





Aktuelle Entwicklungen in der Kaltumformung in Brasilien

Pedro D. Schmitt • Luciano Pinotti • Marcelo Carminati
Alexandra Ferreira • Dr. Gerhard H. Arfmann*

Açopecas, Guabiruba, SC, Brazil * CPM GmbH, Herzogenrath, Germany

Mai
2011

ABSTRAKT



Institut für Umformtechnik
Lehrstuhl für Umformtechnik



Açopecas

ABSTRAKT

Trotz der generellen Entwicklung Brasiliens in den letzten Jahren ist das Wachstum der Kaltformindustrie nicht in demselben Maß gewachsen wie die Wirtschaft des Landes im Allgemeinen. Die Menge an warm- und kaltgeformten Teilen, sowie von Schrauben und Verbindungselementen stieg unterhalb des Landesdurchschnitts und unterhalb des Wachstums der Automobilindustrie.



Institut für Umformtechnik
UFG 2012 Stuttgart



ABSTRAKT

Die wesentlichen Gründe lagen:



Institut für Umformtechnik
UFG 2012 Stuttgart



ABSTRAKT

Die wesentlichen Gründe lagen:

- bei den Schwierigkeiten Maschinen zu importieren



Institut für Umformtechnik
Ulmerstraße 11, 70563 Stuttgart



ABSTRAKT

Die wesentlichen Gründe lagen:

- bei den Schwierigkeiten Maschinen zu importieren
- den Kosten des Vormaterials, die in Einzelfällen beim Doppelten des Weltmarktpreises liegen können



Institut für Umformtechnik
Ulmerstraße 11, 70563 Stuttgart



ABSTRAKT

Die wesentlichen Gründe lagen:

- bei den Schwierigkeiten Maschinen zu importieren
- den Kosten des Vormaterials, die in Einzelfällen beim Doppelten des Weltmarktpreises liegen können
 - den Kosten des Staatsapparates



Institut für Umformtechnik
Luisenpark-Str. 101
10585 Berlin



ABSTRAKT

Unabhängig von den aktuellen Schwierigkeiten beginnt die brasilianische Industrie die jüngsten Entwicklungen im Gebiet der Kaltumformung zu nutzen. Die Resultate zeigen, dass wir in den nächsten Jahren erhebliche Fortschritte erzielen können, um die Aktivitäten in der nationalen Automobilindustrie ausdehnen zu können und damit gleichrangig mit dem Rest der Welt im Wettbewerb stehen zu können.



Institut für Umformtechnik
Luisenpark-Str. 101
10585 Berlin



ABSTRAKT

Dieser Vortrag zeigt einige Prozesse, wie sie heute in der Kaltumformindustrie eingesetzt werden.

Die üblichen Verfahren und deren Alternativen werden herausgestellt.

Mehrstufenprozesse und einstufige Prozesse werden betrachtet, ihre Unterschiede dargestellt und die Vorteile einstufiger Prozesse erläutert.

Keywords: Stahl, Kaltumformung, "Schließwerkzeuge".



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINFÜHRUNG

Heute produziert Brasilien:



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINFÜHRUNG

Heute produziert Brasilien:

- 50 % des Stahls in Latein Amerika;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINFÜHRUNG

Heute produziert Brasilien:

- 50 % des Stahls in Latein Amerika;
- 20 % des weltweit geförderten Eisenerzes;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINFÜHRUNG

Heute produziert Brasilien:

- 50 % des Stahls in Latein Amerika;
- 20 % des weltweit geförderten Eisenerzes;
- 2.9 % der Weltstahlproduktion;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINFÜHRUNG

Heute produziert Brasilien:

- 50 % des Stahls in Latein Amerika;
- 20 % des weltweit geförderten Eisenerzes;
- 2.9 % der Weltstahlproduktion;
- Brasilien ist der sechst größte Hersteller von Automobilen und der viertgrößte Markt für Automobile.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINFÜHRUNG

Seit den 1990er Jahren produzieren wir Bauteile eines gewissen Schwierigkeitsgrades wie:



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



EINFÜHRUNG

Seit den 1990er Jahren produzieren wir Bauteile eines gewissen Schwierigkeitsgrades wie:

- Universelle Kreuze;



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



EINFÜHRUNG

Seit den 1990er Jahren produzieren wir Bauteile eines gewissen Schwierigkeitsgrades wie:

- Universelle Kreuze;
- Kegelnaben (Inner Races);



Institut für Umformtechnik
Ulmerstraße 11, 70563 Stuttgart



EINFÜHRUNG

Seit den 1990er Jahren produzieren wir Bauteile eines gewissen Schwierigkeitsgrades wie:

- Universelle Kreuze;
- Kegelnaben (Inner Races);
- Zahnräder, und anderes.



Institut für Umformtechnik
Ulmerstraße 11, 70563 Stuttgart



EINFÜHRUNG

- Heute arbeiten wir auch halbwarm bei Temperaturen zwischen 400°C und 600°C um Glühen und Phosphatieren zu vermeiden.



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



EINFÜHRUNG

- Heute arbeiten wir auch halbwarm bei Temperaturen zwischen 400°C und 600°C um Glühen und Phosphatieren zu vermeiden.
- Wir nutzen auch DLC Beschichtungen (Diamond Like Carbon) auf den Werkzeugen.



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



EINFÜHRUNG

- Heute arbeiten wir auch halbwarm bei Temperaturen zwischen 400°C und 600°C um Glühen und Phosphatieren zu vermeiden.
- Wir nutzen auch DLC Beschichtungen (Diamond Like Carbon) auf den Werkzeugen.
- Auch werden Schließwerkzeuge benutzt, um Prozessstufen einzusparen.



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



EINFÜHRUNG

- Heute arbeiten wir auch halbwarm bei Temperaturen zwischen 400°C und 600°C um Glühen und Phosphatieren zu vermeiden.
- Wir nutzen auch DLC Beschichtungen (Diamond Like Carbon) auf den Werkzeugen.
- Auch werden Schließwerkzeuge benutzt, um Prozessstufen einzusparen.
- Ein anderer Gesichtspunkt ist die Beziehung zwischen Umformgrad und Verfestigung gezielt bei der Prozessauslegung zu nutzen.



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



EINSTUFIGE PROZESSE



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINSTUFIGE PROZESSE

In der Kaltumformung gibt es im Wesentlichen
zwei Strategien:



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINSTUFIGE PROZESSE

In der Kaltumformung gibt es im Wesentlichen
zwei Strategien:

1. Schnelle und teurere Mehrstufenpressen zu nutzen;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



EINSTUFIGE PROZESSE

In der Kaltumformung gibt es im Wesentlichen
zwei Strategien:

1. Schnelle und teurere Mehrstufenpressen zu nutzen;
2. Preiswerte und einfache Maschinen mit komplexeren Werkzeugen zu nutzen. Die Prozessplanung betrifft dann nur die Belastung in einem Werkzeug, ohne den komplexen Setup einer Mehrstufenpresse berücksichtigen zu müssen.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube

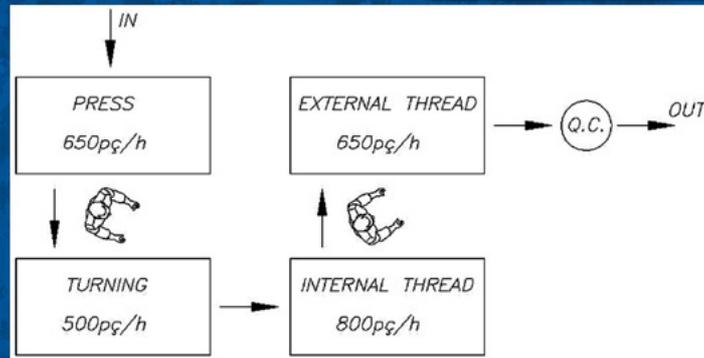


Abb. 2: Produktion im einstufigen Prozess

Einstufiger Prozess - Die Alternative ist einen einstufigen Prozess zu nutzen. In einem solchen Prozess wird weniger Material benötigt und die spanende Bearbeitung ist einfacher, da der Bund gepresst wird und nicht gespannt werden muss.

Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube

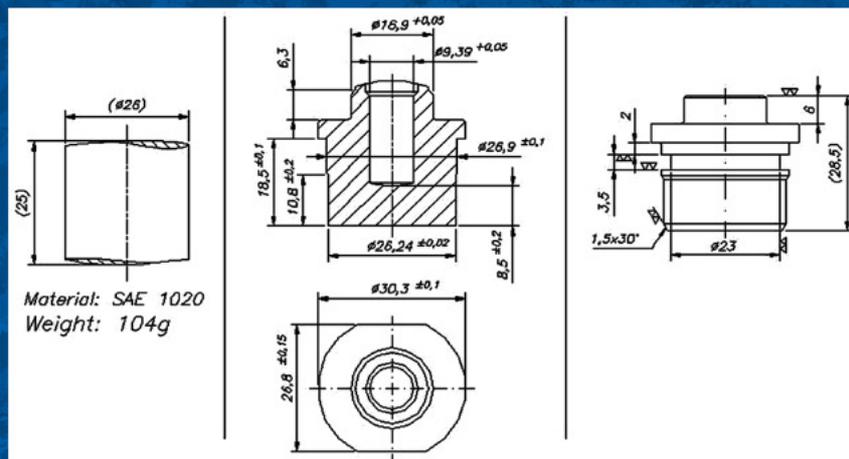


Abb. 3: Einstufige Prozessauslegung

Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube

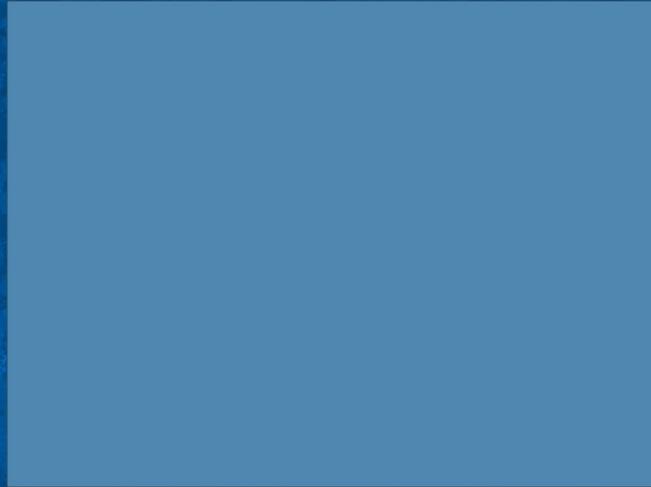


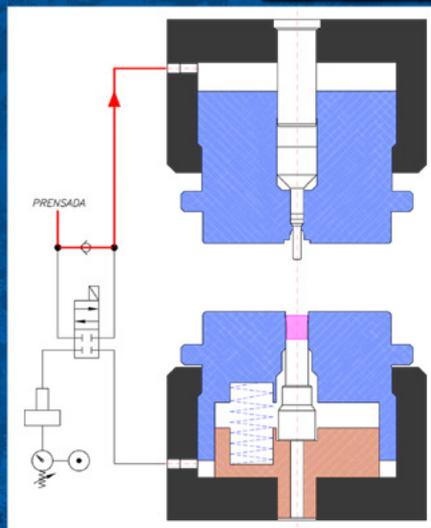
Abb. 4: Die Simulation zeigt die Werkzeugbewegung

Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube

Abb. 4:
Die Simulation
zeigt die
Werkzeugbewegung

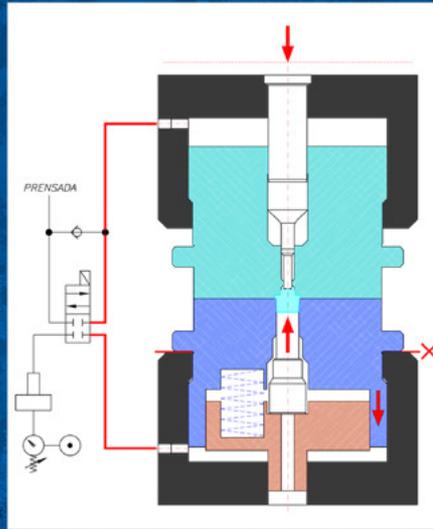


Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



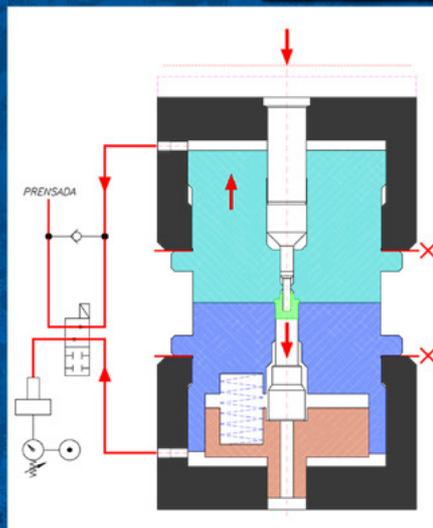
Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube

Abb. 4:
Die Simulation
zeigt die
Werkzeugbewegung

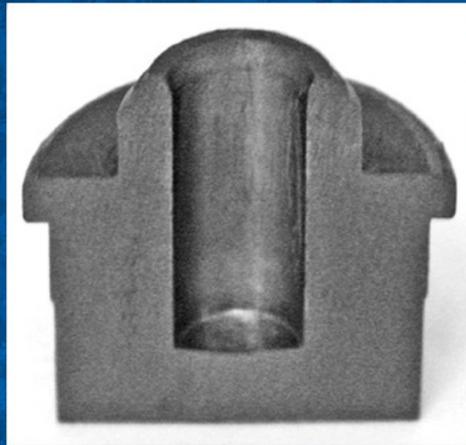


Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube

Abb. 4:
Die Simulation
zeigt die
Werkzeugbewegung



Beispiel 1 Stoßdämpfer Schraube



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 2 Bremskolben



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 2 Bremskolben

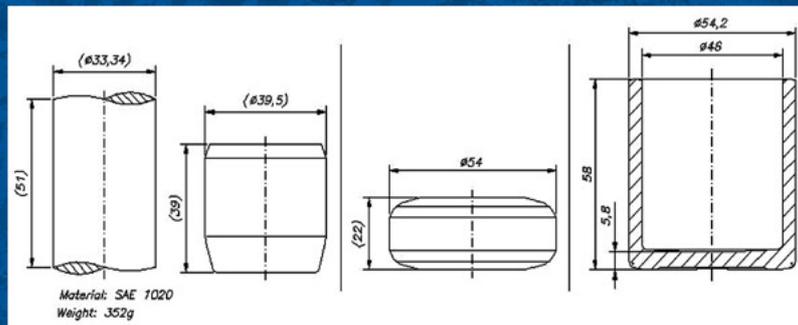


Abb. 5: Mehrstufenprozess

Mehrstufenprozess - Die Teile werden üblicherweise durch Rückwärts-fließpressen hergestellt.



Institut für
Produktionstechnik
an der
FH Osnabrück



Açopecas

Beispiel 2 Bremskolben



Abb. 5: Mehrstufenprozess

Mehrstufenprozess - Die Teile werden üblicherweise durch Rückwärts-fließpressen hergestellt.



Institut für
Produktionstechnik
an der
FH Osnabrück



Açopecas

Beispiel 2 Bremskolben

Einstufiger Prozess

Dieses Stück hat zwei Fertigungsentscheidung
in einem einzigen Arbeitsgang:



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 2 Bremskolben

Einstufiger Prozess

Dieses Stück hat zwei Fertigungsentscheidung
in einem einzigen Arbeitsgang:

- Entscheidung 1: "OSEN" Prozess
(entwickelt und patentiert
durch das "IFU" Institut
für Umformtechnik
der Universität Stuttgart).



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 2 Bremskolben

Einstufiger Prozess

Dieses Stück hat zwei Fertigungsentscheidungen
in einem einzigen Arbeitsgang:

- Entscheidung 1: "OSEN" Prozess
(entwickelt und patentiert
durch das "IFU" Institut
für Umformtechnik
der Universität Stuttgart).
- Entscheidung 2: Aufstauchen und Fließpressen
in der gleichen Operation.

Beispiel 2 Bremskolben

Entscheidung 1: OSEN

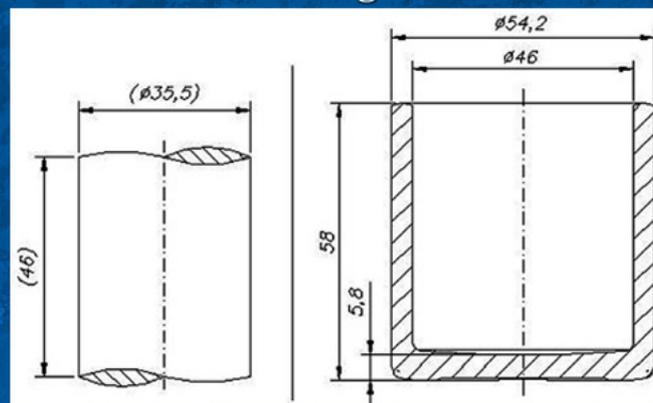


Abb. 6: "OSEN" Prozessauslegung

Beispiel 2 Bremskolben



Abb. 6: "OSEN" Prozessauslegung



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 2 Bremskolben

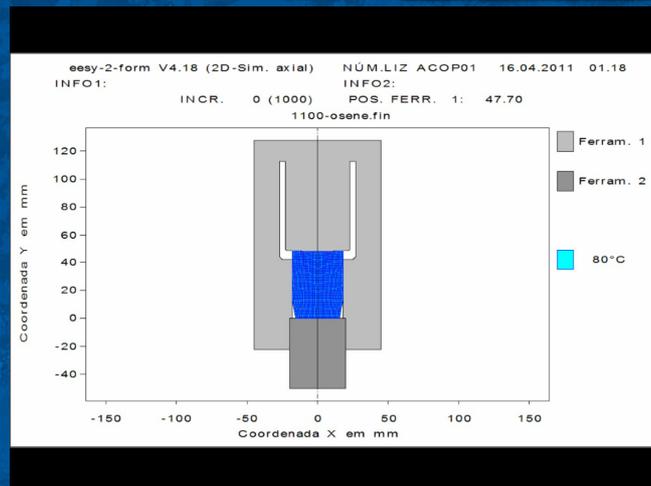


Abb. 7: "OSEN" Prozess Simulation



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 2 Bremskolben

Entscheidung 2:

Aufstauchen und
Fließpressen
in der gleichen
Operation

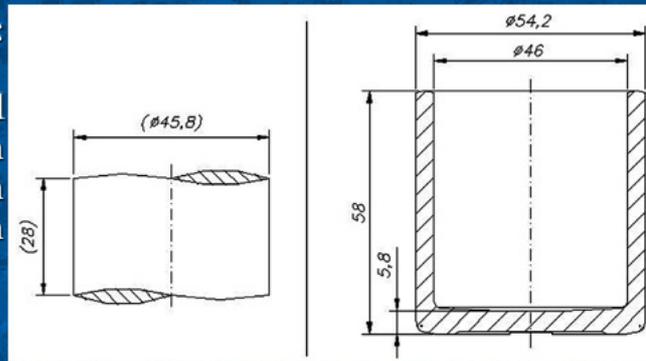


Abb. 8: Prozessauslegung Rückwärtsfließpressen

Im gewöhnlichen Prozess werden das Aufstauchen und das Fließpressen in zwei separaten Stufen durchgeführt, aber nun können sie in einer Stufe realisiert werden.



Institut für Umformtechnik
University of Duisburg-Essen



Açopecas

Beispiel 2 Bremskolben

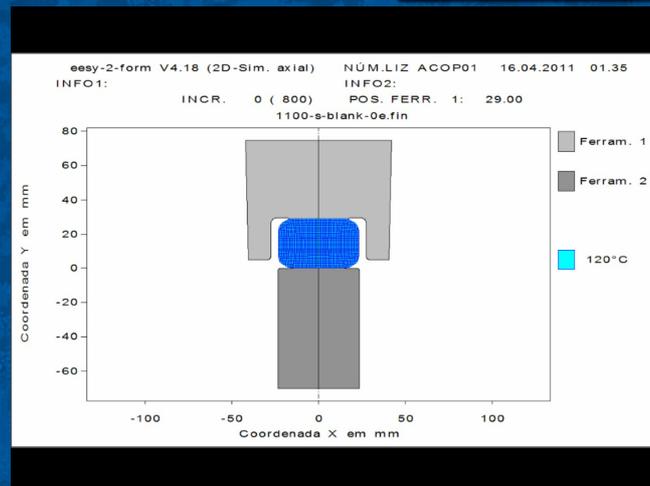


Abb. 9: Simulation der dritten Stufe: Rückwärtsfließpressen

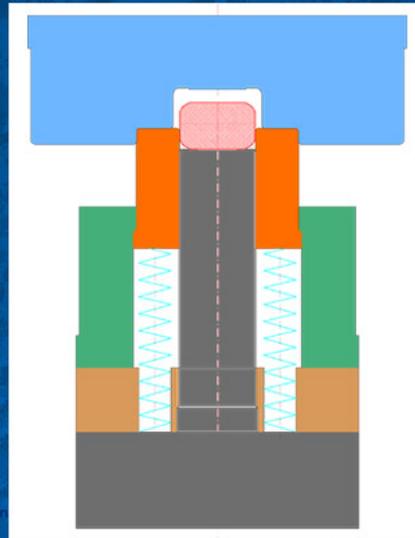


Institut für Umformtechnik
University of Duisburg-Essen

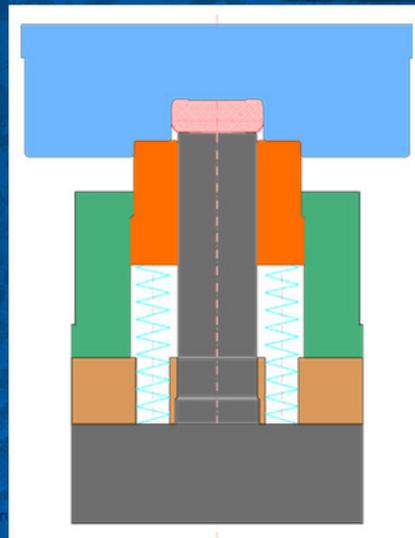


Açopecas

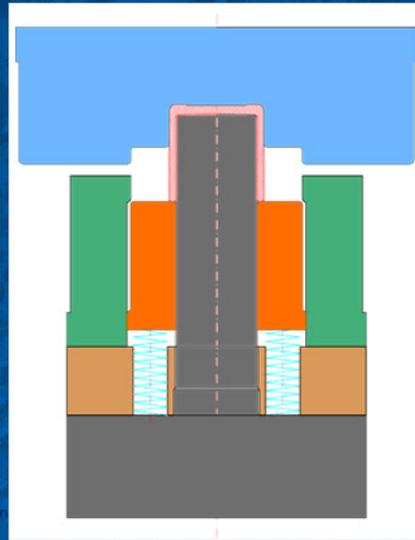
Beispiel 2 Bremskolben



Beispiel 2 Bremskolben



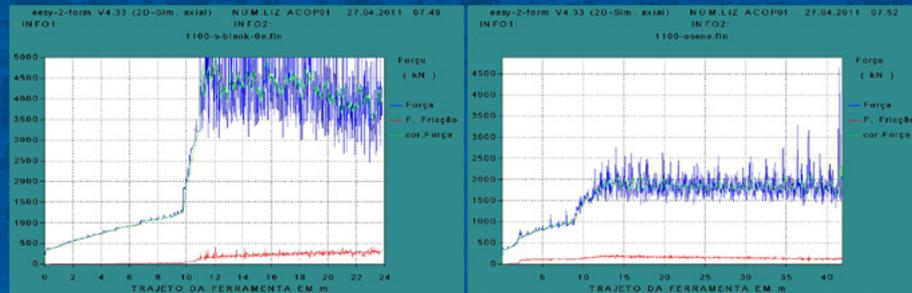
Beispiel 2 Bremskolben



Beispiel 2 Bremskolben

Vergleich zwischen den 2 Entscheidungen:

Beispiel 2 Bremskolben



Deshalb ist die erforderliche Kraft im Wesentlichen vom Querschnitt der Stempel abhängig. Der "Osen" - Prozess benötigt ungefähr 180 to während das Rückwärtsfließpressen ungefähr 450 to benötigt. Deshalb kann der "Osen" - Prozess auf wesentlich kleineren Maschinen angewandt werden, falls der Hub ausreichend ist.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 2 Bremskolben

Die Arbeit für diese Umformung erfordert ungefähr 65 kNm.

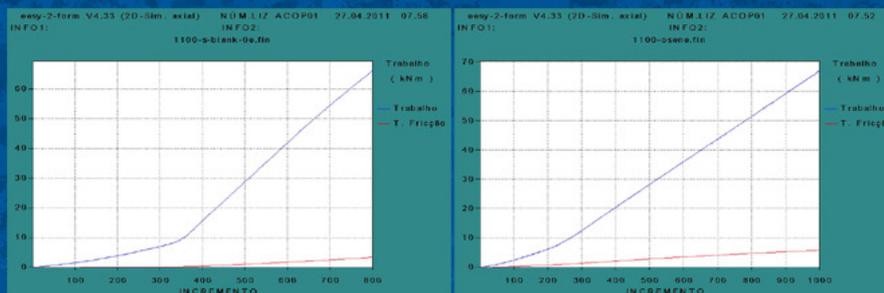


Abb. 10: Zu verrichtende Arbeit bei Rückwärtsfließen bzw. im "Osen" Prozess



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 3 Ventil Stößel



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 3 Ventil Stößel



Mehrstuufenprozess - Traditionell wurde dieses Bauteil in zwei Stufen auf einer MKN 300 Presse gefertigt. Dann wurden nach dem Glühen und Phosphatieren zwei weitere Operationen auf einer OKN 320 Presse ausgeführt.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 3 Ventil Stößel

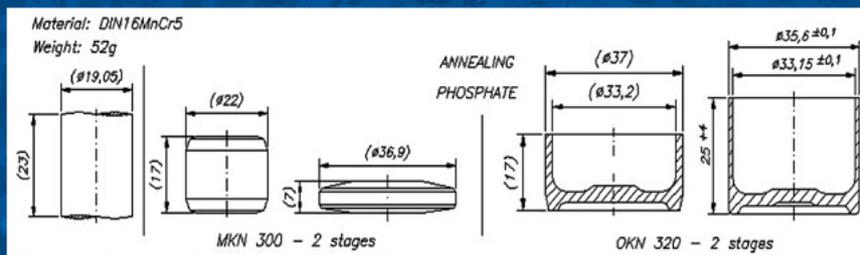


Abb. 11: Traditionelle Prozessauslegung



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 3 Ventil Stößel



Einstufiger Prozess - Zunächst werden weiterhin die zwei ersten Operationen ausgeführt. Dann wird ohne zu glühen und zu phosphatieren eine einzelne Operation bei 600°C durchgeführt.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 3 Ventil Stößel

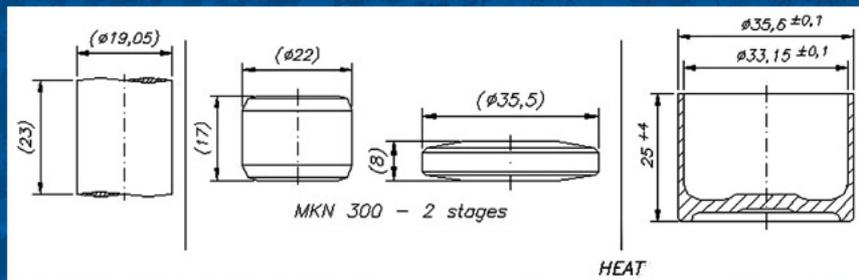


Abb. 12: Auslegung mit einem einstufigen Prozess



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 3 Ventil Stößel

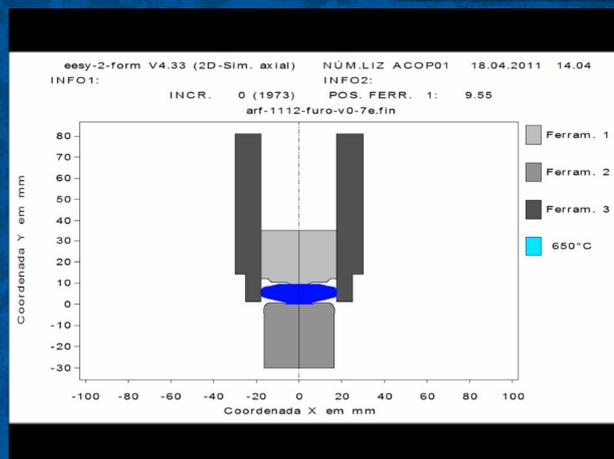


Abb. 13: Simulation des einstufigen Prozesses



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 4 Käfig



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 4 Käfig



Abb. 14:
Übliche
Prozessauslegung

Mehrstuufenprozess - Üblicherweise wird dieses Teil vom Rohr gefertigt.
Es wird danach innen, außen und an den Enden gespant.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 4 Käfig

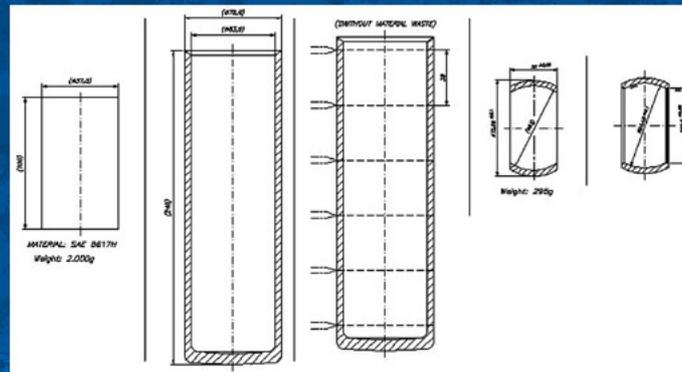


Abb. 15: "OSEN" Prozessauslegung

Einstufiger Prozess: Es wird mit Hilfe des "OSEN"
- Prozesses gefertigt.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 4 Käfig

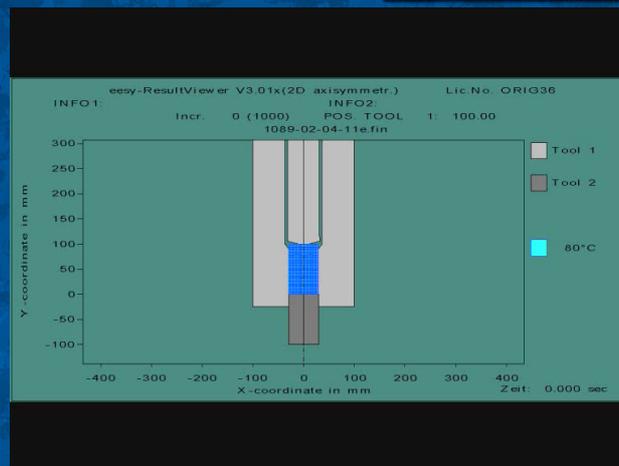


Abb. 16: "OSEN" - Prozesssimulation



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

Beispiel 4 Käfig

Die Vorteile sind:



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 4 Käfig

Die Vorteile sind:

- Materialeinsparung;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 4 Käfig

Die Vorteile sind:

- Materialeinsparung;
- wegen des hohen Anteils an Kaltumformung ist das Gefüge feiner und die Gefahr der Materialermüdung geringer.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 4 Käfig

Die Vorteile sind:

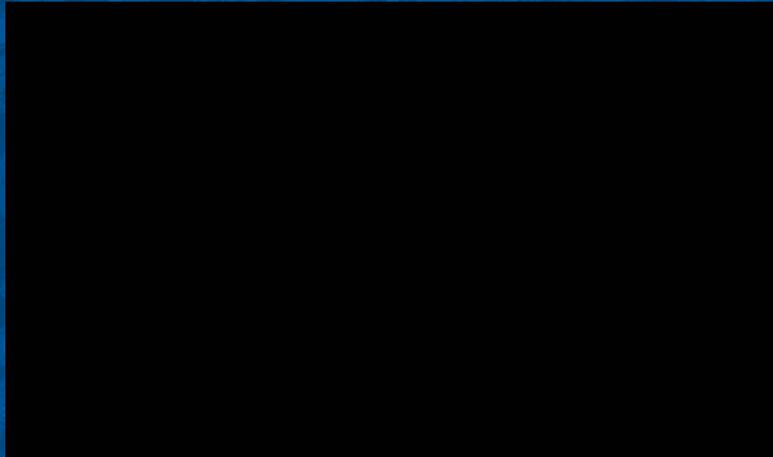
- Materialeinsparung;
- wegen des hohen Anteils an Kaltumformung ist das Gefüge feiner und die Gefahr der Materialermüdung geringer.
- spanende Bearbeitung nur noch innen;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



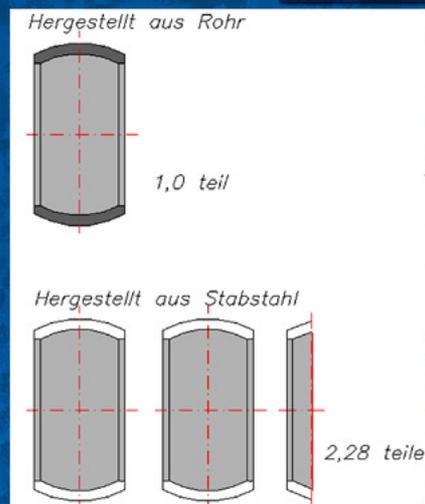
Beispiel 4 Käfig



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Beispiel 4 Käfig



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



AKTUELLE ENTWICKLUNGSPROJEKTE



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

ENTWICKLUNGSPROJEKTE 1

Stoßdämpfer



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopecas

ENTWICKLUNGSPROJEKTE 1

Stoßdämpfer

Dieses Teil ist ein Stoßdämpfer für Motorräder
und wird aus SAE 1010 Material gefertigt.
Die Fertigung zeigt einen Umformgrad,
der größer ist als die üblichen Grenzwerte aus der Literatur.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 1

Stoßdämpfer

Dieses Teil ist ein Stoßdämpfer für Motorräder
und wird aus SAE 1010 Material gefertigt.
Die Fertigung zeigt einen Umformgrad,
der größer ist als die üblichen Grenzwerte aus der Literatur.

- Theoretische Grenzwerte - basierend auf der Literatur:
 $\Phi_{\max.} = 0,9 - 1,4$ $\varepsilon_{\max.} = 0,65 - 0,75$



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 1

Stoßdämpfer

Dieses Teil ist ein Stoßdämpfer für Motorräder und wird aus SAE 1010 Material gefertigt.
Die Fertigung zeigt einen Umformgrad, der größer ist als die üblichen Grenzwerte aus der Literatur.

- Theoretische Grenzwerte - basierend auf der Literatur:

$$\Phi_{\max.} = 0,9 - 1,4 \quad \epsilon_{\max.} = 0,65 - 0,75$$

- Grenzwerte dieser Produktion - basierend auf überschlägiger Berechnung:

$$\Phi_{\max.} = \ln \frac{A_0}{A_1} = 1,60 \quad \epsilon_{\max.} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} = 0,80$$



Institut für Umformtechnik
Luisenpark-Str. 10, 10623 Berlin



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 1

Stoßdämpfer

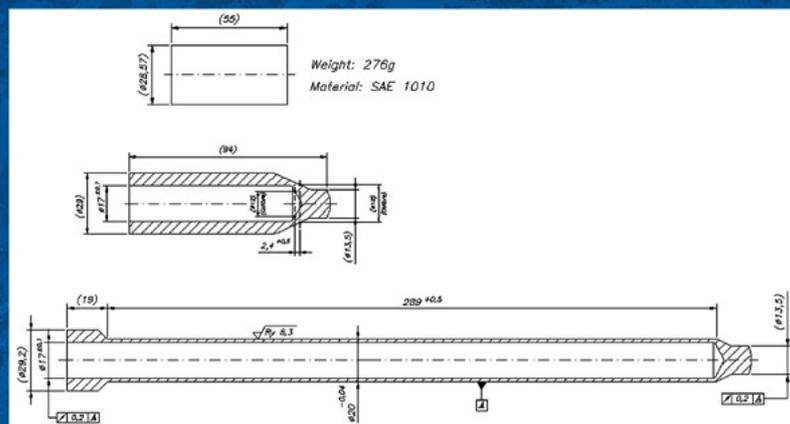


Abb. 17: Prozessauslegung



Institut für Umformtechnik
Luisenpark-Str. 10, 10623 Berlin



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 1

Stoßdämpfer

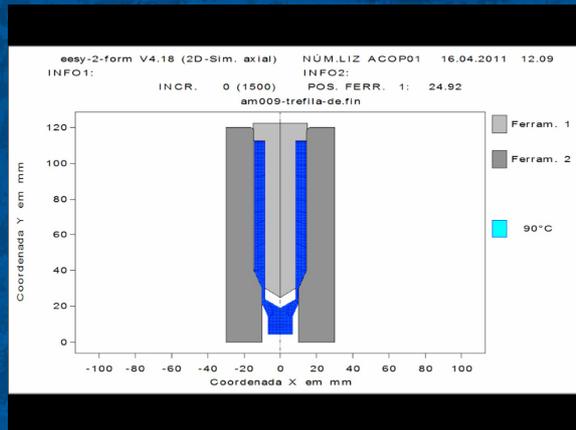


Abb. 18: Projekt 1 Prozesssimulation



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;
- Das Teil hat einen hohen Temperaturgradienten, die Form wird in Schließwerkzeugen gepresst;



Institut für Umformtechnik
University of Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;
- Das Teil hat einen hohen Temperaturgradienten, die Form wird in Schließwerkzeugen gepresst;



Institut für Umformtechnik
University of Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;
- Das Teil hat einen hohen Temperaturgradienten, die Form wird in Schließwerkzeugen gepresst;



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;
- Das Teil hat einen hohen Temperaturgradienten, die Form wird in Schließwerkzeugen gepresst;
- Wir benutzen DSSD (Double Stroke/Single Die) Werkzeuge.



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;
- Das Teil hat einen hohen Temperaturgradienten, die Form wird in Schließwerkzeugen gepresst;
- Wir benutzen DSSD (Double Stroke/Single Die) Werkzeuge.



Institut für Umformtechnik
University of Stuttgart



ENTWICKLUNGSPROJEKTE 2

Outer Race CV Joint



- Dies Teil wird normalerweise warm umgeformt;
- Wir entwickelten einen Prozess, bei dem das Teil bei A1 Temperatur verformt wird;
- Das Teil hat einen hohen Temperaturgradienten, die Form wird in Schließwerkzeugen gepresst;
- Wir benutzen DSSD (Double Stroke/Single Die) Werkzeuge.



Institut für Umformtechnik
University of Stuttgart



ZUSAMMENFASSUNG



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



ZUSAMMENFASSUNG

Typische Prozesse für die Massenproduktion sind nicht immer die am besten geeigneten. Die Option einstufige Prozesse für die industrielle Produktion zu nutzen bringt exzellente Ergebnisse. Sogar ohne Unterstützung seitens der Regierung für technologische Entwicklung sucht die brasilianische Industrie nach kreativen Alternativen, um auf internationalem Niveau konkurrenzfähig zu sein. Wenn die Regierungspolitik des Landes einen Rückgang der Materialpreise (Stahl) für den Binnenmarkt unterstützt, anstatt den Export von Eisenerz zu stimulieren, dann wird Brasilien mehr wettbewerbsfähig werden und mag sogar preiswerte chinesische Produkte verdrängen.



Institut für Umformtechnik
Luisenpark, Stuttgart



LITERATUR

- [1] Preßkraftermittlung für das Hohl-Vorwärts-Fließpressen von Stahl bei Raumtemperatur.
VDI 3185 Blatt 3
- [2] ICFG - International Cold Forging Group Warm Forging of Steels
Document No. 12/01, ICFG, 2001
- [3] Osen, Walter, Untersuchungen Über das kombinierte Quer-Napf-Vorwärts-Fließpressen,
Universität Stuttgart - Institut für Umformtechnik, 1986.
- [4] Osen, W.; Kammerer, M.; Dannemann, E.; Balbach, R.; Lange, K.
Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines Hohlkörpers mit Zapfen.
Deutsche Patentschrift DE 3513960 C2, 1985.
- [5] Kurt Lange, Manfred Kammerer, Klaus Pöhlandt, und Joachim Schöck:
Fließpressen - Wirtschaftliche Fertigung metallischer Präzisionswerkstücke.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, ISBN 978-3-540-30909-3
- [6] G. H. Arfmann, M. Twickler
"Eesy" Simulationssoftware CPM Gesellschaft für Computeranwendung, Prozeß-
und Materialtechnik mbH Herzogenrath, 2010



Institut für Umformtechnik
Universität Stuttgart



Açopeças

VIELEN DANK!

