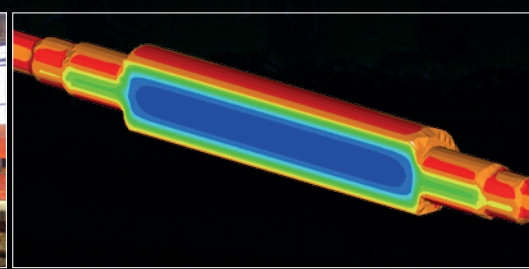
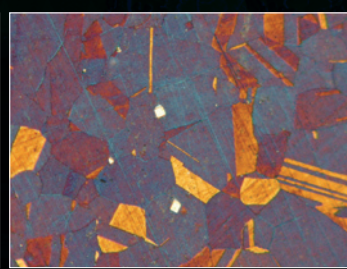
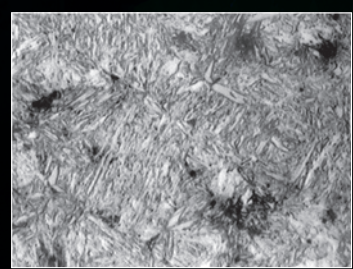
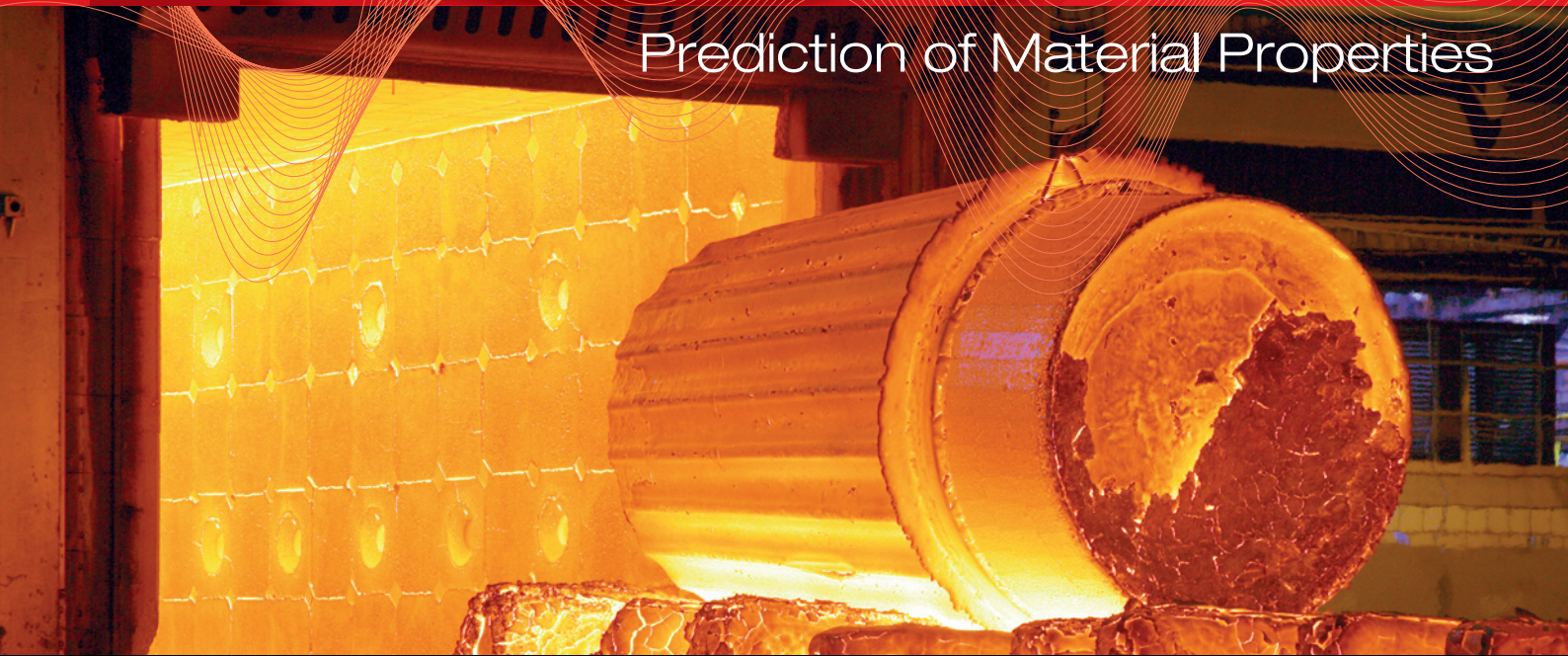




# simufact.premap

## Prediction of Material Properties



## simufact.premap

### Prediction of Material Properties

Die richtige Werkstoffauswahl ist unerlässlich für die Herstellung von Produkten hoher Qualität und anspruchsvoller Komplexität. Der Werkstoff allein wird jedoch selten die vom Kunden geforderten Bauteileigenschaften bereitstellen können. Die richtige Fertigungsstrategie sowie eine moderne Wärmebehandlung auf hohem Niveau sind hierzu ebenso erforderlich. Erst dann wird die geforderte Qualität bei gleichzeitiger Ressourcenschonung in kürzester Entwicklungszeit gewährleistet sein. Ohne den Einsatz moderner Simulationswerkzeuge für die Prozessauslegung und -optimierung sind diese Anforderungen nicht mehr zu bewältigen.

Mit Simufact.premap steht dem Praktiker, aber auch dem Wissenschaftler, ein Werkzeug für die umfassende Wärmebehandlung und die Gefügesimulation zur Verfügung. Als komplementäre Lösung zu Simufact.forming und Simufact.welding rundet es die Produktpalette zur durchgängigen Prozesskettensimulation im Fertigungsumfeld der Simufact Engineering GmbH ab.

#### Umfassende Prozessführung – eine Selbstverständlichkeit

Mit Simufact.premap können alle Phasen eines Wärmebehandlungsprozesses simuliert werden. Dazu zählen das Erwärmen, das Halten, das Abschrecken, aber auch das gezielte Abkühlen und das Anlassen.

Beim Erwärmen können bereits das Kornwachstum und somit auch die Bestimmung der Korngröße ermittelt werden. In der Haltephase wird durch Berechnung der Phasentransformation die Austenitisierung ermittelt. Beim Abkühlen können alle technisch relevanten

Prozesse virtuell abgebildet werden. Unterschiedlichste Abkühlraten können analysiert werden bis hin zum Abschrecken mit der einhergehenden Martensitbildung. Nach einem anschließenden Anlassen liegen die Eigenschaften des entspannten Martensits als Simulationsergebnis vor.

#### Unterschiedlichste Modellierungsmöglichkeiten des Erwärmens und des Abkühlens sind abbildbar

- Konduktive Erwärmung im Ofen
- Schnittstelle zur Erwärmungssimulation von Ofenherstellern (z. B. Thermprof von ABP Induktion)
- Induktive Erwärmung
- Abkühlung an ruhender Luft oder im Luftstrom
- Abkühlung im Wasser- oder Ölbad, aber auch im Wasserstrahl
- Die Kombination daraus, z. B. beim Eintauchen eines Produktes aus der Luft in ein Medium
- Die gesamte, aber auch die teilweise (partielle) Erwärmung und Abkühlung eines Produktes können simuliert werden.



# simufact.premap

## Prediction of Material Properties

Alle gängigen Härteverfahren werden unterstützt: die martensitische Härtung bei Stahl, aber auch die Ausscheidungshärtung bei Aluminium oder beispielsweise bei AFP-Stählen. Auch das Randhärten durch diffusionsgesteuerte Prozesse wie das Karbonisieren, Nitrieren und Karbo-Nitrieren werden unterstützt.

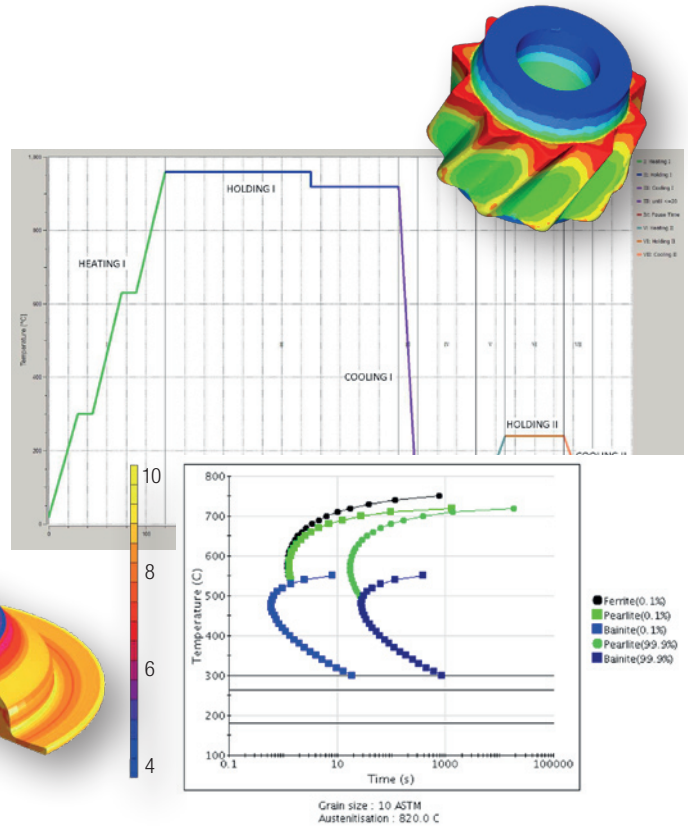
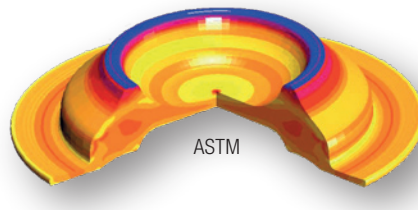
Der Leistungsumfang von Simufact.premap wird abgerundet durch die Abbildung des Normalisierens und Homogenisierens sowie durch die Simulation des Jominy-Tests.

### Materialparameter – der Schlüssel zu einer realitätsnahen Wärmebehandlungssimulation

Materialdaten sind von vielerlei Parametern abhängig. In Simufact.premap werden die Materialdaten in Abhängigkeit von vielen physikalischen Zustandsgrößen verwendet. So ist die Materialcharakteristik abhängig von der chemischen Zusammensetzung, den Phasenteilen, der Korngröße und der Temperatur. Die Fließspannung darüber hinaus hängt von der plastischen Dehnung und der Dehnrate ab.

### Materialdaten in Simufact.premap:

- E-Modul
- Wärmeausdehnungskoeffizient
- Wärmeleitfähigkeit
- Querkontraktionszahl
- Dichte
- Fließspannung



Bei mehrphasigen Strukturen werden die Materialparameter aus den Anteilen der einzelnen Phasen ermittelt. Dabei erfolgt die Berechnung auf der Grundlage von isothermen und kontinuierlichen Umwandlungsschaubildern (ZTU-Diagrammen). Die ermittelten Phasen sind Austenit, Martensit, Bainit, Perlit und Ferrit.

Die korrekte Parameterbestimmung erfordert eine präzise, prozessabhängige Darstellung der Temperatur. Hierbei wird sowohl der "externe" Wärmeübergang (Wärmefluss zur Umgebung oder zu Werkzeugen) berechnet als auch der "interne" Wärmehaushalt berücksichtigt, der sich über die Wärmeleitfähigkeit, die plastische Deformation, die spezifische Wärmekapazität sowie die latente Wärme ergibt.

Eine realitätsnahe mechanische Materialcharakterisierung wird durch die Berücksichtigung der Volumenänderung sichergestellt. Diese kann sich aus der thermischen Expansion ergeben, bei der in Simufact.premap auch die latente Wärme Berücksichtigung findet, aber auch aufgrund der Gitterumwandlung z. B. eines kubisch-flächenzentrierten zu einem kubisch-raumzentrierten Gitter.

Im Rahmen der Simulation entlang einer Prozesskette passen sich die Materialparameter kontinuierlich entsprechend der Simulationsergebnisse an die geänderten Rahmenbedingungen an. Für eine Sensitivitätsanalyse der Parameter können Datensätze mit oberer und unterer Grenze der chemischen Zusammensetzung generiert werden.

### Simulationsergebnisse lassen die Qualität eines Prozesses bewerten

Eine Vielzahl von Ergebnissen steht dem Prozessentwickler zur Bewertung eines Produktes und seines Produktionsablaufes zur Verfügung.

Zur Beschreibung der Mikrostruktur und des Gefüges werden die Phasen und die Phasenteile ausgewiesen: Martensit, Bainit, Perlit, Ferrit sowie Restaustenit. Die Korngröße als Ergebnis eines Kornwachstums (auch in Zusammenhang mit dynamischer und statischer Rekristallisation) kann in Mikrometern oder ASTM dargestellt werden. Beim Einsatzhärten kann die Eindringtiefe des Kohlenstoffes und des Stickstoffes analysiert werden.

Als mechanische Prozessgrößen liegen nach einer Simulation vielerlei relevante Parameter vor: Härte, Festigkeit (Dehngrenze), Zugfestigkeit. Weitere physikalische Größen, die für die Bewertung der Gebrauchseigenschaften einer Struktur bedeutsam sind, werden sukzessive in Simufact.premap integriert werden.

Selbstverständlich können sämtliche Ergebnisse zu jedem Prozesszeitpunkt an jeder Stelle eines Bauteiles dargestellt und ausgewertet werden.

Ein sehr wichtiges Ergebnis aus der Simulation des Materialverhaltens ist der geometrische Verzug und damit die Darstellung der tatsächlichen Bauteilgeometrie aufgrund der prozessbedingten Eigenspannungen.

### Leistungsstarke Simulationsansätze für eine korrekte Materialanalyse

Der Garant für eine hochwertige, präzise Prozesssimulation – auch bei der Wärmebehandlung – ist der Einsatz leistungsstarker nichtlinearer Solver. Simufact.premap basiert auf der erprobten und seit Jahrzehnten etablierten Technologie von MSC.Marc des amerikanischen Marktführers MSC.Software.

Eine vollständig gekoppelte thermisch-mechanische, elastisch-plastische Simulation, die auch den sogenannten multi-physics Ansatz komplexer Materialkinetik unterstützt, wird ermöglicht.

Die Finite Element Solver aus dem Hause MSC.Software sind schnell und ausgereift und erlauben selbstverständlich ein parallel computing auf modernen Hochleistungsworkstations und Clustern unter Windows und Linux.

Für die Modellierung der Strukturen und Bauteile stehen alle relevanten 2D und 3D Vernetzungstechnologien zur Verfügung. Neben der weit verbreiteten Tetraeder-Vernetzung ist in Simufact.premap innovative Quad- und Hexaeder-Element Technologie implementiert als Garant für ein Höchstmaß an Ergebnisqualität.

Die Präzision der Materialsimulation wird schließlich dadurch gesteigert, dass die verwendeten Wärmeübergangskoeffizienten in einer inversen Kalkulation – basierend auf einer automatisierten Optimierung durch Simufact.premap selbst ermittelt werden.

Simufact.premap ist eine Softwarelösung die stand-alone für die Simulation von Wärmebehandlungsprozessen und die Berechnung von Materialeigenschaften eingesetzt werden kann. Aber auch innerhalb der Softwareumgebung von Simufact.forming und Simufact.welding steht dem Prozessentwickler ein mächtiges Werkzeug zur Analyse der Gefüge-Evolution und zur Berechnung von Materialeigenschaften zur Verfügung.

Damit wird Simufact.premap zu einem wesentlichen Bestandteil einer innovativen Prozessketten-Simulation. Szenarien wie beispielsweise das einer Umformsimulation - durchaus basierend auf Ergebnissen einer vorausgegangenen Gießsimulation des Halbzeuges-, einer anschließenden Schweißsimulation und einer darauf folgenden virtuellen Wärmebehandlung, die letztendlich die Ausgangssituation für eine finale Bauteil-Strukturanalyse liefern können, werden bald zum Standard eines innovativen Engineerings gehören.