

FERTIGUNGSTECHNIK 03

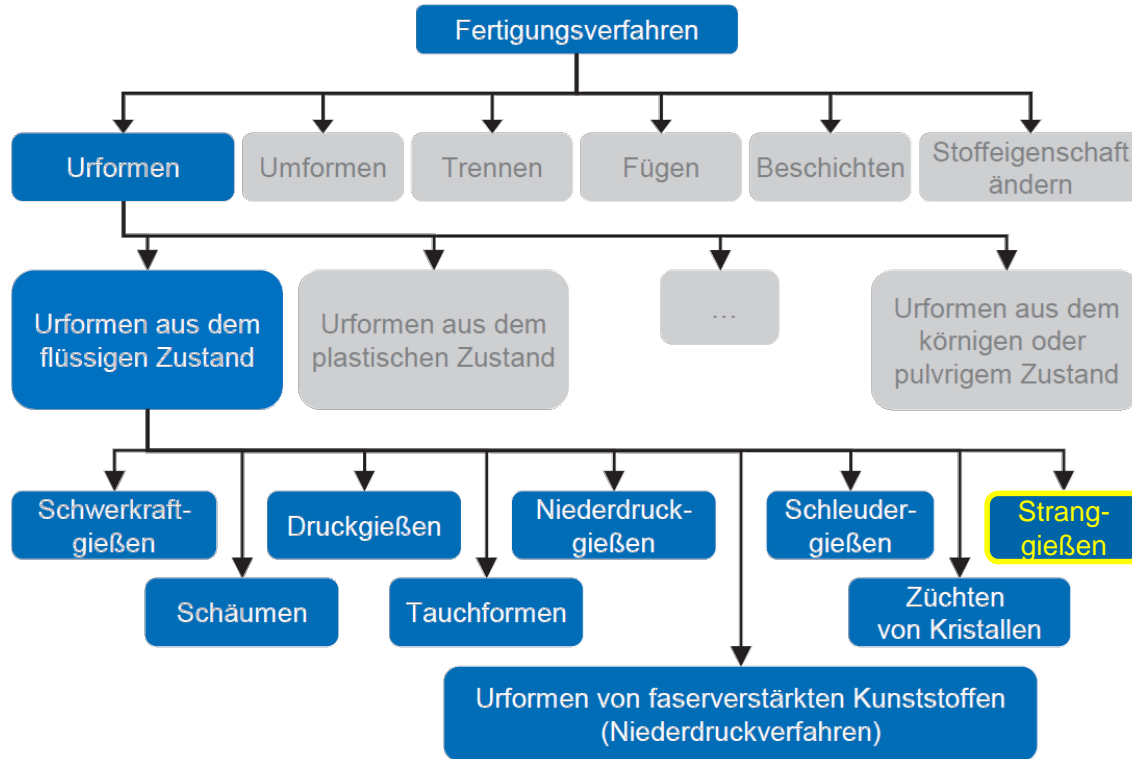


Wintersemester 2020/21

GLIEDERUNG DER VORLESUNG

1	Einführung: Grundlagen der Fertigungstechnik		
2	Die verschiedenen Fertigungsverfahren		
2.1	Urformen (Gießen, Additiv, ...)	2.4	Fügen (Schweißen, Löten, ...)
2.2	Umformen (Massiv-, Blech-, ...)	2.5	Beschichten
2.3	Trennen (Drehen, Fräsen, ...)	2.6	Stoffeigenschaft ändern
3	Messen in der Fertigung		
4	Prüfungsvorbereitung		

STRANGGUSS



STRANGGUSS -SCHEMATISCH



STRANGGUSS-INDUSTRIELL



2.1 Urformen

STRANGGUSS-VERFAHREN

→ Verfahren mit Dauerform

Herstellung von Hohl- und Vollprofilstrangen aus Stahl und NE-Metallen (D: 30 bis 350 mm).

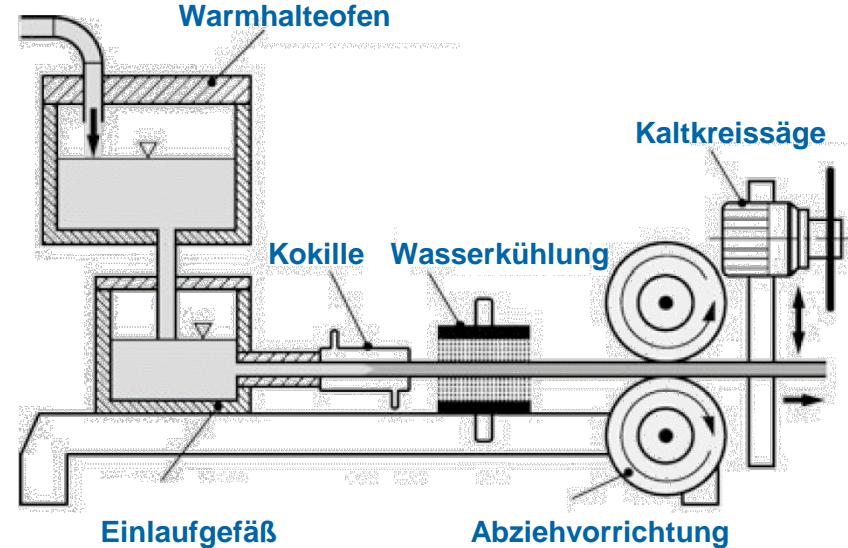
Unterscheidung in:

- horizontalen
 - vertikalen
- Stranggussverfahren

Sowie:

- kontinuierlich
 - diskontinuierlich
- Arbeitsweise

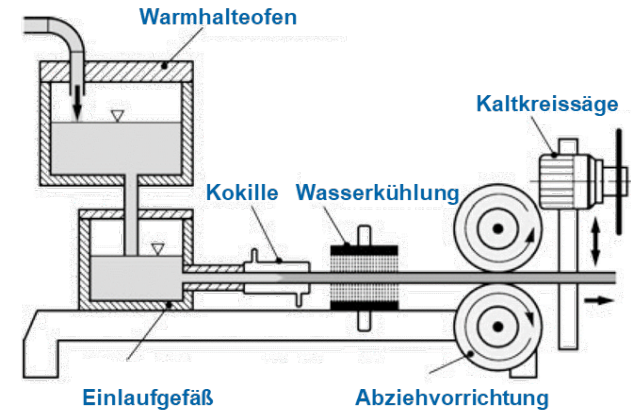
Die wassergekühlte Stranggießkokille besteht aus einem metallischen Werkstoff oder aus Graphit und entzieht der Schmelze soviel Wärme, dass zumindest eine feste Außenhaut entsteht. Die weitere Erstarrung vollzieht sich dann während des Abzugs des Strangs.



Prinzip horizontales, kontinuierliches Stranggießen

PRINZIP EINER HORIZONTALEN KONTINUIERLICHEN STRANGGIEßANLAGE

- Schmelze wird von einem Warmhalteofen über ein Einlaufgefäß in eine wassergekühlte Kokille gegossen und zu einem Strang erstarrt.
- Strang wird von Transportwalzen aus der Kokille gezogen und durch Säge oder Schneidbrenner getrennt.
- Keine Unterbrechung des Gießvorgangs. Kokille besteht aus beiderseits offenem Rohr, mit wasserdurchflossenem Kühlmantel.
- Verarbeitung von Gusseisen-, Stahlwerkstoffen sowie Leicht- und Schwermetalllegierungen.
- Gießen von Strängen (Durchmesser 13 - 500 mm), Vierkantprofile, Blockvormaterial.
- Gießgeschwindigkeiten bis zu mehreren m/min.
- Sowohl horizontale als auch vertikale Anordnung der Stranggießanlagen.
- Kontinuierlicher und diskontinuierlicher Strangguss möglich.

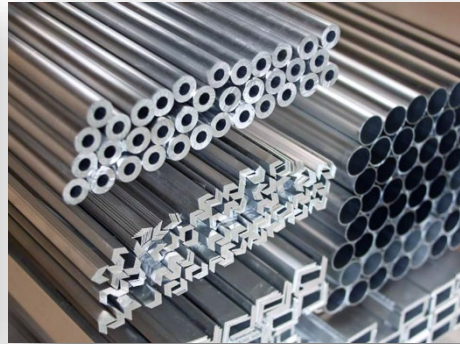


2.1 Urformen

STRANGGUSS-PROFILE

Vorteile:

- Große Gießleistung
- Hohe Qualität
 - Konstante physikalische Eigenschaften
 - Schnelle Herstellung großer Mengen
- Preisgünstig
- Abbildung verschiedener Profilgeometrien



2.1 Urformen

FEHLER BEIM GIESSEN

Schwindung

1. Flüssige Schwindung

lineare Reduktion des spezifischen Volumens bis Erreichung der Erstarrungstemperatur

2. Erstarrungsschwindung

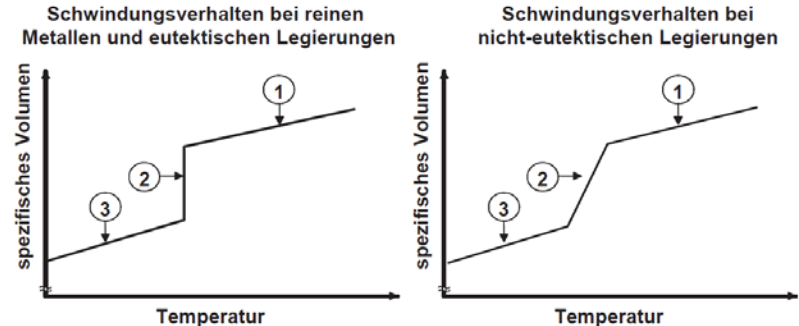
rapide bis sprunghafte Volumenänderung

- Reines Metall / eutektische Legierungen → sprunghafte Volumenabnahme
- Nicht-eutektische Legierungen → rapide Volumenabnahme
- Grauguss → Volumenzunahme

3. Feste Schwindung

weitere Abkühlung bedingt durch Annäherung an Umgebungstemperatur unter weiterer Volumenschwindung

- dünne Querschnitte erstarren schneller als dickere
- Abkühlgeschwindigkeit indirekt proportional zum gegossenen Volumen

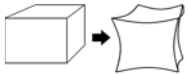


FEHLER BEIM GIESSEN



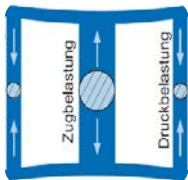
Lunker

- Der innere Bereich eines Gussquerschnitts erstarrt normalerweise zuletzt. Wenn die Speisung unterbrochen ist, bilden sich Schrumpfungshohlräume zum Ausgleich des durch die Schrumpfung hervorgerufenen Volumendefizits, diese werden Lunker genannt. Die Lunkerbildung im Gussteil kann durch geeignete Speisungstechnik vermieden werden.



Untermaß

- Untermaß entsteht durch Schwindung im festen Zustand. Durch Zuführen von Schmelze über die Speiser kann die flüssige Schwindung ausgeglichen werden. Die feste Schwindung muss mit einem Aufmaß (Schwindmaß) der Form berücksichtigt werden.



Verzug

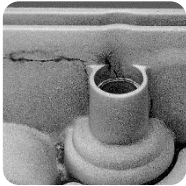
- Unterschiedliche Querschnitte können einen Verzug des Bauteils hervorrufen. Während dünnere Stäbe bereits erstarrt sind und sich nur noch elastisch verformen können, ziehen sich dickere Stäbe unterdessen weiter zusammen, sodass in ihm Zug- und in den Stäben Druckspannungen auftreten.

FEHLER BEIM GIESSEN



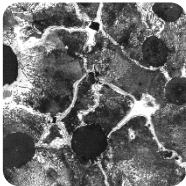
Spannungsrisse

- Durch Querschnittsänderungen entstehen Eigenspannungen bei der Erstarrung des Gussgefüges. Infolge der auftretenden Spannungen kann die Dehngrenze des Werkstoffs überschritten werden und es kann zu Spannungsrisse kommen. Durch Vermeiden von Materialanhäufungen und scharfkantigen Übergängen, die hohe Kerbspannungen hervorrufen, kann die Gefahr von Spannungsrisse verringert werden.



Warmrisse

- Warmrisse entstehen, wenn in einem weitgehend erstarrten Gussteil noch Reste flüssiger Phasen vorhanden sind. Ursache der Warmrissebildung ist die Erstarrungsschwindung. Die Gefahr von Warmrisse besteht besonders, wenn die Volumenkontraktion, beispielsweise durch schnellere Erstarrung dünner Querschnitte, behindert wird. Im Gegensatz zu Spannungsrisse verlaufen Warmrisse häufig interkristallin. Durch gute Speisung können Warmrisse wieder ausheilen.



Seigerungen

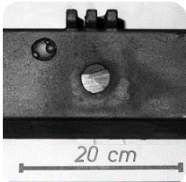
- Als Seigerungen werden die örtlichen Anreicherungen eines Legierungsbestandteils oder von Verunreinigungen bezeichnet. Seigerungen können durch schmelzmetallurgische Maßnahmen, wie z. B. beruhigtes Vergießen, unterdrückt werden.

FEHLER BEIM GIESSEN



Einschlüsse

- Metallschmelzen neigen zur Oxidbildung. Zudem sind in Metallschmelzen durch Verunreinigungen nicht-metallische Einschlüsse vorhanden. Bei der Erstarrung werden die Oxide und Verunreinigungen im Gefüge eingeschlossen. Durch schmelzmetallurgische Maßnahmen kann die Oxidbildung teilweise unterdrückt werden.



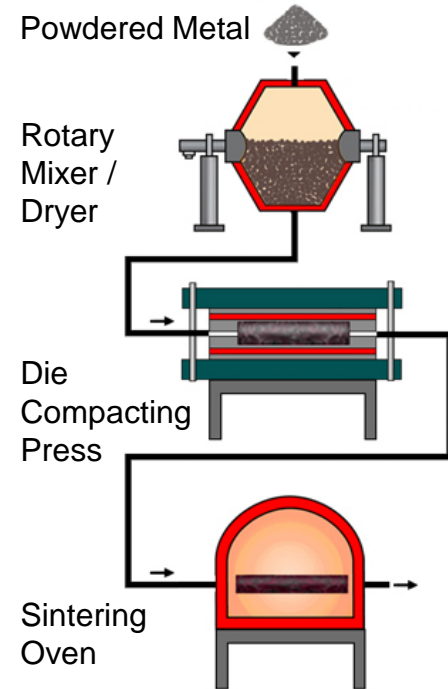
Gasblasen

- Die Gaslöslichkeit von Metallschmelzen nimmt mit sinkender Temperatur ab. Insbesondere beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand werden erhebliche Gasmengen freigesetzt. Falls die Gasblasen nicht ungehindert zur Schmelzoberfläche aufsteigen können, werden die Gasblasen im Gussteil eingeschlossen. Durch technologische und schmelzmetallurgische Maßnahmen, wie beispielsweise das langsame Abkühlen der Schmelze, kann das Auftreten von Gasblasen vermieden werden.

SINTERN – PULVERMETALLURGIE

Der Begriff „**Pulvermetallurgie**“ umfasst das Herstellen von metallischem Pulver und das Herstellen von Bauteilen aus Pulver durch Formen (Formgebung) und **Sintern**.

Sintern ist eine Wärmebehandlung von geschüttetem Pulver oder eines Presskörpers aus Pulver bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des Grundwerkstoffes, um die Festigkeit zu erhöhen. Die Erhöhung der Festigkeit entsteht durch Zusammenwachsen der Pulverteilchen, die treibende Kraft ist die Diffusion [DIN3252].



2.1 Urformen

SINTERN → DEFINITION

Sintern ist die reversible Verfestigung einer kontaktierten Pulvermenge unter Einfluss einer Wärmebehandlung.

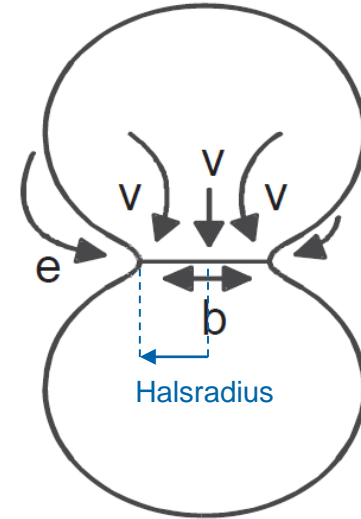
Es ist ein **chemisch-physikalischer Prozess**, bei dem durch Oberflächenspannungen Diffusionsvorgänge im Formkörper stattfinden.

Erfolgt die Verfestigung der Formkörper im festen Zustand unterhalb des Schmelzpunktes des am niedrigsten schmelzenden Bestandteils, spricht man vom **Festphasensintern**.

Erfolgt die Initiierung des Stoffzusammenhangs im teilweise flüssigen Zustand unterhalb des Schmelzpunktes des am höchsten schmelzenden Bestandteils, spricht man vom **Flüssigphasensintern**.

Bei den meisten Mechanismen nähern sich die **Mittelpunkte der Teilchen** einander, so dass die Dichte des Formkörpers ansteigt. Dabei verringert sich die Porosität. Makroskopisch verkleinert sich der Körper unter **Beibehaltung der Form**. Es findet eine **Schwindung** statt.

Mit der **Abnahme der Porosität** ändert sich auch die **Porenstruktur**. Während der ungebrannte Körper ein **Netzwerk von offenen Poren** enthält, werden mit dem Einsetzen des Halswachstums die Poren nach und nach geschlossen. Das **Endstadium des Sinterns** ist erreicht, wenn nur noch **geschlossene Poren** vorliegen.



- Volumendiffusion **v**
- Oberflächendiffusion **e**
- Korngrenzendifusion **b**

2.1 Urformen

SINTERN → BESCHREIBUNGSGRUNDLAGE

Ficksches Diffusionsgesetz

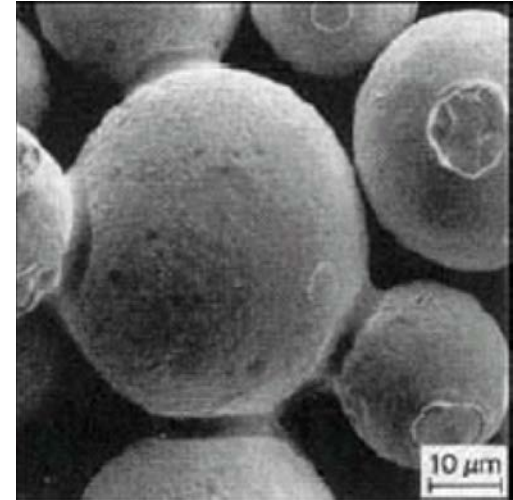
Beschreibt den Vorgang der Dichteerhöhung, der Bauteilschrumpfung sowie die Porenverrundung über das Konzentrationsgefälle, den **Druck**, die **Temperatur** sowie die **Sinterzeit**.

Besondere Bedeutung in der Bauteilfertigung haben:

- Temperatur
- Sinterzeit

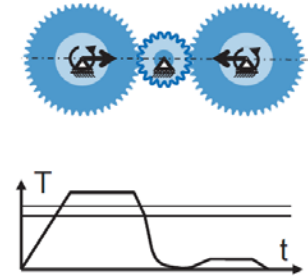
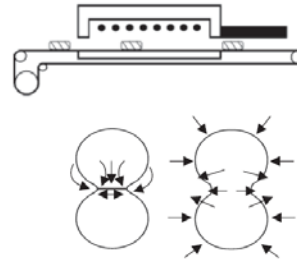
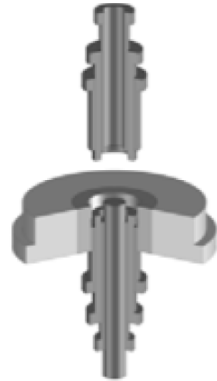
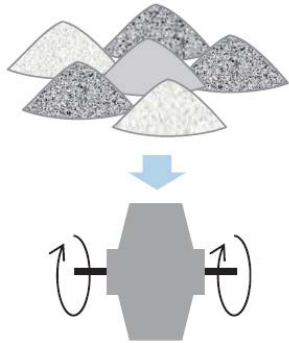
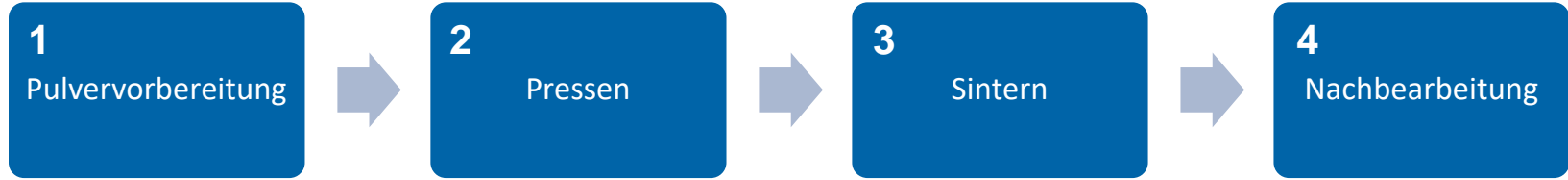
Beispiel:

Bei der Verarbeitung von Eisenlegierungen ist eine Dauer von 20 min bei einer Temperatur von 1120°C üblich. Zur Erhöhung der Dichte könnte die Dauer auf 30 min und die Temperatur auf 1280° erhöht werden, sofern die sich ausbildenden Gefüge (Korngröße) die Funktionalität des Bauteils nicht unzulässig verändern.



2.1 Urformen

SINTERN → PROZESSSCHRITTE



2.1 Urformen

SINTERN → PROZESSSCHRITTE 1

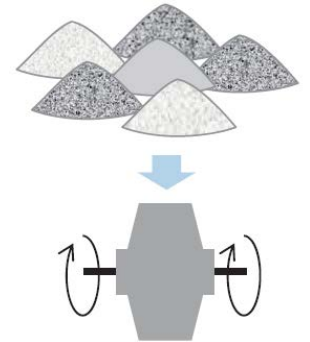
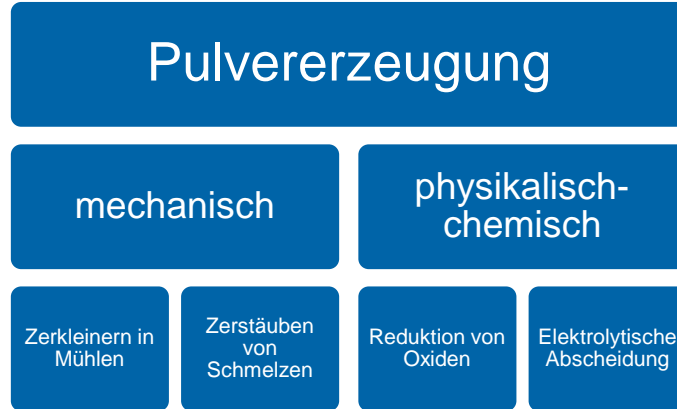
PULVERERZEUGUNG

Mechanisch:

- Zerkleinerung von:
 - Spröden Verbindungen
 - Metallen
 - Folienabfällen
- Zerkleinerungsmaschinen:
 - Hammermühle, Kugelmühle, Stampfpresse
- Partikeldurchmesser: 5 bis 50 μm

Physikalisch-Chemisch:

- Herstellung aus (hochreinem):
 - Eisenpulver
 - Nickelpulver
 - Wolframpulver
 - Molybdänpulver
- Partikeldurchmesser: 0,5 bis 10 μm



2.1 Urformen

SINTERN → PROZESSSCHRITTE 1

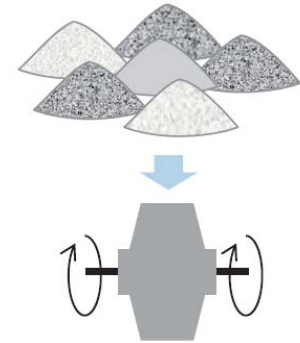
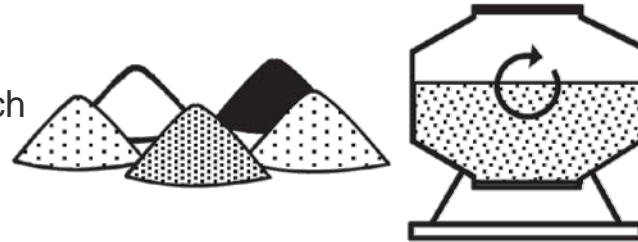
Pulvervorbereitung:

Zusammenstellung der Pulverrezeptur

→ Ähnlich eines Baukastenprinzipes;
Eigenschaftseinstellung mittels
vorheriger Auswahl diverser

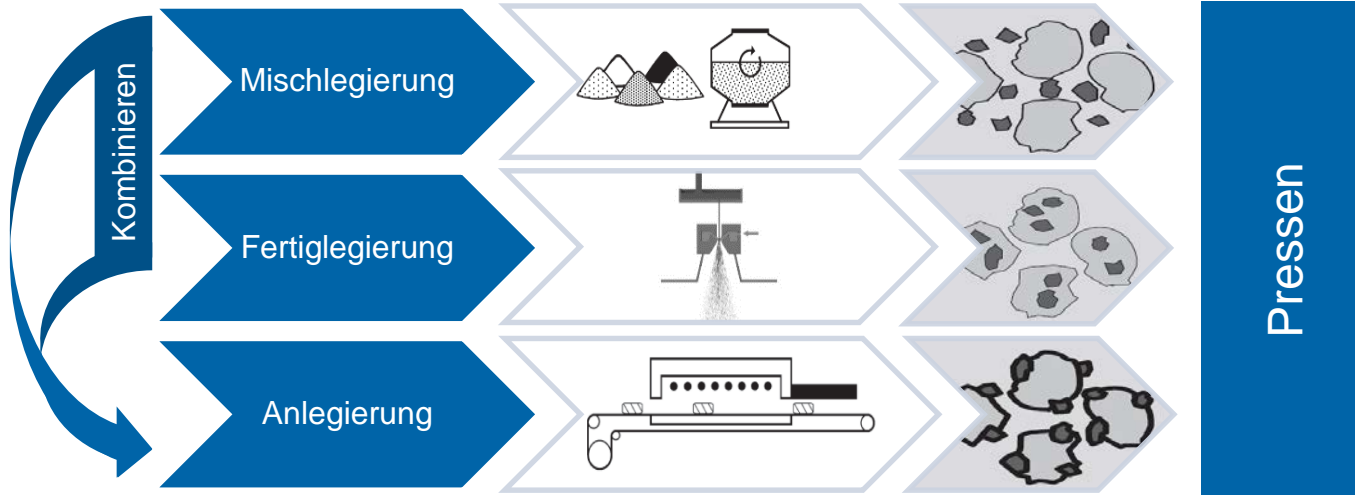
Legierungselemente

→ Anschließend wird das Pulver
durchmischt, bis ein gleichmäßig
verteiltes heterogenes Stoffgemisch
entsteht (= *Mischlegierung*)

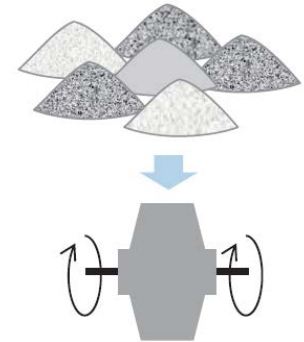


SINTERN → PROZESSSCHRITTE 1

Weitere Ausgangsstoffe:



Pulvervorbereitung



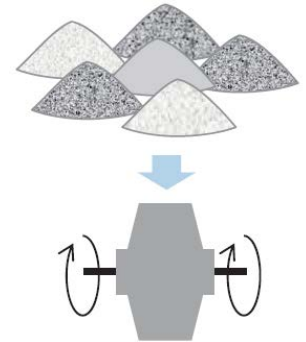
SINTERN → PROZESSSCHRITTE 1

Anforderung an das Pulver / den Pulverhersteller:

- gleichbleibende Verarbeitungseigenschaften wie
 - Pressbarkeit
 - Sinterverhalten
 - Schwindung
- anforderungsgerechtes Fließverhalten
- hohe Fülldichte
- gut press- und komprimierbar

Bei stets gleichbleibenden Eigenschaften kann eine ebenfalls gleichbleibende Qualität der Hergestellten Bauteile gewährleistet werden.

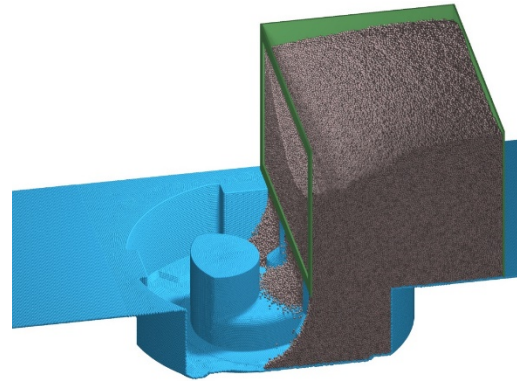
Pulvervorbereitung



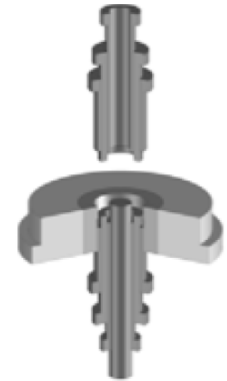
SINTERN → PROZESSSCHRITTE 2

Pressen:

- Das zusammengesetzte Pulvergemisch wird mittels Vorrichtung in eine Dauerform gegeben und im Anschluss verpresst. Beim Pressvorgang ist der Pressraum vollständig geschlossen, sodass kein Pulver entweichen kann.
- Die Verfahrenstemperatur beträgt zwischen 20 °C und 200 °C
- Der entstandene **Grünling** besitzt eine ausreichende (Grün-)Festigkeit, um transportiert werden zu können (Eisenpulver 12 bis 25 N/mm^2)



Pressen



2.1 Urformen

SINTERN → PROZESSSCHRITTE 2

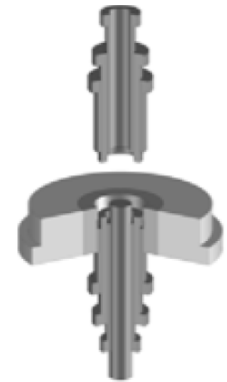
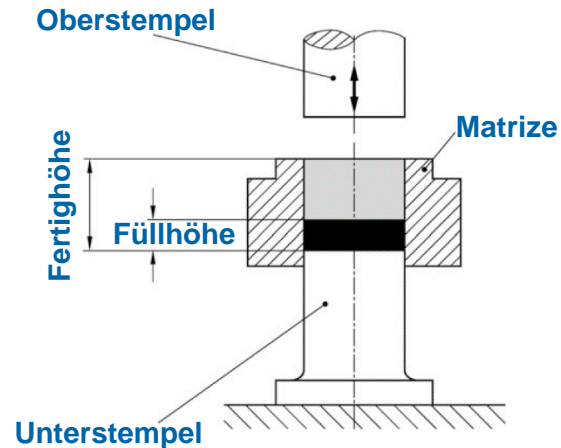
Wichtige Kenngrößen der Serienfertigung:

- **Füllfaktor:** Verhältnis der Volumen des mit Pulver aufgefüllten Rauminhaltes des Presswerkzeuges zum fertigen Pressling (Füllfaktor Eisenpulver = 1,9 bis 2,5)
- **Fließverhalten:** Auslaufzeit einer vordefinierten Pulvermenge aus einem Trichter mit 60° Kegelwinkel mit einer Ablaufbohrung von $D = 5$ mm

Einflussgrößen (Pulver):

- Teilchenform
- Teilchengrößenverteilung

$$\text{Füllfaktor} = \frac{\text{Füllhöhe}}{\text{Fertighöhe}}$$

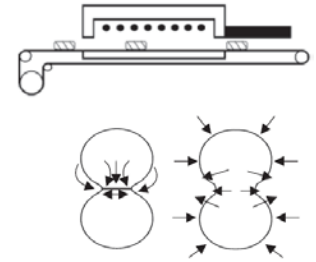


SINTERN → PROZESSSCHRITTE 3

Sintern:

Grünlinge werden bei geeigneter Atmosphäre in Öfen gebacken → **gesintert**

- Benachbarte Partikel gehen eine Bindung durch Diffusion ein
- Ausbildung von Sinterbrücken
- Körner wachsen zunehmend zusammen
 - Porosität nimmt ab
 - Bauteil schrumpft
 - Festigkeit nimmt zu



2.1 Urformen

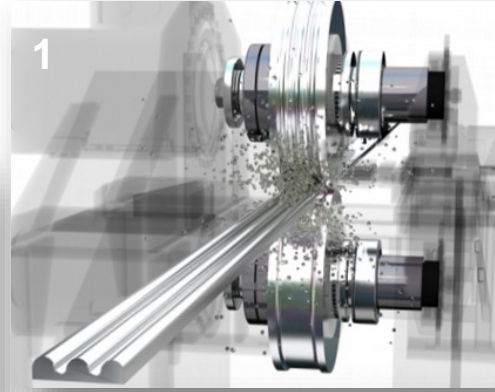
SINTERN → PROZESSSCHRITTE 4

Nachbearbeitung:

Dem Sinterprozess können verschiedene Prozesse folgen, abhängig vom späteren Einsatz des Bauteils

Dazu zählen:

- Dichtwalzen
- Härten
- Kalibrieren
- Imprägnieren
- Spanen



Nachbearbeitung



2.1 Urformen

BEISPIEL DIFFERENZIALKEGELRÄDER

Differenzialkegelräder	Fertigungskette
	<ul style="list-style-type: none"> • Pressen • Entgraten durch Bürsten • Sintern und Aufkohlen • Automatische Handhabung? • Erhitzen durch Induktion • Sinterschmieden • Abschrecken • Reinigungsstrahlen • Ggf. spanende Nachbearbeitung der Bohrung und der rückseitigen Anlagefläche

SINTERVERFAHREN-VIDEO

Wissens-Float IFUM

Entstehen von Verbindung und Festigkeit / Diffusion



- Pulverkörner wurden durch Pressen einander angenähert und verformt
- Bei der Sintertemperatur wandern Atome über die Trennlinie hinweg (Diffusion)
- Bei kugeligen Körnern bilden sich halsförmige Verbindungszonen (Filter)

Seite 7

2.1 Urformen

MATERIALIEN UND ANWENDUNGEN

Schüttsintern	Einfach-Sintern	Zweifach-Sintern	Pulverschmieden	Infiltrieren von Sinterteilen
SINT-AF	SINT-AF, SINT-A, SINT-B, SINT-C	SINT-D, SINT-E	SINT-F, SINT-S	SINT-G
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schütten ▪ Sintern ▪ Kalibrieren ▪ Öltränken 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulvermischen ▪ Pressen ▪ Sintern ▪ Kalibrieren ▪ Öltränken 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulvermischen ▪ Pressen ▪ Vorsintern ▪ Nachpressen ▪ Nachsintern ▪ Kalibrieren ▪ Nachbehandlung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulvermischen ▪ Pressen ▪ Sintern ▪ Schmieden ▪ Nachbehandlung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulvermischen ▪ Pressen ▪ Sintern ▪ Infiltrieren ▪ Nachbehandlung
Hochporöse Erzeugnisse	Großer bis mittlerer Porenraum, geringe Festigkeit;	Kleiner Porenraum, sehr gute bis sehr hohe Festigkeit	Sehr kleiner Porenraum, höchste Festigkeit	Praktisch auf null reduzierter Porenraum, sehr gute Festigkeit
z. B.: Filter, Flamm Sperren, Drosseln	z. B.: Gleitlager, Führungsringe, Formteile	z. B.: KFZ-Teile wie Haltegriff, Türgriff, Ölpumpenzahnrad	z. B.: Gelenkhebel, Motorpleuel, Getriebeteile	z. B.: Flüssigkeitsdichte Bauteile

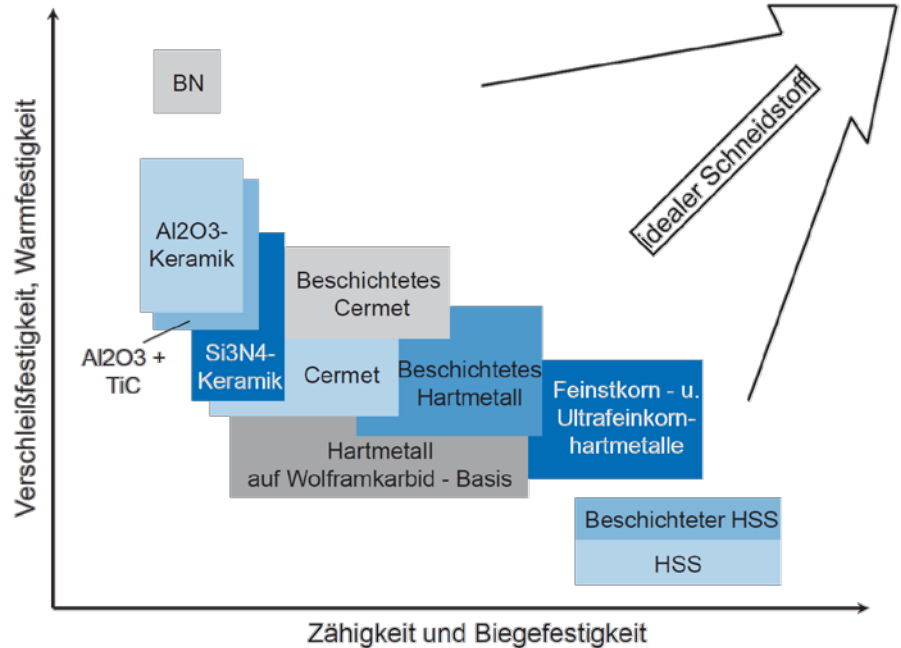
2.1 Urformen

HARTMETALL

Die Herstellung von Hartmetallen erfolgt ebenfalls pulvermetallurgisch bzw. durch sintern.

Der größte Anteil an Hartmetallen wird für **spanende Werkzeuge** verwendet (etwa 50-60 %), auf die Umformtechnik entfallen etwa 10-15%, im Bergbau sowie im Straßen- und Tunnelbau werden etwa 20% angewendet und der Rest entfällt auf Sonderanwendungen.

Über die Rezeptur und die Herstellbedingungen können die Eigenschaften von Hartmetallen in weiten Grenzen variiert werden.



Generelle Einordnung der Schneidstoffe.

Quelle: F. Klocke – Fertigungsverfahren 5 | H. Fritz – Fertigungstechnik

2.1 Urformen

SINTERN - ANWENDUNGSBEISPIELE

- **Keramik:**

- Porzellan: Kaffeeservice
- Hitzeplatten bei Spaceshuttle
- Halbleiterbauteile

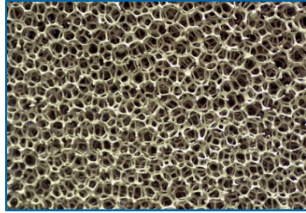
- **Metallurgie:**

- Zahnräder
- Lager / Lagerschalen
- Siebe
- Filter
- Reib- / Bremsbelege
- Werkzeugschneiden

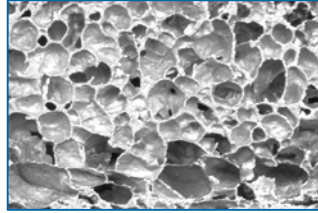


2.1 Urformen

HERSTELLUNG VON GESCHLOSSENZELLIGEM METALLSCHAUM



Feinguss- Sinterstruktur
(offenporig)



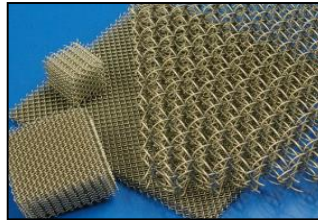
Metallschaum
(geschlossenporig)



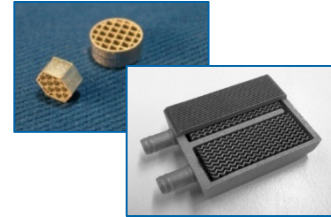
Hohlkugelstruktur
(geschlossenporig)



Metallische Fasern und
Faserstrukturen



Drahtstrukturen



Generativ gebaute
Strukturen (Porosität
„baubar“)

2.1 Urformen

HERSTELLER ZELLULARER METALLE

Derzeit existieren 10 Unternehmen in Europa

- ➔ Breites Spektrum von Metallen und Legierungen
 - Fokus auf Aluminiumlegierungen (3 x)
 - Fe-, Ni-basiert (3 x)
 - Mg-, Zn-basiert (2 x)

- ➔ Herstellung verschiedener Arten von zellularen Strukturen
 - Geschlossenzellige und offenzellige Schäume

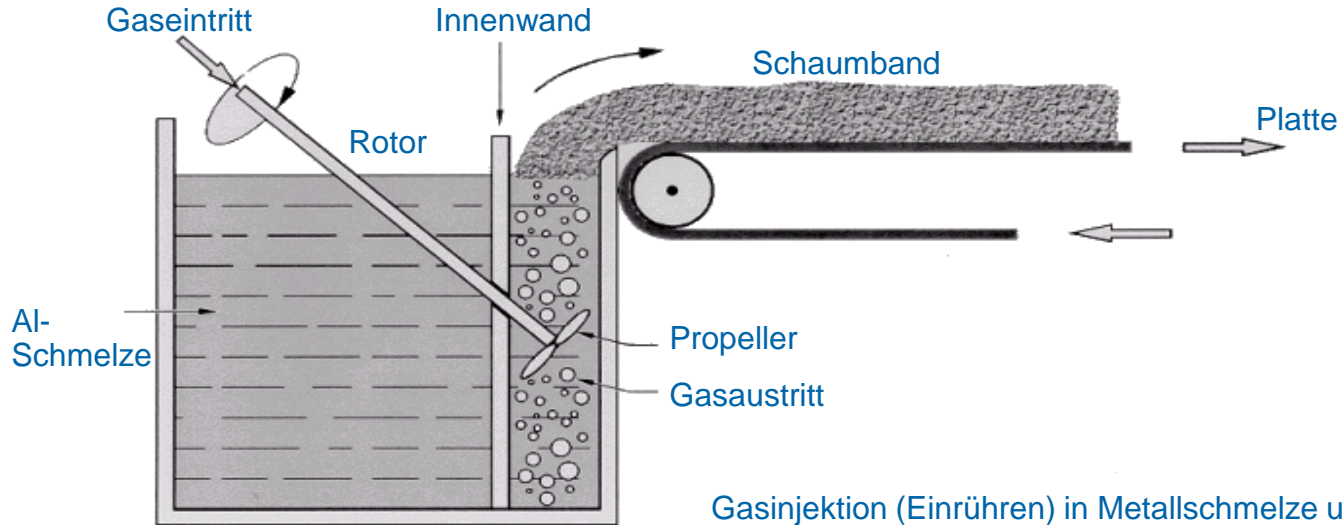
- ➔ Breites Spektrum an Geometrien und Produkten
 - Panels
 - 3-D-Net Shape-Teile
 - Sandwichstrukturen



2.1 Urformen

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG GESCHLOSSENZELLIGER SCHÄUME

Schmelzmetallurgischer Prozess:

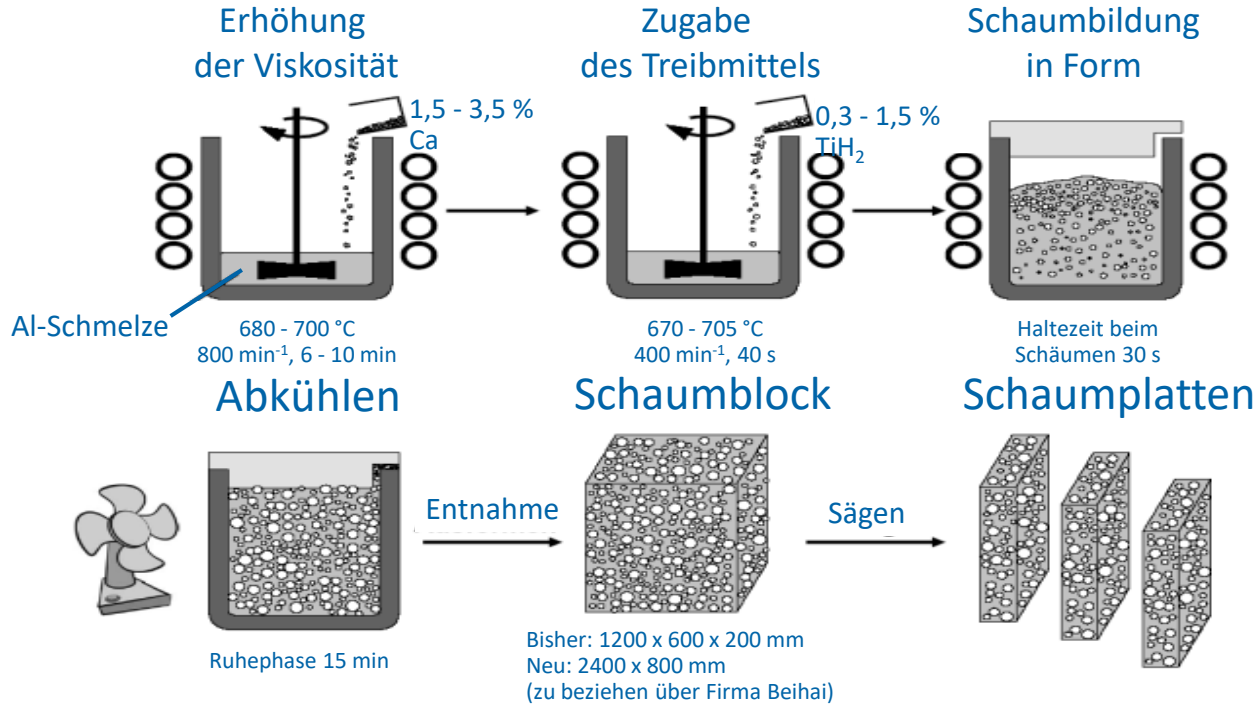


Gasinjektion (Einrühren) in Metallschmelze unter Zugabe pulverförmigen Treibmittels;
z. B. CYMAT (Norsk Hydro-Verfahren) – Produkt: Alusion

2.1 Urformen

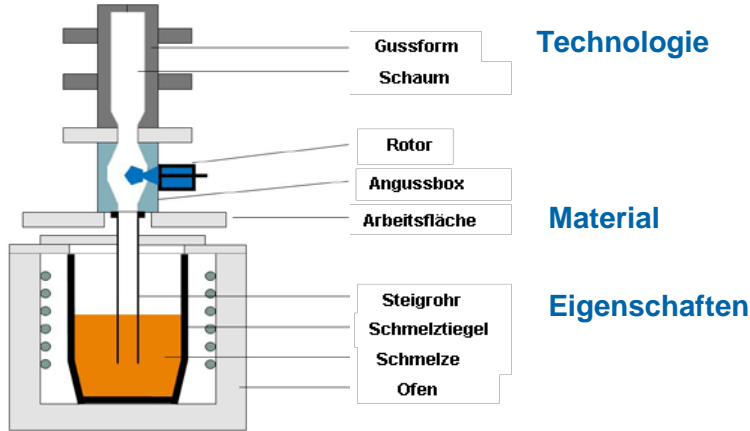
VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG GESCHLOSSENZELLIGER SCHÄUME

Alporas-Verfahren



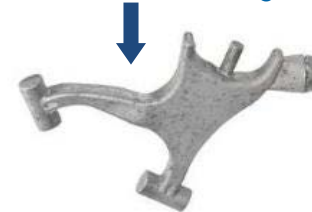
2.1 Urformen

NIEDERDRUCKGUSSVERFAHREN (LPFC)



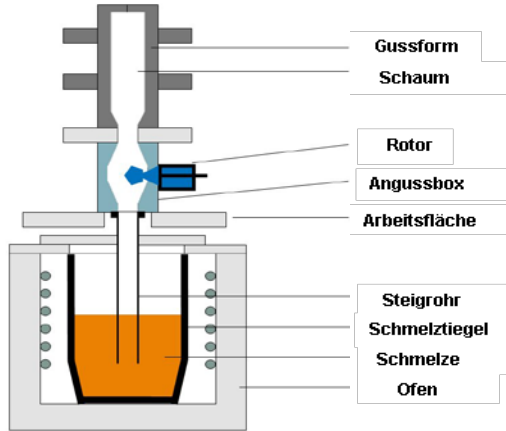
Europäisches Patent EP 1772211 A1

- Partielle Injektion der Schmelze in die Angussbox
- Rühren des geschmolzenen Schaumes
- Injektion in die Druckgussform
- Al-MMC-Legierung
- Dichte 0,3 – 1,0 g/cm³
- Stabile, variable Wanddicke
- Homogener, geschlossenporiger Schaum
- Komplexe Geometrie möglich



2.1 Urformen

NIEDERDRUCKGUSSVERFAHREN (LPFC)



Nachteile

- Hoher Oxidgehalt, daher nicht recyclefähig
- Schwer zu bearbeiten, aufgrund der Festigkeit der Oxide versagen z. B. Sägen.
- Bislang keine Serienproduktion.



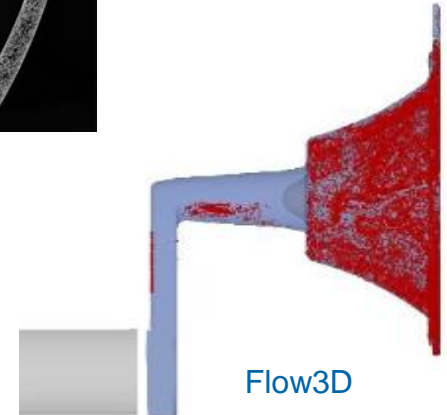
2.1 Urformen

NIEDERDRUCK INTEGRALSCHAUM

Modifizierter Druckgussprozess

(patentiert: DE 10325819 B4)

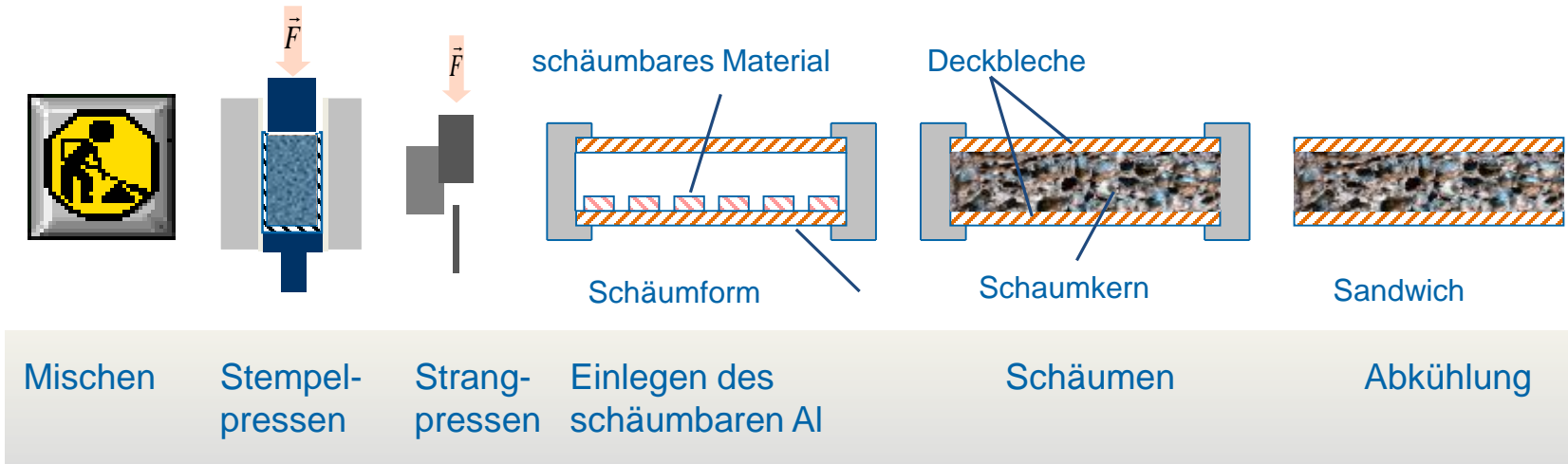
1. Einlegen Treibmittel (MgH_2) in den Einlauf
2. Turbulent Vermischung beim Einspülen
3. Erstarrung der Schmelze an der kalten Oberfläche der Form → kompakte Haut
Gasfreisetzung des Treibmittels im Inneren der Form → geschäumter Kern
4. Einstellen der Porosität durch den Druck (~ 5 – 50 bar)



Standardlegierung: A380 (226D)

PULVER SCHMELZMETALLURGISCHER PROZESS

Herstellung von SAS



2.1 Urformen

HERSTELLUNG SAS - MISCHEN

Ziel des Mischens: Homogenes Verteilen des Treibmittels in das metallische Pulver bei minimalem Ökonomischen Aufwand (geringe Mischzeit)

Treibmittel:	Aufgabe	→ Porenbildung
	Arten	→ <u>TiH₂</u> , MgH ₂ , ZrH ₂ , CaCO ₃
	Anforderung	→ Zersetzungsbeginn unterhalb T _{Solidus} des Basismetalls und möglichst vollständige Zersetzung im Schäumprozess
	Menge	→ für TiH ₂ ist ein Anteil von 0,8 Masse-% ausreichend

Hinweis

- CaCO₃ schäumt gut, bislang keine Anbindung an Stahldecklagen erreicht - Forschungsbedarf gegeben, um kostengünstigeres Treibmittel zu ermitteln
- Angabe von Treibmitteln in Masse-% – leichteres Handling (abwiegen) als bei Angabe in Vol.-%

2.1 Urformen

HERSTELLUNG SAS - MISCHEN

Stabilisator:	- Aufgabe	→ Behinderung des Abfließens der Schmelze an den Porenwänden
(optional)	- Arten	→ SiC , Al ₂ O ₃ , ...
	- Anforderung	→ thermische Stabilität bis Schäumtemperatur
	- Menge	→ günstig sind für SiC Anteile bis ca. 4 %

Hinweis

- Keramische Stabilisatoren sind sehr hart → Bearbeitung des Schaum aufgrund der zunehmenden Härte schwieriger (z. B. Versagen Sägeblätter aufgrund von SiC-Zugabe (außer Diamantsägeblatt))
- Halten den Schaum im Schäumprozess über einen längeren Zeitraum stabil
- Keine höheren Druckfestigkeit erreichbar
- IWU verwendet keine Stabilisatoren

2.1 Urformen

HERSTELLUNG SAS - MISCHEN

Mischbedingungen

- Mischergebnis von vielen Bedingungen abhängig (Zeit, Drehzahl, Mischer, Komponenten, ...)
- Misch- und Entmischungsvorgänge sind möglich (Aufschluss geben Tests)
- Erfahrungen mit Paddelmischer für Al-basierte Mischungen: 300 min^{-1} , 5 min.

Hinweis

Umdrehung und Mischzeiten müssen für jedes Mischgerät ermittelt und festgelegt werden.

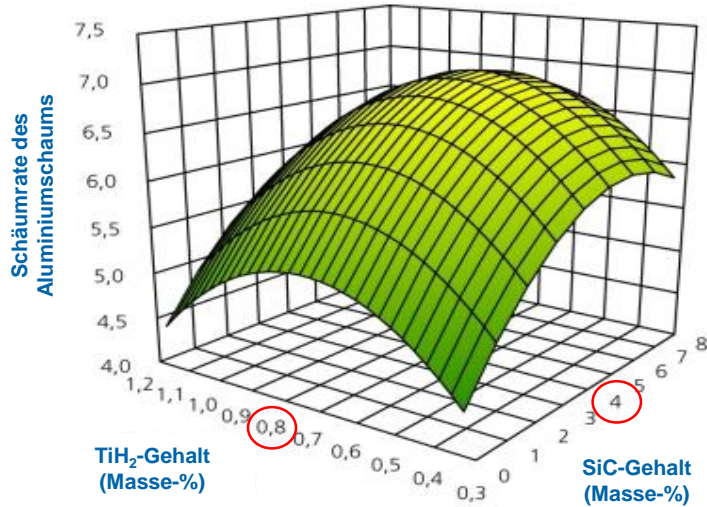
Qualitätskontrolle/Gewährleistung des Mischverhältnisses

- Schäumversuch an Stichproben des gepressten Strangs (Kokille/Expandometer) mit der Frage: „Schäumt es wie gewünscht?“ (z. B. Wareneingangs-/Warenausgangskontrolle)
- EDX-Analyse des Pulvers und/oder des gepressten Strangs (Stichprobe) zum Feststellen von Entmischung, Treibmittelgehalt, Legierung, etc.

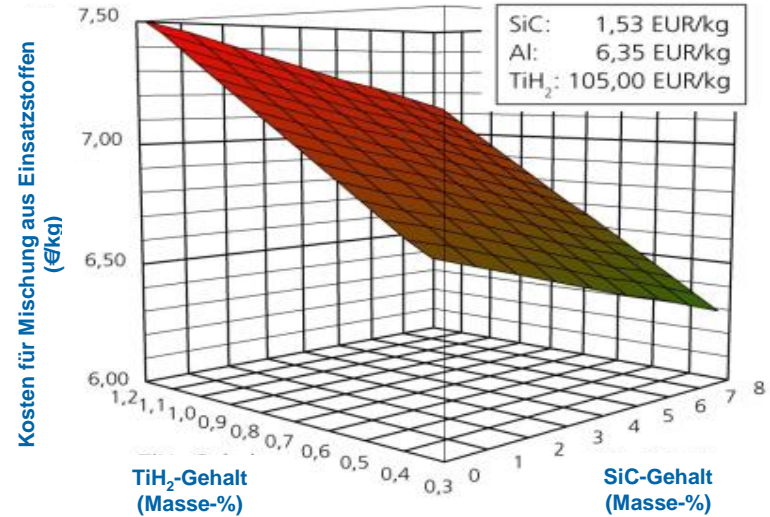
2.1 Urformen

HERSTELLUNG SAS - MISCHEN

Wirkung von Einflussgrößen auf den Schäumprozess und die Kostenstruktur
(unverbindliches Beispiel)



Abhängigkeit der Schäumrate von signifikanten Einflussgrößen



Abhängigkeit der Kosten je Kilogramm Pulvermischung von signifikanten Einflussgrößen

2.1 Urformen

HERSTELLUNG SAS - STEMPELPRESSEN

Ziel des Stempelpressens:

- Herstellung handhabbarer Grünlinge für das Strangpressen
- Dichte ca. 70 bis 80 % des Vollmaterials

Technik/Anlagen: Axialpresse und Presswerkzeug

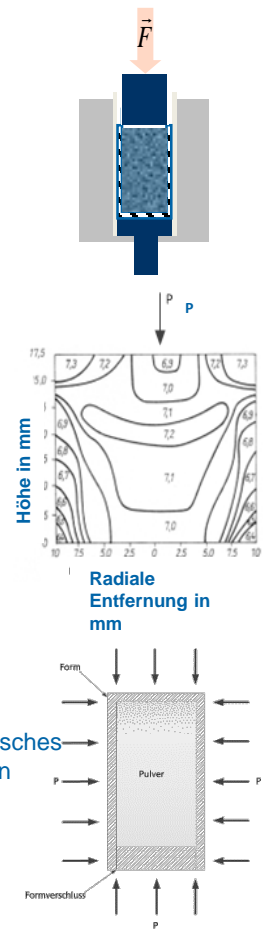
Abmessungen: abhängig von Abmessungen des Rezipienten der Strangpresse (z. B. Durchmesser 100 mm, Länge 200 mm)

Hilfsmittel: ggf. Kartuschen und Schmiermittel

Pressbedingungen:

- Presskraft bis ca. 1500 N
- unbeheizt
- Einstempelpresse (uni-axiales Pressen)

Verwandte Verfahren: isostatisches Pressen (CIP – kalt-isostatisches Pressen (cold-isostatic ...), HIP – heiß-isostatisches Pressen (hot-isostatic ...))



Quelle: A. H. Fritz | Fertigungstechnik, F. Klocke | Fertigungsverfahren 5

2.1 Urformen

PULVER-SCHMELZMETALLURGISCHER PROZESS

FORMBAU:

Anforderungen an Formstoff und Form

- Hohe Biegesteifigkeit
- Hohe Wärmeleitung
- Schnelle Abkühlung
- Mehrfach verwendbar
- Kostengünstig
- Flexibler Aufbau

2.1 Urformen

PULVER-SCHMELZMETALLURGISCHER PROZESS: FORMEN

Material	Vorteile	Nachteile
Stahl (S235)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kostengünstig ▪ Mehrfach verwendbar ▪ Schweißbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Dichte ▪ Hohe Wärmekapazität ▪ Hohe Wärmeleitung ▪ Nicht verzugsfrei
Edelstahl (z. B.: 1.4828)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mehrfach verwendbar ▪ Zunder- u./o. hitzebeständig ▪ Geringer Verzug 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Kosten ▪ nur bedingt schweißbar
Graphit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Genauigkeit ▪ Hohe Wärmeleitung ▪ Geringe Dichte ▪ Verzugsarm ▪ Trennmittelwirkung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sehr hohe Kosten ▪ Spröd ▪ Geringe Festigkeit
CFC Carbonfaser verstärktes Carbon	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Wärmeleitung ▪ Geringe Dichte ▪ Verzugsarm ▪ Hitzebeständig(*) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sehr hohe Kosten (Silizieren notwendig) ▪ Delaminierung bei langer Hitzeeinwirkung ▪ Geringe Haltbarkeit (ca. 3 Monate)



Additive Fertigung

FERTIGUNGSTECHNIK 20/21 - 03

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de



imkf
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG



TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler