die Gruppe der hochbelastbaren Vergütungsstähle, mikrolegierten AFP-Stähle oder Einsatzstähle unter den Markennamen „Firmodur“, „Microdur“ und „Carbodur“ in der Schmiedeindustrie zum Einsatz. Der Schlüssel hierfür liegt im Einsatz moderner und verketteter Simulationsmethoden. So werden in dem Unternehmen mit dem Werkzeug JMatPro die Werkstoffmodelle für Erstarrungs-, Umform- und Wärmebehandlungssimulation erstellt.

Normen und Standards haben üblicherweise zulässige Schwankungsbreiten. Mithilfe ihrer umfangreichen Simulationsmöglichkeiten kann die Deutsche Edelstahlwerke GmbH den für die jeweilige Anwendung optimalen Werkstoff innerhalb dieser Normspannen bereitstellen. Darüber hinaus können – wenn der Kunde es wünscht – auch weiter verbesserte Speziallösungen jenseits der Standards geschaffen werden. Das System liefert hierzu einerseits wichtige, teilweise sonst nicht messbare Eingangsdaten für die FEM-basierten Umformsimulationen und andererseits spezielle Werkstoffeigenschaften, wie beispielsweise die Wärmeleitfähigkeit. Auch für die Auslegung von unternehmensinternen Prozessen liefern die Werkstoffdaten aus dem Rechner die benötigten Eingangsgrößen. So wird für die Optimierungen der Schmiedeprozesse das System FORGE eingesetzt, welches eine direkte Schnittstelle zu JMatPro besitzt. Konsistente thermophysikalische Eigenschaften in Abhängigkeit der zulässigen Schwankungsbreite der Analysen erlauben dadurch die Festlegung wesentlicher Prozessparameter.

„Dies zeigt, dass Werkstofflösungen nur in der Kenntnis der gesamten Prozesskette vom Stahlwerk über die Warmumformung bis zur Wärmebehandlung optimiert werden können“, bringt es Dr. Uwe Diekmann auf den Punkt: „Durch diese Simulationen sinkt der Aufwand für die experimentelle Ermittlung von Daten. Die erhöhte Effizienz und Entwicklungsgeschwindigkeit kommen somit dem Endkunden zugute.“ Diese Vorteile nutzen aber auch kleinere Unternehmen für Sonderanfragen und Standardprodukte, wie etwa die Friedrich Lohmann GmbH in

Witten. Das schon 1790 gegründete Familienunternehmen produziert heute mit seinen zirka 330 Mitarbeitern an zwei Wittener Standorten Spezial- und Edelstähle. Dazu werden mit der Software schon in der Planungsphase die Möglichkeiten und Grenzen der eigenen Fertigungsprozesse bestimmt und gemeinsam mit dem Kunden spezielle Werkstoffe entwickelt.

Dr. Gisbert Winning leitet bei der Friedrich Lohmann GmbH die Qualitätssicherung und berichtet aus langjähriger Erfahrung im Umgang mit der Simulationssoftware.

? Herr Dr. Winning, viele Kunden der Firma Lohmann sind mittelständische Unternehmen und meist hochspezialisierte Nischenanbieter. Erfordert das nicht auch für die Massivumformung ein hohes Maß an Flexibilität?

! Dr. Gisbert Winning: Dazu sind erst einmal spezielle Materialinformationen notwendig. So sind von den etwa 250 der von uns aktuell produzierten Stahlqualitäten etwa 20 Prozent als nicht genormte Werkstoffe anzusehen. Diese bieten zwar für den Kunden einen innovativen Wettbewerbsvorteil, jedoch fehlen hier häufig die Werkstoffdaten. Und die benötigen wir, um zum Beispiel Phasenumwandlungen abschätzen oder Werkstoffempfehlungen weitergeben zu können.

! Dr. Uwe Diekmann: Nicht nur Unternehmen aus der Schmiedebbranche stehen hier häufig vor einem Datenproblem. Natürlich

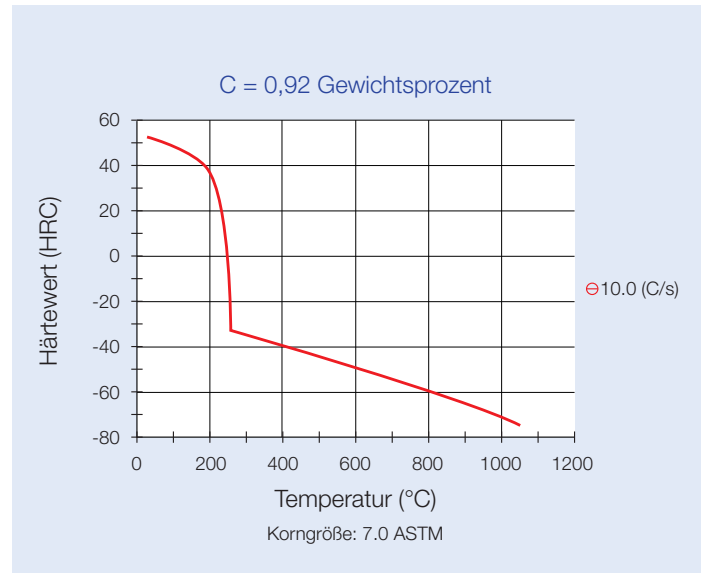
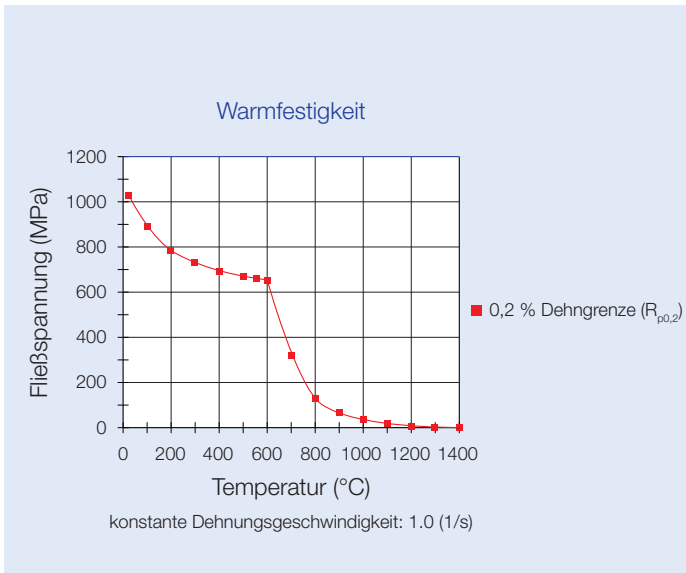


Bild 3: Berechnete Ersatzstreckgrenze im Hochtemperaturbereich.

Bild 4: Berechneter Härteverlauf einer Legierung mit 0,92 Prozent Kohlenstoff.

Bilder: Lohmann GmbH

gibt es fast immer erfahrene Mitarbeiter, die auch vielfach ein „gutes Bauchgefühl“ für richtige Entscheidungen haben. Unsere Erfahrung ist, dass gerade diese Mitarbeiter die Werkstoffsimulation als willkommene Ergänzung oder Sparringspartner in der Diskussion sehen. Aber davon abgesehen: Angesichts von Zeit und Kosten für Prüfungen ist die schnelle Berechnung von Werkstoffdaten eine echte Alternative, um eine Prozessfähigkeit eines Werkstoffs besser abschätzen zu können.



Bei aller Innovationstätigkeit – besteht nicht auch die Versuchung, die eigenen Standardabläufe zu vernachlässigen?



Dr. Winning: Im Gegenteil. Ich halte es für ausgesprochen wichtig, permanent die eigenen Prozesse zu untersuchen und weiterzuentwickeln. Dies kann bei uns schon bei der Wahl eines geeigneten Schmiedeblocks beginnen. Wie sind damit etwa neue Umformstrategien zu entwickeln, die für Lohmann vielleicht zu einem Alleinstellungsmerkmal werden könnten? So haben wir zum Beispiel mit Hilfe der Simulationssoftware durch Vergleichsrechnungen der „high temperature strength“ zwischen bekannten und neuen Werkstoffen abschätzen können, wie eine angedachte Güte in unseren Aggregaten besser umzuformen ist, das heißt, ob unsere Kräfte ausreichend sind und in welchem Temperaturintervall wir uns bewegen sollten (Bild 3).



Erfahrungsgemäß können während eines Produktionsprozesses auch Qualitätsabweichungen auftreten. Welche Hilfen bietet hier eine Simulation?



Dr. Winning: Hier müssen wir vor allem schnell reagieren können, um zu erkennen, wie ein Fehler entstanden ist und welche Gegenmaßnahmen möglich sind. JMatPro hilft uns hier diese Abweichungen zu reproduzieren und zu verstehen. Wurde etwa das Temperaturfenster zu weit geöffnet und lohnt es sich, das Material zum Ausgleich anschließend noch länger im Ofen zu halten?

Auch bei einer nachträglichen Manöverkritik binden wir die eigenen Produktionsmitarbeiter in die Untersuchungen mit ein. Da die Software sehr intuitiv zu bedienen ist, kann so durch eine Rekonstruktion einer Abweichung am Bildschirm eine Sensibilisierung für künftige Projekte beziehungsweise Prozessabläufe gefördert werden.



Aber auch beim Kunden können Qualitätsabweichungen auftreten.



Dr. Winning: Wenn es zu einer Reklamation etwa wegen eines Spannungsbruchs durch den Kunden kommt, untersuchen wir das Härtegefüge und ermitteln zum Beispiel, wie viel Restaustenit noch vorhanden ist. Mit der Simulation rekonstruieren wir dann die Ausgangssituation. Dadurch können wir meist nachweisen, an welcher Stelle der Kunde sich gegebenenfalls nicht an unsere Empfehlungen gehalten hat.



Eine Zusammenarbeit mit dem Kunden beginnt aber idealerweise schon bei der Werkstoffentwicklung.



Dr. Diekmann: Das ist die optimale Ausgangssituation: Wenn der Kunde seine Anwendungserfahrungen mit in einen Workshop zur Werkstoffentwicklung einbringt, können interaktiv mit dem Simulationssystem Ideen und Konzepte beurteilt werden.



Dr. Winning: Nehmen wir einmal die Forderung nach einer hohen Härte. Der Kunde verlangt zum Beispiel eine Härte größer 60 HRC bei gleichzeitig optimaler Zähigkeit. Diese beiden Anforderungen stehen bekanntlich im Gegensatz zueinander. Mit JMatPro sind wir in der Lage, die sich einstellende Härte vorab zu berechnen. In dem Beispiel wird die Härtebarkeit einer Legierung in Abhängigkeit vom simulierten Kohlenstoffgehalt gezeigt (Bild 4). Die Software gibt uns dabei die Möglichkeit, den Kunden unmittelbar die Auswirkungen der jeweiligen Wünsche zu demonstrieren.



Setzt der Umgang mit einer Software aber nicht umfangreiche Schulungen voraus?



Dr. Diekmann: Das kommt darauf an – die meisten Kunden sind schon nach einer kurzen Einweisung produktiv. Dies liegt auch daran, dass Anwenderfreundlichkeit – auch für Gelegenheitsnutzer – und Stabilität ein Designziel für die Software war. Reine CAE-Anwender, die sich „nur“ ihre Werkstoffmodelle erzeugen lassen möchten, können dies sehr einfach machen. Aber auch recht komplexe Berechnungen sind durchaus für Werkstoff-Praktiker ohne akademische Ausbildung zugänglich.

! Dr. Winning: ... und dadurch können wir einem Kunden sehr schnell zeigen, dass es auch bei der Massivumformung die berühmte „eierlegende Wollmichsau“ nicht geben kann. Andererseits können so von Anfang an die Möglichkeiten eines neuen Werkstoffs tiefer ausgelotet werden. Dem Kunden kann auf diese Weise schnell ein Gespür für seine Chancen und Grenzen seiner Produktidee mitgegeben werden.

So können zum Beispiel erste ZTU-Schaubilder erstellt werden. Dies bedeutet nun nicht, dass man ohne Versuche auskommen kann, aber deren spätere Anzahl lässt sich durch eine Simulation wesentlich einschränken.

? Werkstoffsimulation wird auch für Lohmann selbst zukünftig eine größere Rolle spielen?

! Dr. Winning: Ja, durch die neue VD/VOD Anlage, mit der wir unter Vakuum auch zwingend zu entgasende Güten herstellen können, wird sich unsere Werkstoffpalette wesentlich erweitern, wodurch unsere Schmiede- und Walzprozesse neu angepasst werden müssen. Aktuell sind wir noch in der Werkstofffindungsphase und prüfen, welche Möglichkeiten uns offen stehen, vorhandene Werkstoffe zu verbessern und neue zu entwickeln.

? Lohmann war auch einer der Teilnehmer beim letzten JMatPro-Kundentag in Kamen. Welche Bedeutung hatte dieses Treffen für Sie?

! Dr. Winning: Da wir die Simulationssoftware erst seit gut einem Jahr im Einsatz haben, ist

es für uns wichtig, an den Erfahrungen anderer Anwender teilzuhaben, um die eigenen Ergebnisse gezielter interpretieren zu können.

? Und die Bedeutung für Metatech?

! Dr. Diekmann: In erster Linie ist es uns wichtig, die industriellen Praktiker und die wissenschaftlichen Mitarbeiter aus den Hochschulen mit den Entwicklern des Systems zu vernetzen, zum Beispiel hatten wir interessante Vorträge und Diskussionsbeiträge von der TU Graz, RWTH Aachen und TU Chemnitz. Darüber hinaus stellen auch die Entwickler ihre neuen Ideen vor – die Anwender bestimmen mit, wie es mit der Entwicklung der Software weitergeht. ■



Dipl.-Ing. Udo Mathee



Dr. Gisbert Winning



Dr. Uwe Diekmann