

Innovative Process Concepts by Process Simulation
Hollow moulding of brass forgings

The manufacturing of complex brass forgings is usually confined to one production step. Today, in order to ensure competitiveness, the hollow moulding process is increasingly used. The setting up of this process is extremely costly, requires intensive trials and extensive specialised expertise in technical processes. The forming simulation provides excellent assistance in the setting up and optimisation of the manufacturing process.

Innovative Verfahrenskonzepte
durch Prozesssimulation

Dipl.-Ing. Andreas
Hagen, Balve und
Dr. Hendrik Schafstall,
Hamburg

Hohlpressen von Messing- Schmiedestücken

Die Herstellung komplexer Messing-Schmiedestücke beschränkt sich in der Regel auf eine Fertigungsstufe. Um die Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen zu können, setzt man heute verstärkt auf das Verfahren des Hohlpressens. Die Auslegung dieser Prozesse ist sehr kosten- und erprobungsintensiv und erfordert ein erhebliches verfahrenstechnisches Fachwissen. Die Umformsimulation gibt bei der Auslegung und Optimierung der Fertigung eine ausgezeichnete Hilfestellung.



Bild 1: Messing-Schmiedestück in Brandlöscharmaturen.

Messing-Schmiedestücke – hohe Belastungen erfordern optimale Fertigungsverfahren

Schmiedestücke aus Messing-Werkstoffen, wie zum Beispiel CuZn37, CuZn40Pb2 oder auch CuZn40Pb2As, finden breite Anwendung in der Installationstechnik für gewerblich und privat genutzte Gebäude.

Hier werden sie in großen Stückzahlen in die Gas- und Wassernetze eingebaut. Ein Bauteilversagen unter den anstehenden Belastungen kann katastrophale Folgen nach sich ziehen. Bei der Fertigung dieser teilweise sehr komplexen Installationsbauteile sprechen vor diesem Hintergrund der günstige Faserverlauf im Werkstück, die hohe Bauteilfes-

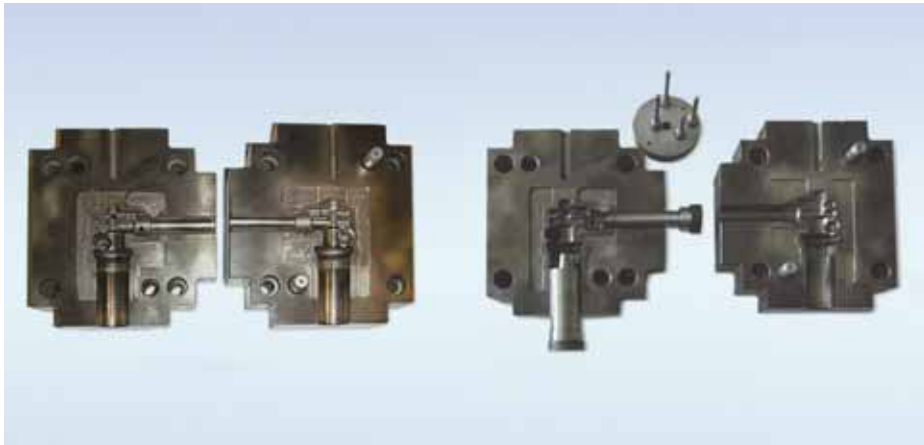


Bild 2: Werkzeugkomponenten für das seitliche Hohlpressen.

tigkeit sowie die Druckbeständigkeit unter schwierigen klimatischen Wechselbedingungen für den Einsatz der Gesenkschmiedetechnologie. Auf Grund der guten bis sehr

wurde im Rahmen eines Kooperationsprojektes der University of Science and Technology, Krakau, mit einem Industriepartner entwickelt.

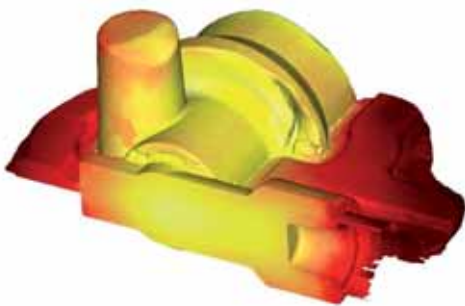


Bild 3: Gratausbildung am Schmiedeteil.



Bild 4: Faltenanzeige.

guten Verformbarkeit der Messinglegierungen ist dieses Fertigungsverfahren geradezu prädestiniert für eine wirtschaftliche Herstellung solch hoch belasteter Bauteile. Das hier vorgestellte Produkt findet im Bereich der Feuerwehrtechnik seinen Einsatz und

Hohlpressen – ein Verfahren mit enormen Vorteilen

Die Besonderheiten von Messing-Schmiedestücken liegen zum einen in den sehr hohen Werkstoffkosten, die um den Faktor drei bis vier über den Kosten für massengleichen

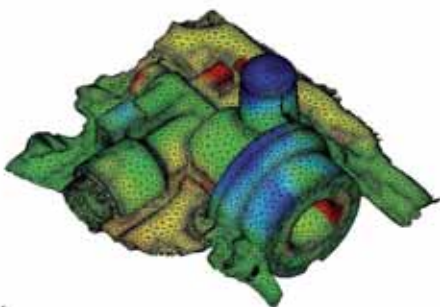
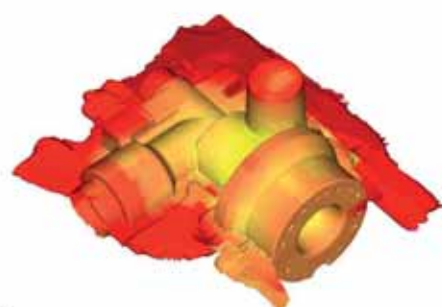


Bild 5: Simuliertes Hohlpressteil links: Darstellung des Umformgrades, rechts: Temperatur.



Bilder: Autoren

che Stahlbauteile liegen, zum anderen in der Tatsache, dass selbst hochkomplexe Produkte innerhalb einer Fertigungsstufe hergestellt werden müssen. Der Kostendruck im internationalen Wettbewerb erlaubt im Allgemeinen keine Fertigung in mehreren Operationen. Hohlformen sowie Hinterschneidungen können üblicherweise nur durch eine anschließende Zerspanung (Bohren, Fräsen) realisiert werden, was einen immensen Materialeinsatz mit sich bringt.

Heute setzt man daher verstärkt auf das Verfahren des Hohlpressens. Die eingesetzte Materialmenge wird hierbei drastisch reduziert und das Problem der fehlenden Vorform-Möglichkeiten wird ausgeglichen. Neben diesen enormen Vorteilen trägt die Minimierung der nachfolgenden mechanischen Endbearbeitung deutlich zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit dieses komplexeren Fertigungsverfahrens bei.

Ein komplexes Umformverfahren erfordert genaueste Prozessplanung

Beim Hohlpressen wirken während des Pressenhubs über hydraulisch-mechanisch gekoppelte Pressenzusatzmodule zusätzliche Stempel auf den Schmiedeprozess ein. Der Ablauf dieser mehrdirektionalen Umformvorgänge ist nahezu immer identisch. Zunächst schließt sich das Gesenkoberteil, welches anschließend zusammen mit dem Gesenkunterteil auf ein hydraulisches Federkissen wirkt und die Kniehebel-Mechanik zur Bewegung der seitlichen Stempel auslöst.

Diese Kniehebel-Mechanismen sind je nach Bauart des Pressenzusatzmoduls für zwei bis vier auf den Maschinenachsen liegende Stempelbewegungen ausgelegt. Bild 2 zeigt die Komponenten einer solchen Werkzeuganordnung. Spezielle Konstruktionen erlauben auch seitliche Stempelanordnungen, im Winkel zu den Maschinenachsen bzw. frei schwenkbar. Die Abstimmung der Kinematik aller am Umformprozess beteiligten Werkzeuge und Stempel beeinflusst wesentlich die Qualität des Produktes. Im Allgemeinen ist bei diesen Verfahrenskonzepten auch mit einem erhöhten Erprobungsaufwand gegenüber einer konventionellen Schmiedung zu rechnen. Doch kann dies weitestgehend durch den Einsatz der Prozesssimulation kompensiert werden.

Hohlpressen – eine Herausforderung für die Prozesssimulation

Bei der Simulation von Hohlpressprozessen werden deutlich höhere Anforderungen an die Umformsimulation gestellt als bei der Analyse klassischer Gesenkschmiedeprozesse. Bereits bei der Modellerstellung gilt es zunächst, nicht nur die Kinematik des „Hauptprozesses“ abzubilden – dies wird im Allgemeinen durch die Wahl eines Umform-

aggregates aus einer Datenbank realisiert –, sondern es muss auch die exakte zeitliche Abfolge der Hohlpress-Stempelbewegungen gesteuert werden. Das sollte weitestgehend automatisch erfolgen, um trotz der komplexen Kinematik den Modellierungsaufwand gering zu halten. Weiterhin ist die Vernetzungstechnologie verstärkt gefordert, da beim Hohlpressen mit deutlich dünnerem Grat gearbeitet werden muss (Bild 3), um während des Auspressens der Hohl-Nebenformen ein Entweichen des Materials in die Gratbahn zu erschweren. Auf Grund der Mehrzahl an Stempeln sind zusätzliche Bereiche mit im Allgemeinen sehr dünnwandiger Stirngratausbildung zu beobachten, die eine Vernetzung des Bauteiles erschweren.

Das Hohlpressen ist anfälliger für unerwünschte Faltenbildung als ein klassischer Schmiedeprozess. Dies lässt sich durch das Mehr an Freiheitsgraden erklären, die das dünnwandige Material zum Fließen in Anspruch nehmen kann. Obwohl die Faltenerkennung mittlerweile zur Standardauswertung eines jeden Simulationsprojektes zählt, muss bei der Analyse des Hohlpressens ein besonderes Augenmerk darauf gerichtet werden. Es sollte nicht passieren, dass Falten im Verlauf der Simulation geglättet werden. Die Finite-Volumen Technologie, die neben der Finite-Elemente Methode in simufact-forming zum Einsatz kommt, erkennt Umformfalten und Fließfehler frühzeitig und stellt diese dar (Bild 4).

Ein weiteres fertigungstechnisches Problem bei Prozessen wie dem Hohlpressen stellt gelegentlich die Temperaturführung dar. Bedingt durch die verhältnismäßig langen Gesenk-Schließzeiten kann es durchaus zu problematischen Temperaturgradienten kommen. Die Prozesssimulation hilft hier, durch eine detaillierte Temperaturanalyse das geeignete Prozessfenster zu finden (Bild 5, rechts).

Schließlich ist noch der Gravurfüllgrad von Bedeutung, der eng mit der erforderlichen Presskraft zusammenhängt. Hier muss die Simulation sicherstellen, dass die Presskräfte aller Stempel in beliebiger Bewegung richtig ermittelt und ausgegeben werden können. Auch die Biegebelastung der seitlichen Stempel kann von Bedeutung sein und wird bei Bedarf ausgewertet.

Im vorherigen Abschnitt wurde bereits erwähnt, dass ein robuster Hohlpress-Prozess mehr Erprobungen erfordert. Dementsprechend müssen mehr Prozessvarianten mit Hilfe der Prozesssimulation untersucht werden. In dem vorgestellten Beispiel wurden insgesamt sieben unterschiedliche Hauptvarianten untersucht, kleinere Modifikationen, z. B. in der Einlage, sind nicht mitgezählt. Dementsprechend wichtig ist die Rechengeschwindigkeit bzw. die Rechen-

zeit, die für die Simulation einer Variante benötigt wird.

Die Rechenzeit für eine Simulation in diesem Projekt betrug im Schnitt zwei Stunden. Die hohe Rechengeschwindigkeit ist auf den hierbei verwendeten Finite Volumen Solver zurückzuführen. Auf die Nutzung der Parallel-Computing Funktionalität wurde in diesem Fall verzichtet, da es bei derartigen Prozessen effizienter ist, mehrere Varianten simultan auf mehreren CPU's zu rechnen als einen Simulationsprozess parallel auf mehrere Knoten zu verteilen und die Fertigungsvarianten dann sequentiell abzuarbeiten.

Hoher Nutzen garantiert

Im Rahmen des vorgestellten Projekts konnte eine Vielzahl von realen Erprobungen auf der Fertigungslinie eingespart werden. Die vollständige Auslegung des Prozesses erfolgte virtuell durch die Prozesssimulation. Lediglich die Erfolg versprechende siebte Variante der Stempel und Gesenke wurde auch wirklich im Werkzeugbau hergestellt. Das Ergebnis war ein robuster, fehlerfreier Prozess in der Serienfertigung. Durch den Einsatz der Prozesssimulation musste nur die vorab ermittelte optimale Materialabmessung eingekauft werden. Es war nicht notwendig, unterschiedliche Abmessungen für die Erprobung zu bevorraten.

Zusammenfassung

Das Messing-Hohlpressen hat sich zur Fertigung komplexer Schmiedestücke am Markt etabliert. Der Entwicklungsaufwand für dieses Verfahren ist jedoch sehr viel höher als bei Standard-Schmiedeprozessen. Die Umformsimulation stellt hier ein wertvolles Hilfsmittel zur Reduzierung der Entwicklungszeiten und zur Optimierung der Schmiedeprozesse dar. Die Anzahl der Probeschmiedungen und die Gesamtentwicklungs- und Fertigungskosten sinken deutlich. ■

Danksagung

Wir danken für die freundliche Unterstützung der Universität zu Krakau und hier besonders der AGH – University of Science and Technology, Faculty of Metal Engineering and Industrial Computer Science, Herrn Professor Paćko.



Dipl.-Ing. Andreas Hagen



Dr. Hendrik Schafstall