



Entwickler unter Zeitdruck – Herausforderungen für den Massivumformer

Rückrufaktionen sind heutzutage mit einer Vielfalt an Ursachen ein zunehmendes Ereignis in der Automobilbranche. Entwicklungsingenieure sind aktuell noch nicht stark davon betroffen, diese Situation kann sich aber in Zukunft ändern. Als Gründe können die Tendenz zur Verkürzung der Entwicklungszeiten, die Kostenreduzierung und die Tendenz zum Leichtbau aufgeführt werden.

AUTOREN



**Dr.-Ing.
Pablo Guel-López**

ist Projektleiter FEM bei
LINAMAR SEISSENSCHMIDT
Forging in Plettenberg



Karsten Bartsch

ist Leiter Technologie bei
LINAMAR SEISSENSCHMIDT
Forging in Plettenberg



Bild 1: Entwicklungsablauf (OEM-Lieferant)

In der Warmmassivumformung gilt die Produktentwicklung als sehr vielschichtig. Zum einen ist die Entwicklung eines neuen Produkts zu nennen, bei denen meistens nur die Randbedingungen oder die Geometrie bekannt sind, zum anderen Produktänderungen, bei welchen die Randbedingungen nur aktualisiert werden sollen. Diese Aufgaben muss der Konstrukteur zusammen mit dem Kunden unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit erfüllen. Das stellt Unternehmen, die im mittelständischen Segment angesiedelt sind, vor Herausforderungen, da die finanziellen Mittel für die Entwicklung begrenzt sind.

In der Schmiedeindustrie sind die Produktionsschritte klar definiert. Zur kontinuierlichen Optimierung existiert auf dem Markt eine Vielzahl an Tools. Hier sind die Finite-Elemente-Methode (FEM), das Reverse Engineering sowie die Versuchsplanung (DOE) zu erwähnen. Unter den genannten theoretischen Untersuchungs-Tools darf man auch die praktischen Versuchstände nicht außer Acht lassen. Ohne den Einsatz solcher Prüfstände würde die Anzahl von Reklamationen am Endprodukt deutlich steigen.

Im Hinblick auf die eingeräumte Entwicklungszeit ist es gar nicht darstellbar, alle Untersuchungsmöglichkeiten einzusetzen – es gibt beispielsweise zahlreiche Berechnungsmöglichkeiten bei

der Entwicklung eines Schmiedeteils. Außerdem gilt es zu unterscheiden, ob warm-, halbwarm- oder kaltumgeformt wird. Beim Warmschmieden gibt es ein breites Spektrum an Berechnungsmöglichkeiten: die Erwärmung (sowohl induktiv als auch im E-Ofen), das Scheren, das Umformen, die Wärmebehandlung, die Mikrostruktur sowie die Vielzahl von Phänomenen, die sich in der Prozesstiefe verstecken, wie zum Beispiel der Transport durch die Presse (Kinematik) sowie die Abkühlung und Belastung der Werkzeuge. Aufgrund des vorherrschenden Zeitdrucks ist es für den Entwickler nicht realisierbar, alle Möglichkeiten auszuschöpfen. Demzufolge wird das Scheren nicht berücksichtigt und das Teil als ideal zylindrisch angenommen. Für einige Teile spielt die Annahme von einem zylindrischen Abschnitt keine große Rolle, aber für viele Teile ist die Berechnung mit einem deformierten Abschnitt wichtig, da ansonsten die Ergebnisse zu weit von der Realität entfernt sind.

Bei LINAMAR SEISSENSCHMIDT Forging (LSF) in Plettenberg werden jährlich etwa 750 unterschiedliche Produkte gefertigt, hinzukommen stetig weitere Neuprodukte. Dabei werden Fertigteilanpassungen und Verbesserungen der Produktion immer vorrangig betrachtet. Von der Kundenanfrage bis zum ersten Musterteil ist in der Regel ein Zeitraum von zwölf Wochen kalkuliert. Hinzu kommen noch Voruntersuchungen, welche eine grobe

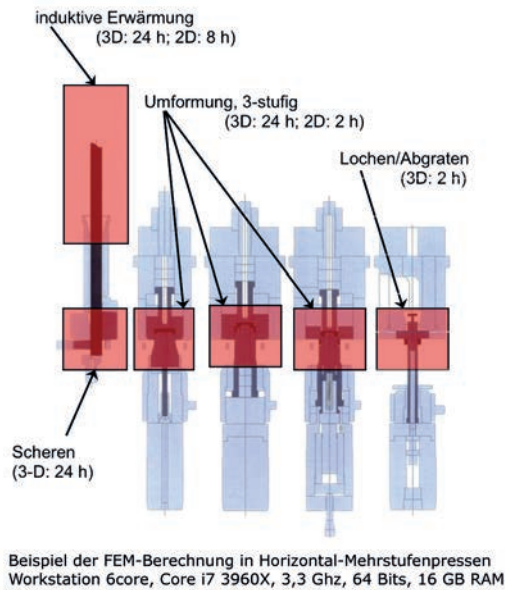


Bild 2: Berechnungszeiten in der Warmmassivumformung

Verfahren	durchschn. Berechnungszeit (3D-Simulation)
Induktive Erwärmung	24 h
Scheren	24 h
Umformen	8 h
Lochen/Abgraten	2 h
Kinematik/Transport	werkstückabhängig
Wärmebehandlung	4 h
Gefüge	werkstückabhängig
Öl- oder Wasserpolster	4 h
Gekoppelte FEM (FEM mit Werkzeugen)	24 h (nur eine Operation)
Summe	~ 96 h ~ 4 Tage ohne Unterbrechungen

Einschätzung der Machbarkeit beinhalten. Ohne die Voruntersuchung ist eine Produktplanung nicht realisierbar. In Bild 1 sind die Schritte in der Entwicklung graphisch dargestellt, von der Kundenanfrage bis zum fertigen Produkt. Je nach Produkt sind die Herausforderungen unterschiedlich, und somit variiert auch der Entwicklungsaufwand. Ein wichtiger Punkt ist die Kommunikation mit dem Kunden, da der Erfolg von der richtigen Wahl der Randbedingungen abhängt und der Partner sehr wichtige Informationen liefert.

Wie bereits erwähnt, gibt es eine Reihe von unterstützenden Tools, um den Prozess zu optimieren, von denen einige im Einsatz sind. Für ein mittelständisches Unternehmen ist es sehr wichtig, das Gleichgewicht zwischen Kosten und Nutzen auszubalancieren, da die Kosten für CAD-Systeme und FEM-Tools sehr hoch sind. Somit bleibt nur ein geringer Spielraum für andere Simulationsprogramme, beispielsweise CDF-Tools für die Strömungsberechnungen. Aus oben genannten Gründen muss der Entwickler Kompromisse bezüglich der Untersuchungstiefe eingehen. Anderenfalls wäre es nicht möglich, den Zeitplan einzuhalten.

Zum besseren Verständnis nachstehend ein Beispiel, warum bei der Entwicklung eines Schmiedeteils Kompromisse eingegangen werden müssen: Die Entwicklung beginnt mit einer Voruntersuchung, die normalerweise nicht in die Entwicklungsphase eingerechnet wird, da diese nur zur groben Einschätzung der Machbarkeit dient. Nach der Anfrage vom Kunden und der

Machbarkeitsprüfung beginnt die Entwicklung des Bauteils durch das Erstellen der Stadien für die Simulation mittels CAD. Die erstellten CAD-Daten können weiter für die FEM-Berechnung genutzt werden. Diese hilft, das bestmögliche Stadium in Bezug auf Standzeiten der Werkzeuge und Umformung zu finden. Der Zeitaufwand für die Entwicklung eines prozessfähigen Stadiums ist unterschiedlich und hängt unter anderem davon ab, ob schon ein ähnliches Bauteil im Produktprogramm existiert; üblicherweise sind ein bis drei Tage realistisch.

Wenn es sich aber um eine Neuentwicklung handelt, bei der nur die Randbedingungen bekannt sind, verlängert sich die Entwicklungszeit je nach Aufwand. Dies ist ein Hinweis darauf, dass es wichtig ist, entsprechende Programme zur Verfügung zu haben. In Bild 2 sind typische FEM-Berechnungszeiten in der Warmmassivumformung bei Einsatz von horizontalen Mehrstufenpressen dargestellt. Für komplette Neuentwicklungen werden ein bis zwei Wochen benötigt.

Varianten der Berechnungsmöglichkeiten haben sich in letzter Zeit vervielfacht und erweitern die Anwendungsfelder in der Praxis. Unter anderen kommen die Mikrostruktur, Optimierungstools, CFD-Berechnungen und numerische Untersuchungen zur Versuchsplanung (DOE) in der Massivumformung immer häufiger zum Einsatz. Diese Optionen erhöhen zwar wünschgemäß die Genauigkeit der Ergebnisse, jedoch auch Zeit und Aufwand in der gesamten Entwicklung.

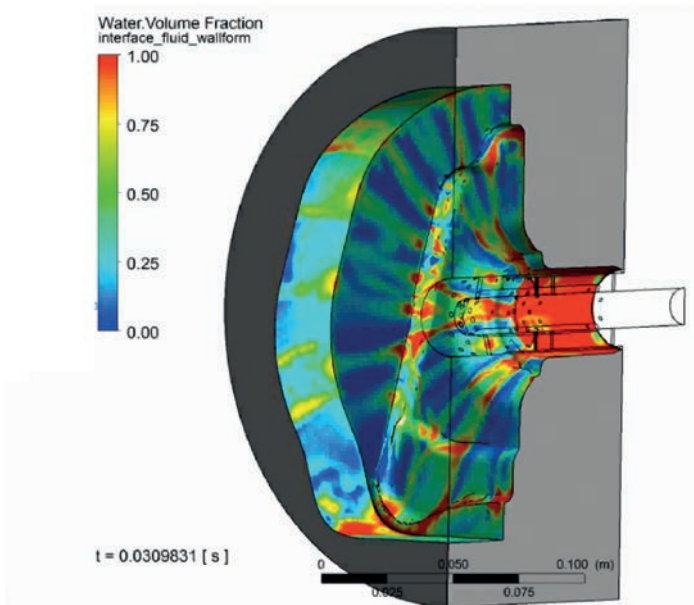


Bild 3: CFD-Berechnung der Kühlung einer Matrize



Bild 4: Aufnahmen mit einer High-Speed-Kamera

Insbesondere die CFD-Berechnungen sind mit einem erhöhten Zeitaufwand von mehreren Wochen verbunden. Deswegen sind diese Berechnungen nur in Sonderfällen zu empfehlen. Bild 3 zeigt ein Beispiel zur Berechnung der Kühlung einer Matrize. Für diese Berechnung der Einzel-FEM-Simulation wurden zwei Wochen benötigt. Um diese Problematik zu umgehen, wurde in eine High-Speed-Kamera investiert, um Störungen im Detail zu analysieren. Im Fokus der hier wiedergegebenen Untersuchung stand die Werkzeugkühlung (Bild 4).

Um zeiteffizient zu entwickeln, kommen weitere Tools zum Einsatz, wie beispielsweise das Reverse Engineering. In der Warmmassivumformung werden in der Regel unterschiedliche Stationen für die vollständige Umformung benötigt. Im Fall von Fertigungsproblemen ist häufig der komplette Stadiengang nochmal zu untersuchen beziehungsweise zu berechnen. Um das Problem in der Simulation praxisnäher betrachten zu können, wird das Fertigungsstadium eingescannt und in das Berechnungsprogramm eingelesen. Somit können die Umform- und Werkzeugverbesserungen vorgenommen werden. Besonders bei komplexen Teilen hat sich diese Vorgehensweise bewährt: Bild 5 zeigt ein eingescanntes Bauteil und das dazugehörige FEM-Modell. Hier wurde die Vorform eingescannt und für die Simulation beim Fertigpressen genutzt. Das gescannte Teil wurde mit einer höheren Auflösung aufgenommen, damit eine feinere Vernetzung stattfinden konnte. Beim Simulieren dieses Teils konnten Schritte eingespart werden, da sofort mit

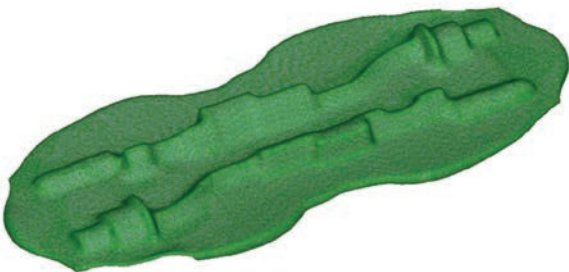
der geeigneten Vorform aus der Praxis gerechnet wurde. Als Nachteil bei diesem Vorgehen ist die unzureichende Abbildung des Temperaturfelds zu nennen. Es wurde aber festgestellt, dass die Annäherung sehr gut zu den Presseergebnissen passt. Eine weitere Möglichkeit des Reverse Engineerings ist das Scannen von Werkzeugen nach den Versuchen zur Herstellung der CAD-Zeichnungen. So können kleine Änderungen, die durch manuelles Drehen oder Schleifen durchgeführt werden, 1:1 in die Zeichnung übernommen werden, was vorher in dieser exakten Weise nicht möglich war.

Einen weiteren, Zeitdruck aufbauenden Faktor stellt folgende Entwicklung dar: In der Vergangenheit wurde das Schmiedeteil, abgeleitet vom gewünschten Fertigteil, vom Kunden weitestgehend vorgegeben – mittlerweile wird oftmals nur noch ein Lastenheft und der Bauraum zur Verfügung gestellt. Diese Tendenz ist zum Beispiel in der Kegelradfertigung zu erkennen, das heißt dass die Entwicklung von Differenzialgetrieben mehr und mehr auf die Zuliefererindustrie übertragen wird. Zur Realisierung der gestiegenen Anforderungen ist unter anderem die Investition in neue Programme und Prüfstände erforderlich. Der Vorteil dieser Entwicklung ist, dass die Bauteile direkt schmiedegerecht den Möglichkeiten der Pressen angepasst werden können.

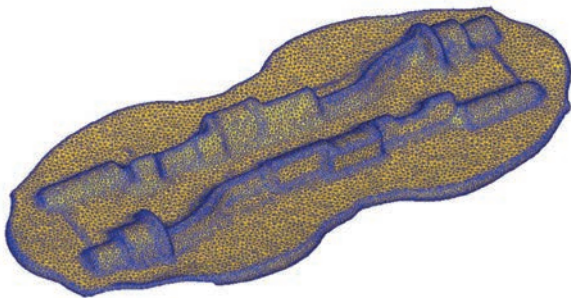
Darüber hinaus war es in der Vergangenheit schwierig, Vorschläge des Zulieferers neu mit einfließen zu lassen, die einen erneuten praktischen Prüfstandslauf zur Folge gehabt hätten.



Vorpressen Real



Vorpressen 3D-Scan



FEM-Modell

Bild 5: Beispiel Reverse Engineering

Bilder: Autoren

Diese Forderung führt auch dazu, dass der Zeitdruck aufgrund der Versuchstermine auf Prüfständen weiterhin erhöht wird.

Die theoretischen Berechnungen werden auf Prüfständen validiert. Das Bauteil wird dort aufgrund von Sicherheitszugaben höher belastet. In der Vergangenheit wurde bei einem Kunden die Anzahl der Prüfstandsläufe, zeitsparend und terminierend, von fünf auf drei reduziert, welches aber die Gefahr von Ausfällen im Feld erhöht. Die Komplexität der vorgenannten Herausforderungen wird durch die steigenden Anforderungen an den Leichtbau erhöht. In erster Linie stellen selbstverständlich Materialeinsparungen eine große Herausforderung für die Entwickler dar, da die Komponenten in der Regel im Zusammenhang mit der vollständigen Konstruktion stehen. Das heißt, es ist eine komplette Analyse erforderlich, welche für den Entwickler selten realisierbar ist, da nicht alle Daten vom Kunden zur Verfügung stehen. Selbst wenn alle Daten zur Verfügung stehen würden, lässt der Zeitdruck es nicht immer zu, alles zu berücksichtigen beziehungsweise zu untersuchen.

Um die große Anzahl von Parametern in einem Projekt zu reduzieren, wird eine Versuchsplanung empfohlen. Zurzeit gibt es DOE-Tools, welche in die FEM-Programme integriert sind. In DEFORM ist in der neuen Oberfläche (Version 11.1) beispielsweise dieses Tool zu finden. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass viele neue Werkzeuge für die Entwickler zur Verfügung stehen, welche aber auch die Kosten erhöhen. Der ebenfalls nicht zu unterschätzende Zeitaufwand kann zu einer Beeinträchtigung der Produktentwicklung führen. Der Ingenieur steht vor der Herausforderung, einen Weg zu finden, der zu einer Verkürzung der Entwicklungszeiten führt, ohne dabei die Produktionsergebnisse zu beeinträchtigen.



LINAMAR SEISSENSCHMIDT Forging
 Daimlerstraße 11
 58840 Plettenberg
 Tel.: +49 2391 915-0
 info@seissenschmidt.com
 www.linamar.com