

Gießerei

- Flüssiges Metall wird indem Guss entsprechende (negative) **Form** (Kavität) gegossen. Das Metall nimmt die Form der Form auf, nach Erstarren wird das Guss aus der Form entfernt. Es gibt einmal und mehrmals benutzbare Formen.
MSZ EN 1707, prEN 12258-1

- Gießen: ist ein solches Vorgang, wobei geschmolzenes Metall in ein Form gegossen wird indem es erstarrt.

Die Entwicklung der Materialwissenschaft, Mess-, und Regelungstechnik, usw. Ermöglichte mit den früheren Vor-Herstellungsprozesse (plastische Umformung, Gießen, Pulvermetallurgie) fertige oder nahezu fertige Werkstücke herzustellen. (**Near Net Shape/Net Shape**) Es ist für Kosten-, Energie-, Arbeitsstunden-, und Werkstoffverminderung maßgebend.

| Rohstoffausnutzen | | Herstellungsmethode | Energiebedarf für 1 kg Produkt | | | |
|-------------------|-------|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|--------|
| 90 | | Gießen | 0-38 | | | |
| 95 | | Pulvermetallurgie | 29 | | | |
| 85 | | Kalt-, oder Halbwarmumformen | 41 | | | |
| | 75-80 | Gesenkschmieden | | 41-49 | | |
| | 45-40 | Spanende bearbeitung | | | 66-82 | |
| 100% | ← | 0% | 0 MJ | → | | 100 MJ |

Spanen ist wegen der benötigte Genauigkeit des Werkstückes nicht zu vermeiden. Die erhöhten technische Anforderungen benötigen immer präzisere Bearbeitung, die Nanotechnologie generell.

- I.e. 3000-1500 Bronsallter (Zinnbronse)
- I.e. 224 Kolosse von Rhodos (32 m hoch, Bronze)
- 1252 Great Buddha Japan (120 t (9% Sn, 20% Pb))
- 1400 (Ming) Great Bell (Khina, Beijing) 46 t, 120 dB-20 km)
- 1709 Gusseisen Brücke (USA Coalbrookdale)
- 1735 Glocke von Kreml (193 t)
- 1735 der Zars Kanone
- Gábor Áron, Ganz Ábrahám

Folie: 5



Folie: 6



13,35 m hoch, 120 tonne (9% Sn, 20% Pb)

Folie: 7



Folie: 8



Folie: 9



Gussstücke



Folie: 10

Theoretisch sind alle Materialien gießbar

Bedingungen der praktischen Gießbarkeit:

- niedrige Schmelzpunkt
- kleines Erstarrungstemperatur-Bereich
- Düninflüssigkeit
- kleine Reaktionsfähigkeit mit der Formwand
- kleine Schrumpfung
- die eutektische Legierungen (und die reinen Metalle) sind gut gießbar

Folie: 11

- Klassisches Werkstoff der Formen ist Sand mit Lehm gebunden – es ist die **Roh Sandformen**. Lehm hat tixotrope Eigenschaften, umhüllt die Sandteilchen und klebt sie zusammen. Die entstehende Gase, Dampfe zwischen der Sandkörner können entweichen (es wird auch mit **Atmungsbohrungen** unterstützt). Es werden geteilte und nicht geteilte Formen benutzt.

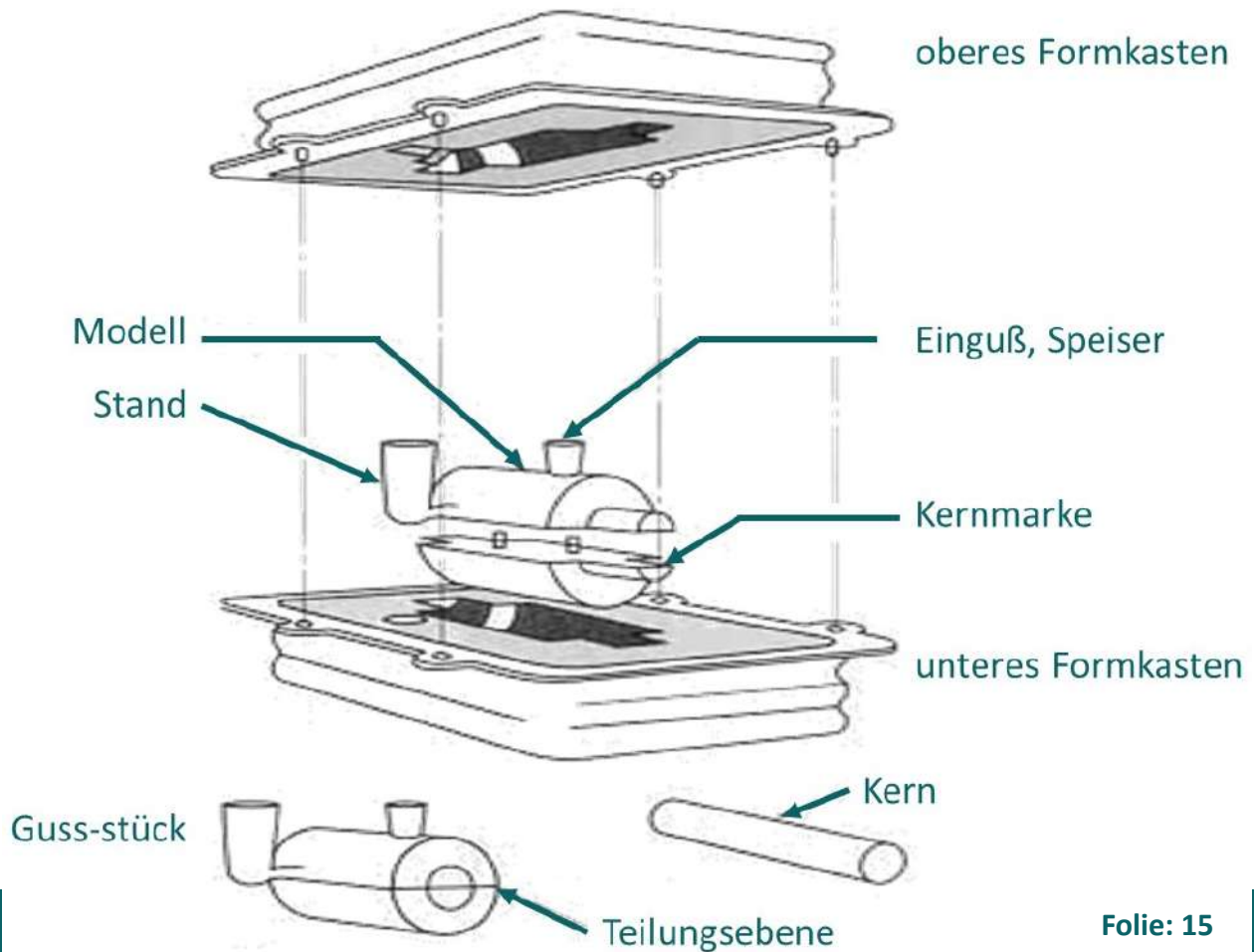
Folie: 12

- Die Formkavität wird mittels einer **Modell** hergestellt. Die Modell kann verlorene (Wachs, Polimerschaum usw.), oder mehrmals gebrauchbar sein, was vor gießen zu entfernen ist. Die Modell ist die positive Kopie des Werkstückes, mit Toleranzen, Gießrähigkeit, Kernzeichen eventuell mit Einflussssystem.
- Eindringen des flüssiges Metalls in die Hohlräume des Werkstückes wird mit **Kernen** verhindert.
- Flüssiges Metall wird durch das **Einfluss-system** in die Form gegossen.

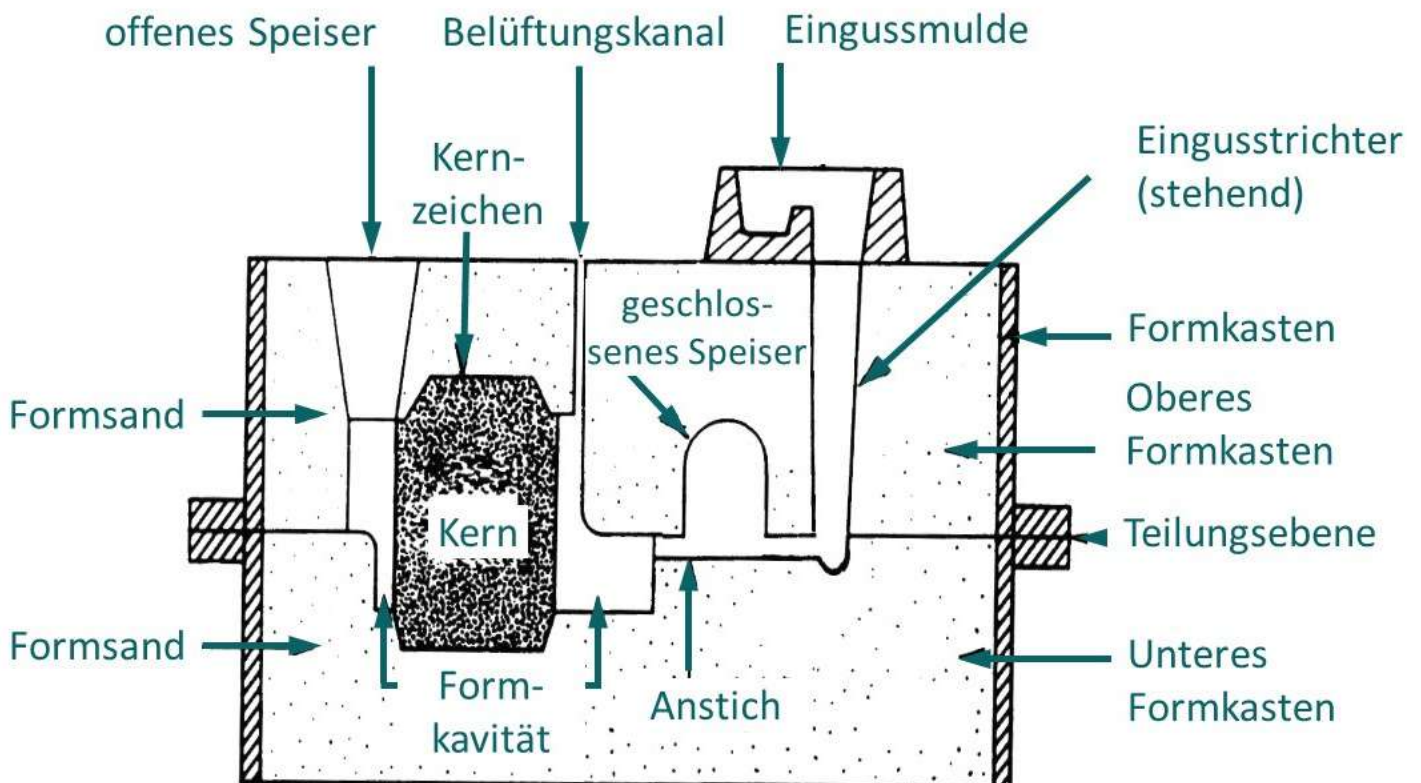
Folie: 13

- Werkstoff für Modell kann Holz, Metall oder Polymer sein. Möglichst leicht, leicht zu bearbeiten, verschleißfest und nicht flüssigkeitabsorbierend. Die Holzteile werden von Modell-Tischler hergestellt, und werden bemahlt.
- Die Kerne werden von besseren Materialien, von Sand und Bindemittel, größere Mechanische und thermische Belastung in Kernkasten (holz) hergestellt, oder können mit Spanen gemacht werden. Möglicherweise kann mit Metallnetz verstärkt werden.
- Allgemein ist der Modell und auch der Kern geteilt hergestellt (Teilungsebene).

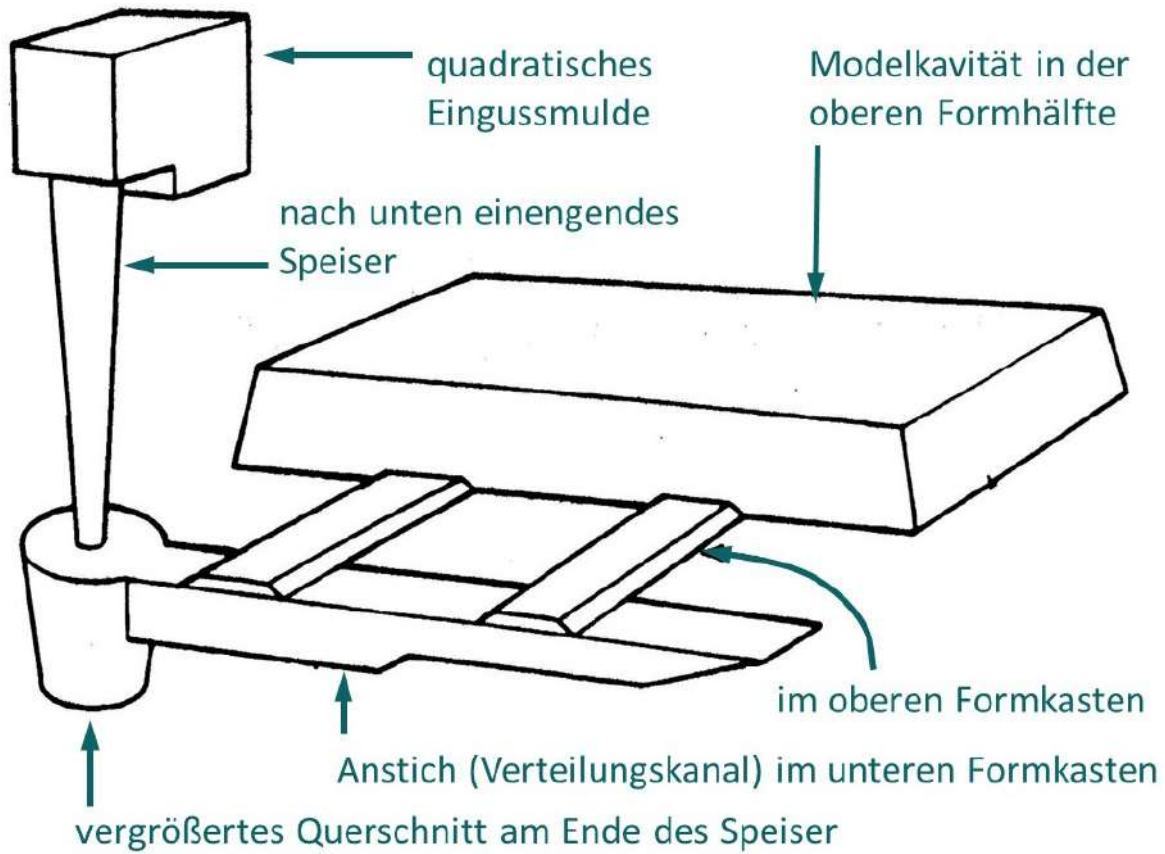
Folie: 14



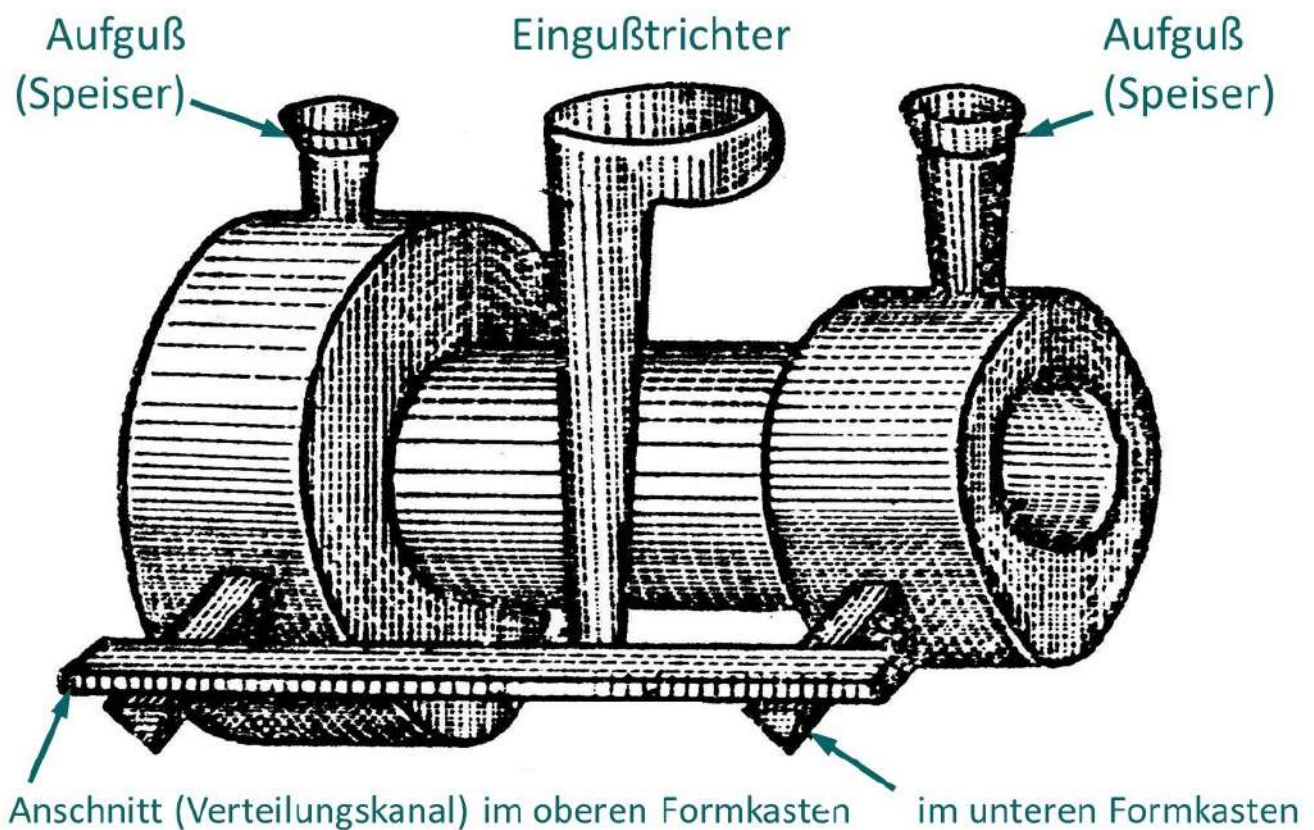
Folie: 15



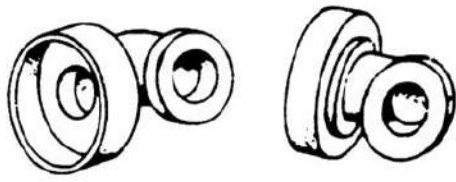
Folie: 16



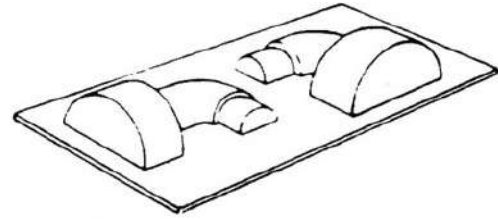
Folie: 17



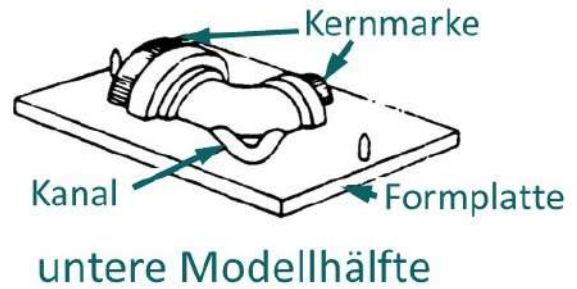
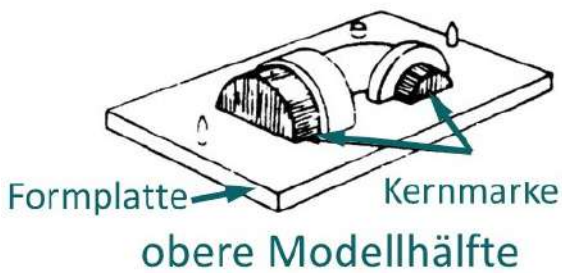
Folie: 18



fertiges Guss-stück



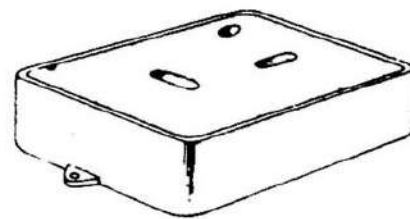
rohe Kernhälften



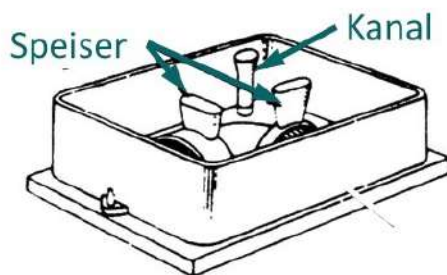
Folie: 19



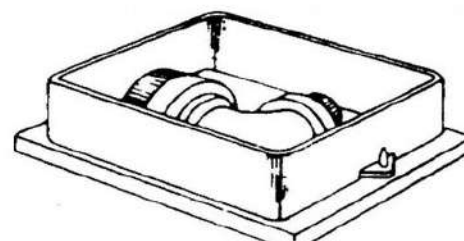
Kernkasten



obere Formkasten
(nach der Formen)

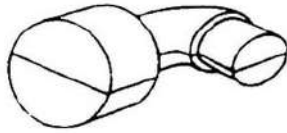


obere Formkasten
(vor der Formen)

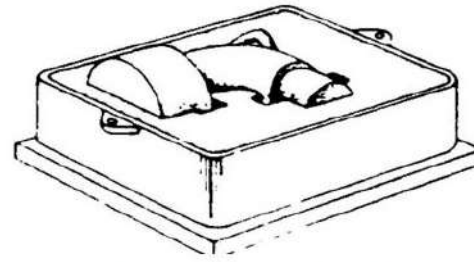


untere Formkasten vor der Formen
(Modelist schon eingepasst)

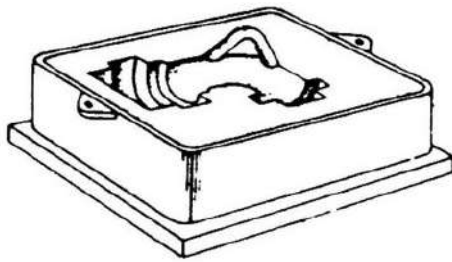
Folie: 20



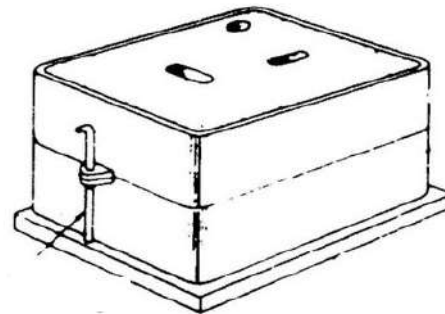
Kernhälften
zusammengepasst



untere Formkasten
Kern ist schon eingepasst

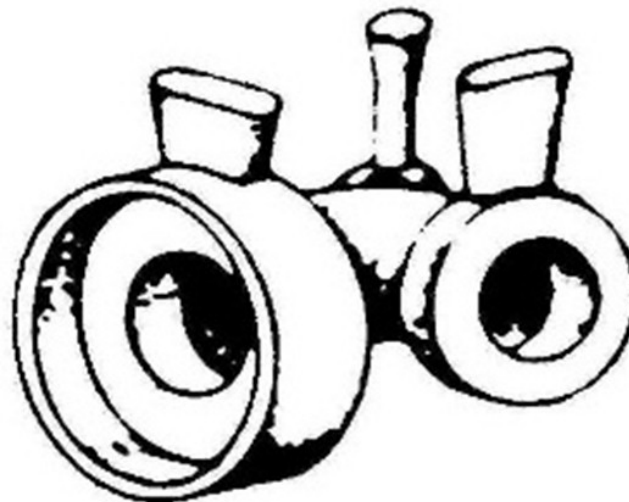


untere Formhälfte
nach der Formen



Zur Gießen zusammengefügte
Formhälften (Kern eingesetzt)

Folie: 21

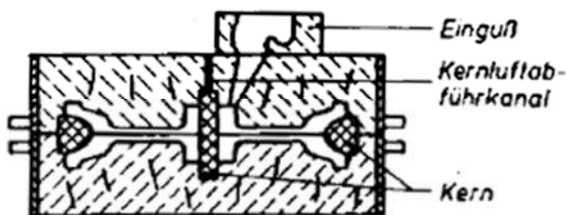
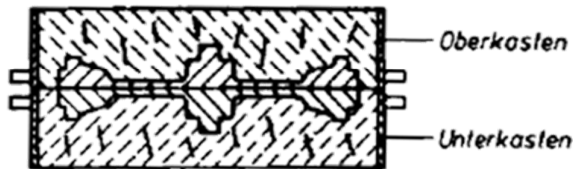
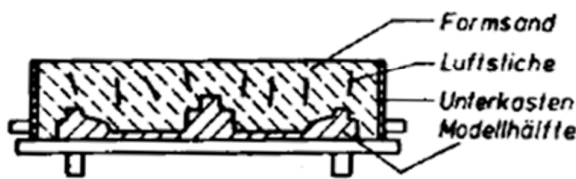


Guss nach der Entfernung der Form
(vor der Abschneiden der Speiser)

Video Link: [1](#) [2](#)

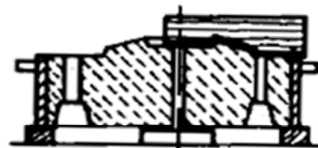
Folie: 22

Dreh- und Ziehschablonen aus Holz mit Blechbeschlag. Nur für kleine Stückzahlen, da hoher Lohnkostenanteil.

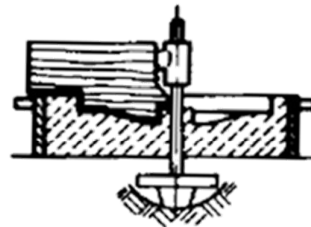


fertige Form

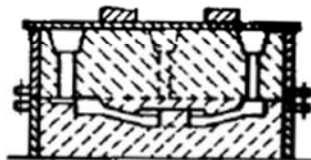
Kastenformerei



Schablonieren der Oberteilform

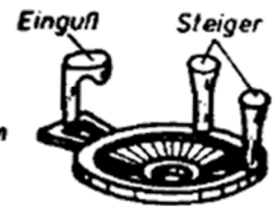


Schablonieren der Unterteilform

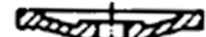


fertige Form

Schablonenformerei



Gußstück



Werkstück

Für größere, kompliziertere Formen

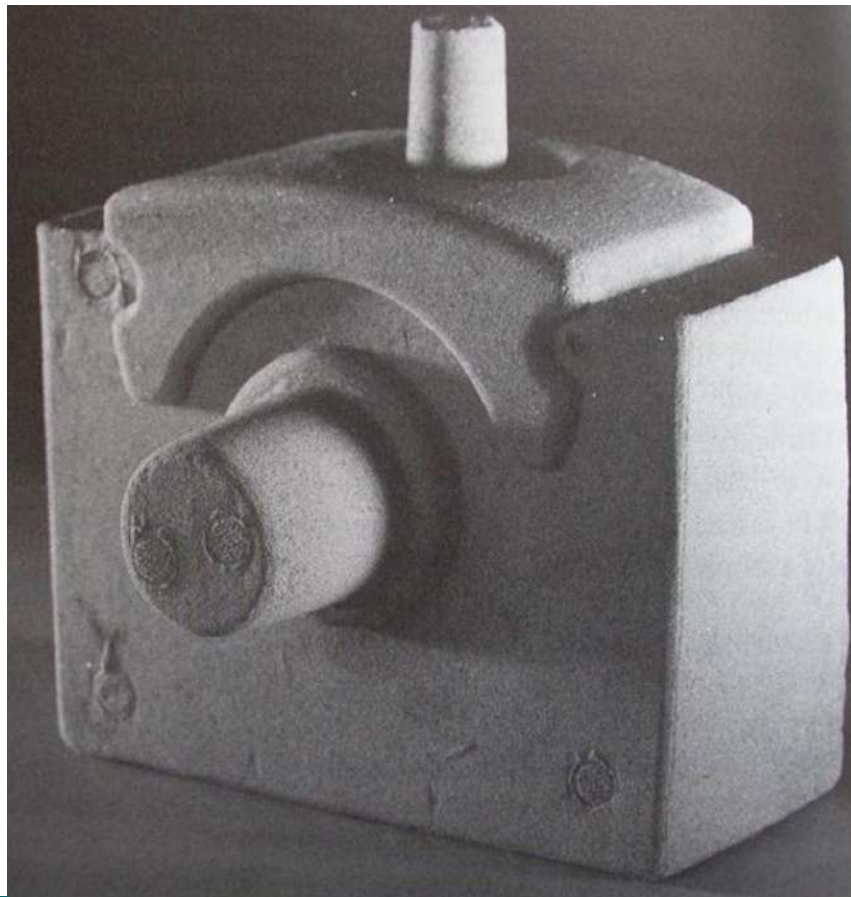
- getrocknete Sandformen
- Pflanzenöle
- Wasserglas (+CO₂)
- Kunstharz: auf Hitze härtend (HOT BOX)
chemische Bindung (COLD BOX)
- Schalenformen
- Zementbindung

- Sandformen mit Kunstharzbindung:
(Box-, und Schahlenformen)
- Präzisionsgießen (ausschmelzende WachsmodeLL)
- Keramisches Formen
- Gravitationskokillengießen
- Druckgießen:
 - Niedrigdruck Warmkammer
 - Hochdruck Warmkammer
 - Hochdruck Kaltkammer
 - Pressgießen (im Erstarrungstemperaturbereich, TIXO, usw.)

Folie: 25

Zur Formsand wird za. 2% Kunstharz gemischt, Bindung wird mit Hitze oder mit chemische Beschläuniger erreicht. Beim automatisierten Verfahren ist sowohl die Sandmischung als auch die Bewegung der Formkasten automatisiert. Es sind drei verschiedene Kunstharze verbreitet: Furanharz, Fenolharz (cold box) und Karbamidharz (hot box).

Folie: 26



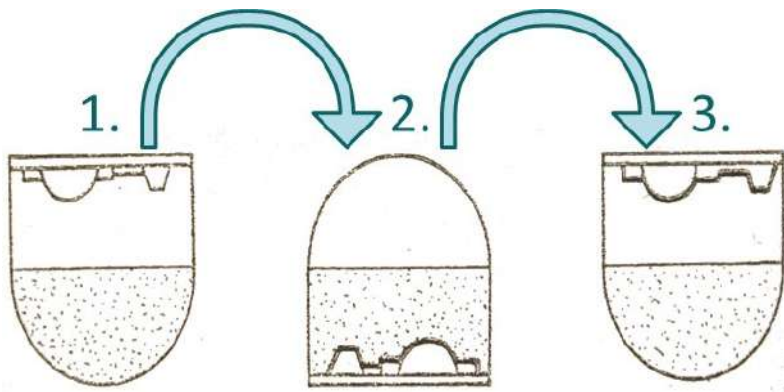
Folie: 27

Genauigkeit der Cold Box Verfahren

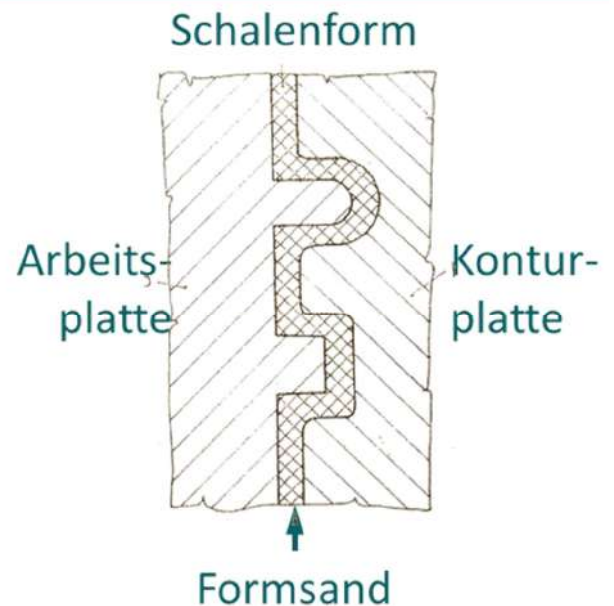
| Dimension Size | | Tolerance | |
|----------------|--------------|-----------|---------|
| mm | in | mm | in |
| up to 75 | up to 3.0 | ± 0.38 | ± 0.015 |
| 76 to 180 | 3.1 to 7.0 | ± 0.51 | ± 0.020 |
| 181 to 230 | 7.1 to 9.0 | ± 0.64 | ± 0.025 |
| 231 to 305 | 9.1 to 12.0 | ± 0.76 | ± 0.030 |
| 306 to 406 | 12.1 to 16.0 | ± 0.94 | ± 0.037 |
| 407 to 510 | 16.1 to 20.0 | ± 1.20 | ± 0.047 |



Folie: 28



Formen mit kippbares Behälter



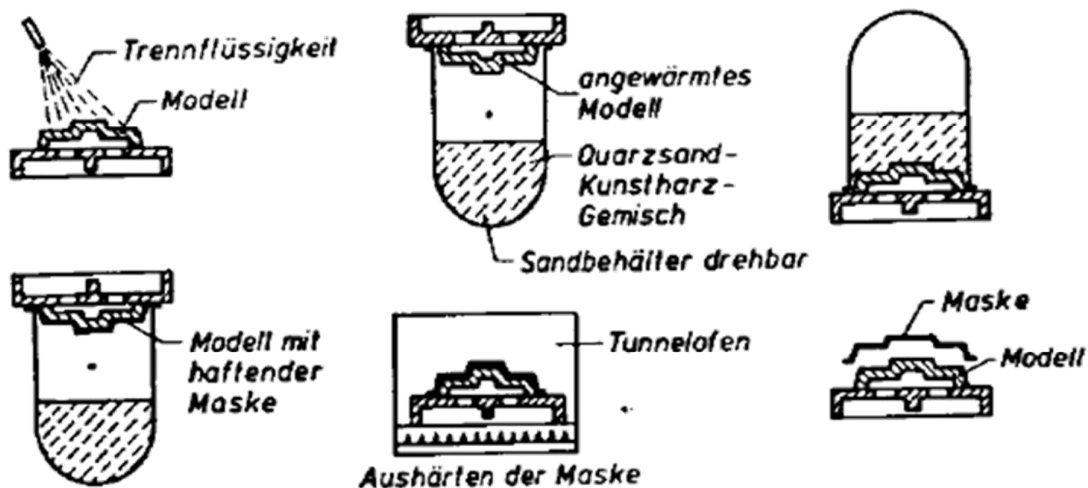
Formen mit Konturplatte

Kleine Aufmaß, Rippen, gute Größenreproduzierbarkeit,
Gute Oberflächenqualität, hohes Genauigkeit

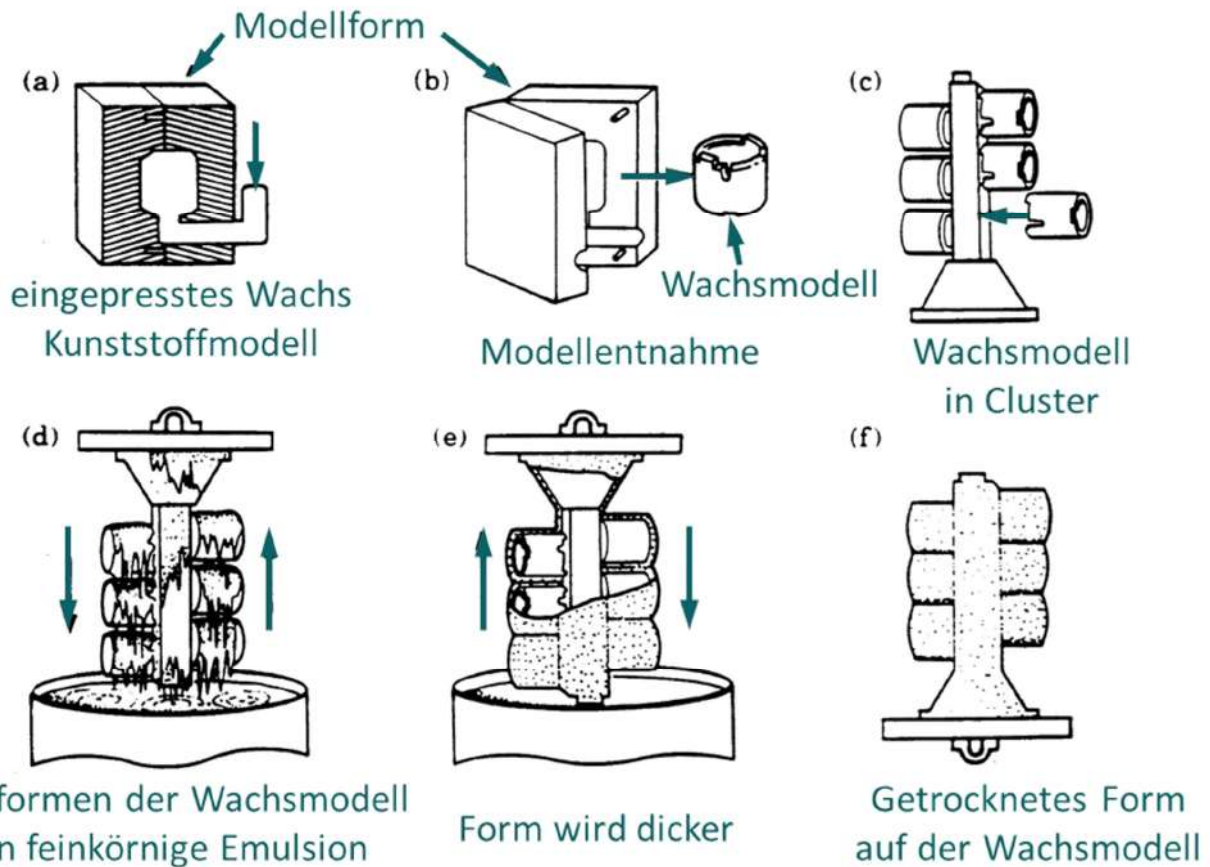
Dem Sand wird ein aushärtbarer Kunststoff beigegeben ($\text{SiO}_2 + 4 \dots 10\%$ Phenolharz + Beschleuniger Hexamethylentetramin). Vorgang siehe Bild

Vorteile: Geringer Formstoffverbrauch, hohe Konturengenauigkeit und gute Gasdurchlässigkeit.

Anwendung: Automobilindustrie, Massenteile (Rippenzylinder, Kurbelwellen, Nockenwellen, Lauf- und Leiträder für Pumpen, Armaturen).

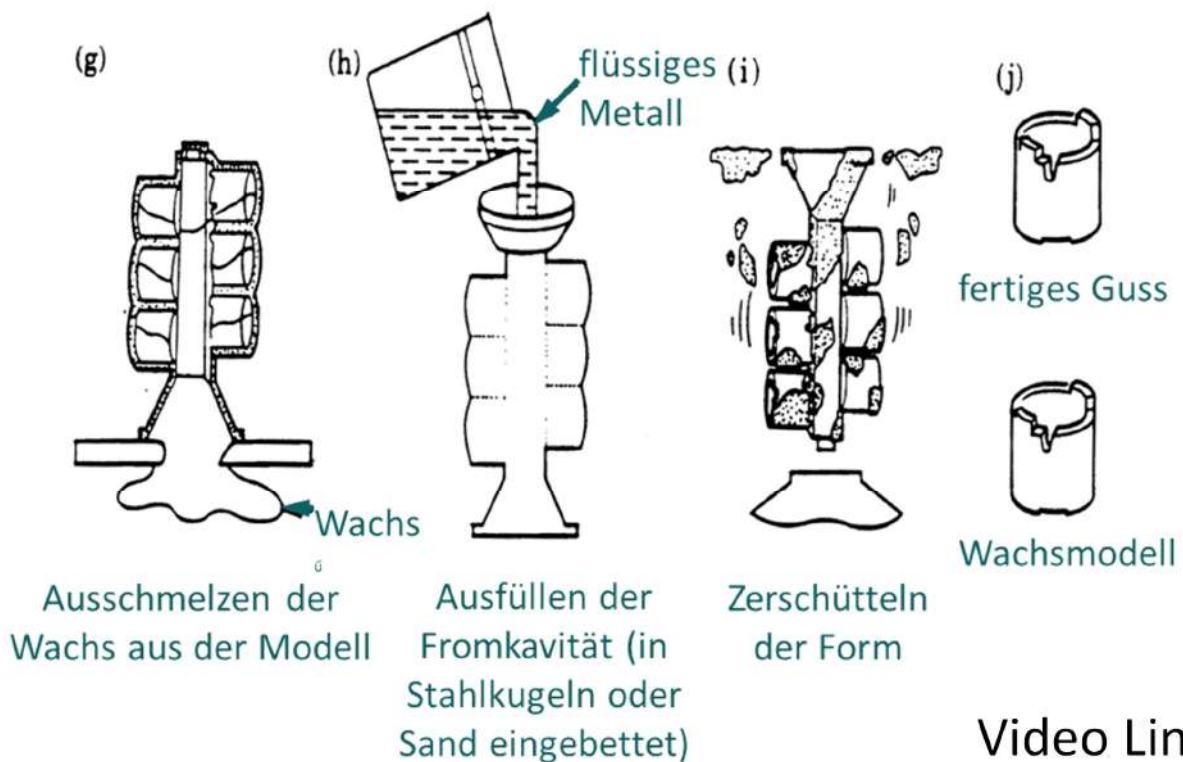


Herstellung einer Maskenform



Folie: 31

In Form auf hohe Temperatur



Video Links: [2](#)

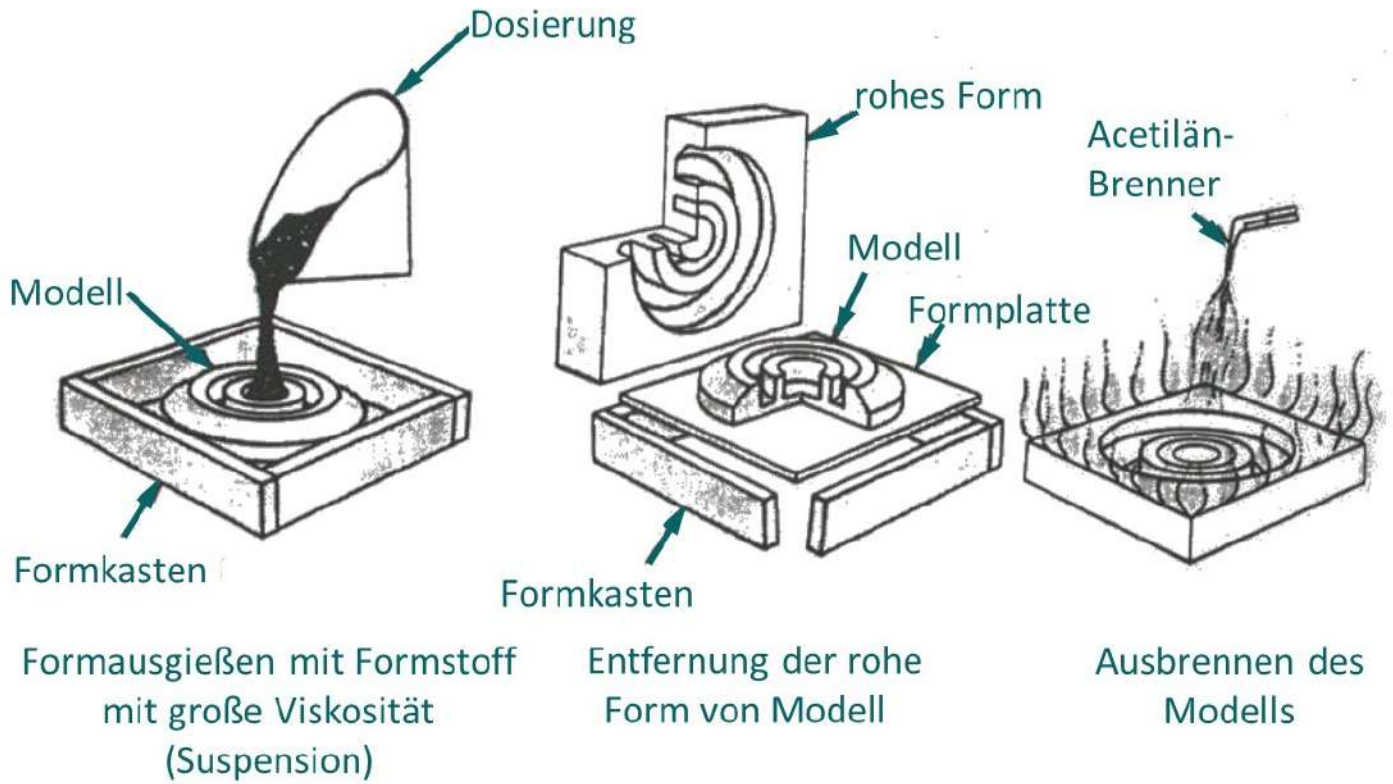
Folie: 32

- Die Vorteile der Präzisionsgießen gegenüber der Sandformverfahren sind:
 - Beliebige Gussform kann gegossen werden
 - Ermöglicht das Gießen von Metallen mit hoher Schmelztemperatur und schlechter Gießbarkeit (Präzisionsgießen mit Zentrifugalgießen)
 - Güsse mit kleineren Toleranzen sind machbar
 - Güsse mit besserer Oberflächenqualität sind machbar
- Nachteile der Präzisionsgießen:
 - Nur für relativ kleine Gussmassen geeignet
 - Relativ kostbare Methode, im Vergleich mit der 100% Kosten der Rohsandformen sind die Kosten für Schalenformen 250-300%, für Präzisionsgießen 700-1500%.

Folie: 33

- Für kostbare Metalle (Gold, Silber, Platin, Wolfram, Chrom, Molybdän, Kobalt, Nickel und bei deren Legierungen)
- Für komplizierte Formen, genaue Güsse (Skulpturen, Schmuck, Computer, feine Geräte...usw.)
- Für hochlegierte Werkstoffe (Hitze- und korrosionsbeständige usw. Materialien z.B. Werkzeuge, Turbinenschaufel)
- Kann nur bei Mittel- und Großserienproduktion wirtschaftlich angewendet werden, wo die höheren Kosten der Gussherstellung mit den geringeren Nachbearbeitungskosten kompensiert werden.

Folie: 34



Folie: 35



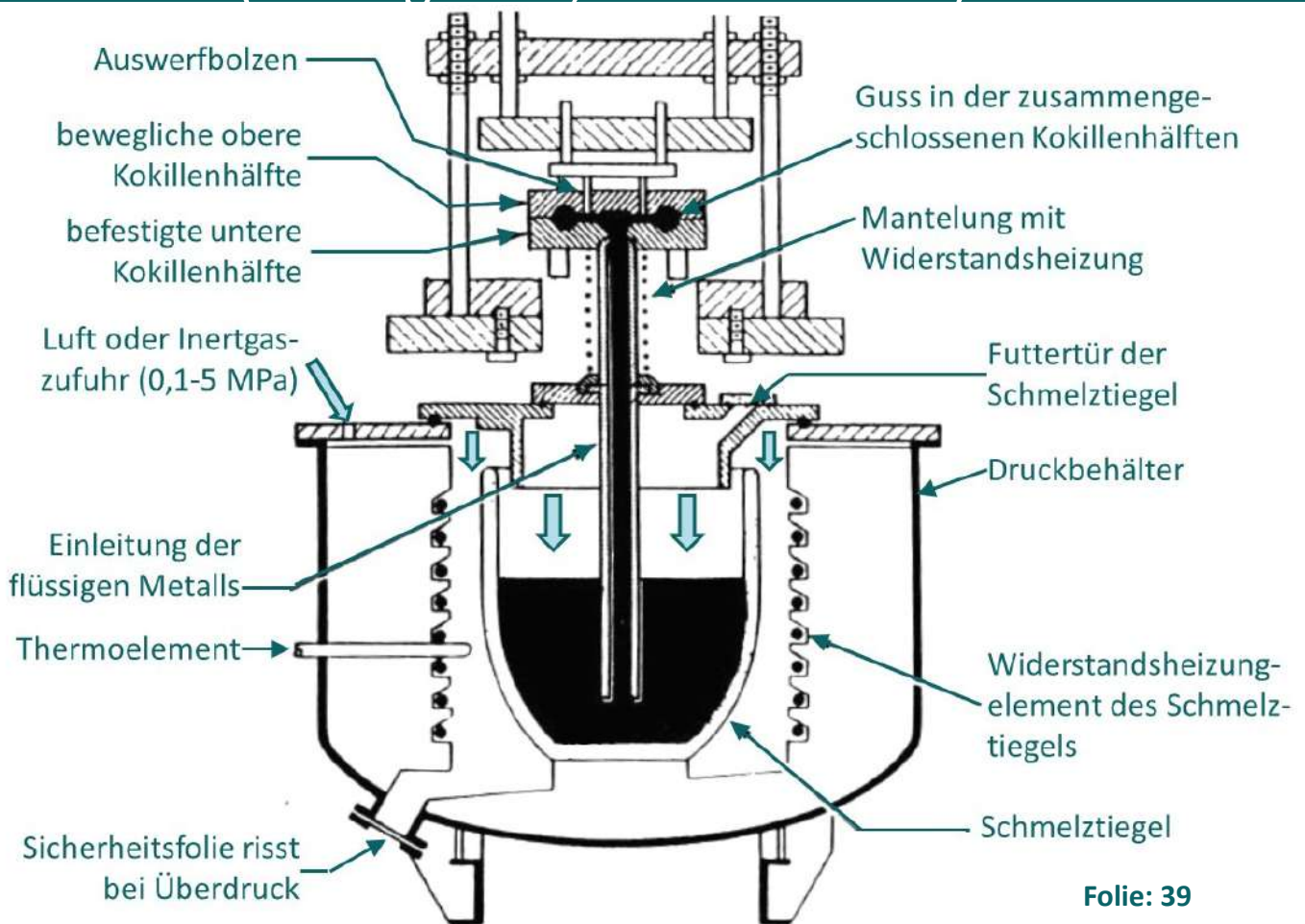
Folie: 36



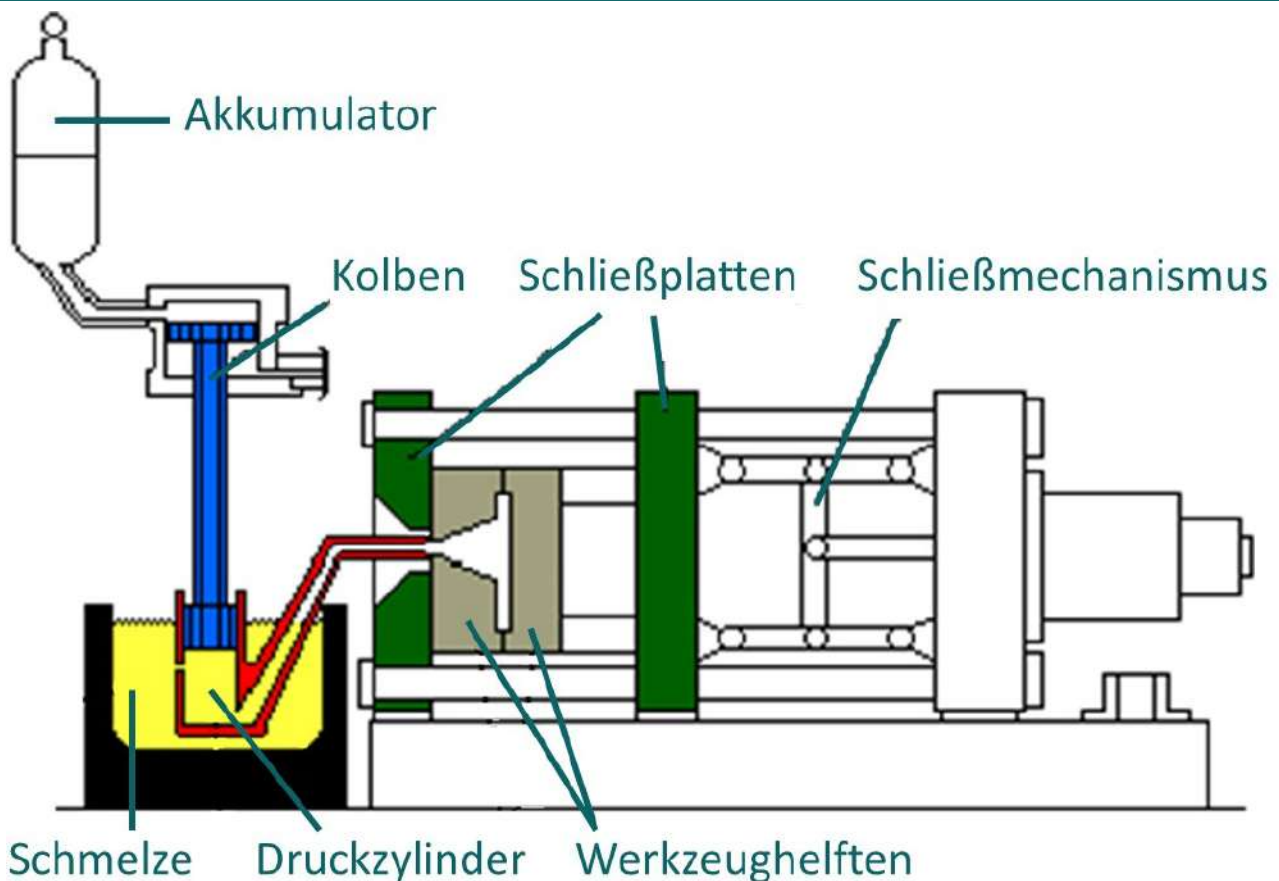
Folie: 37



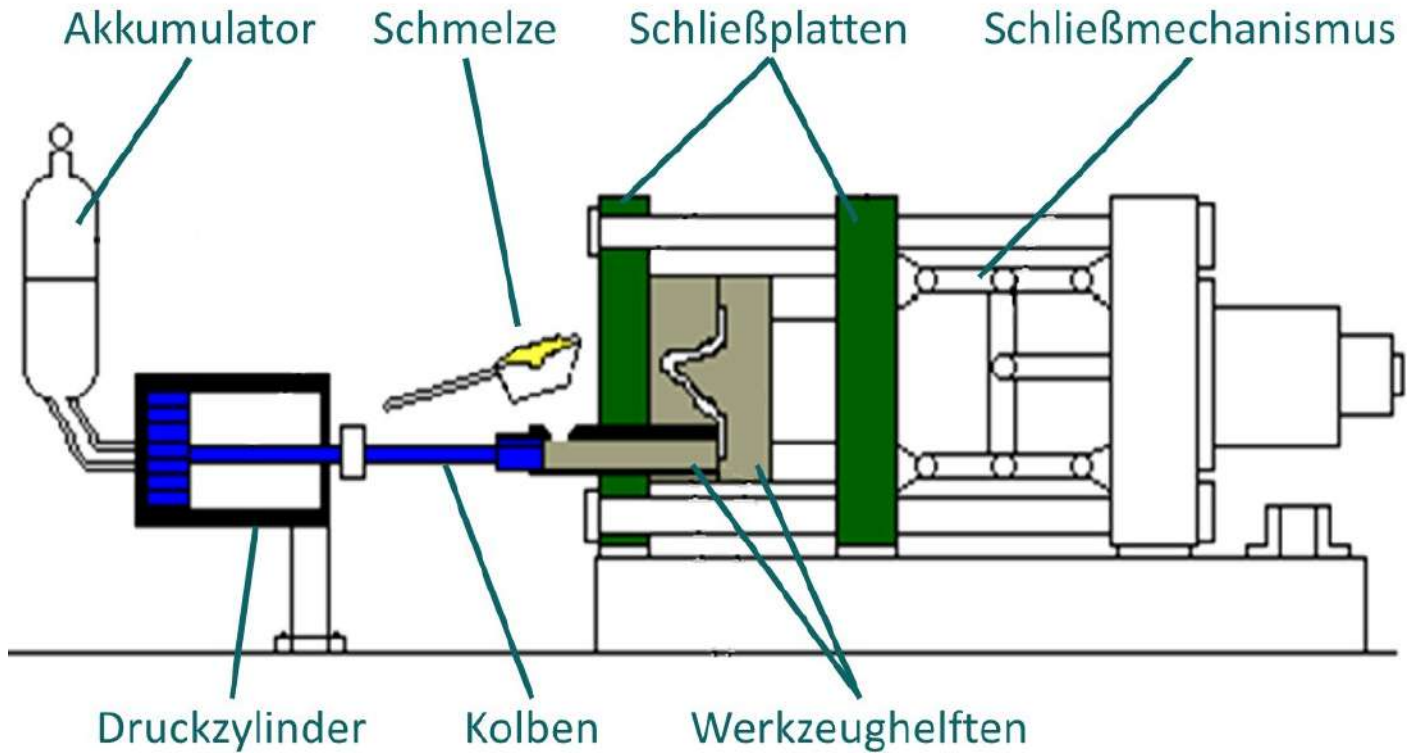
Folie: 38



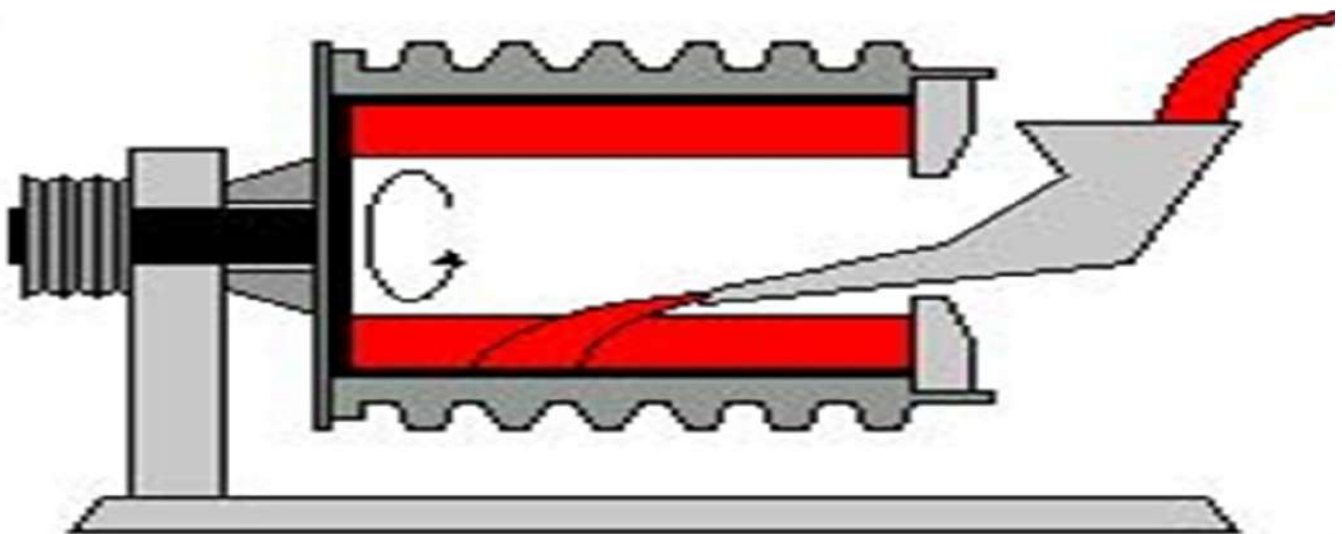
Folie: 39



Folie: 40

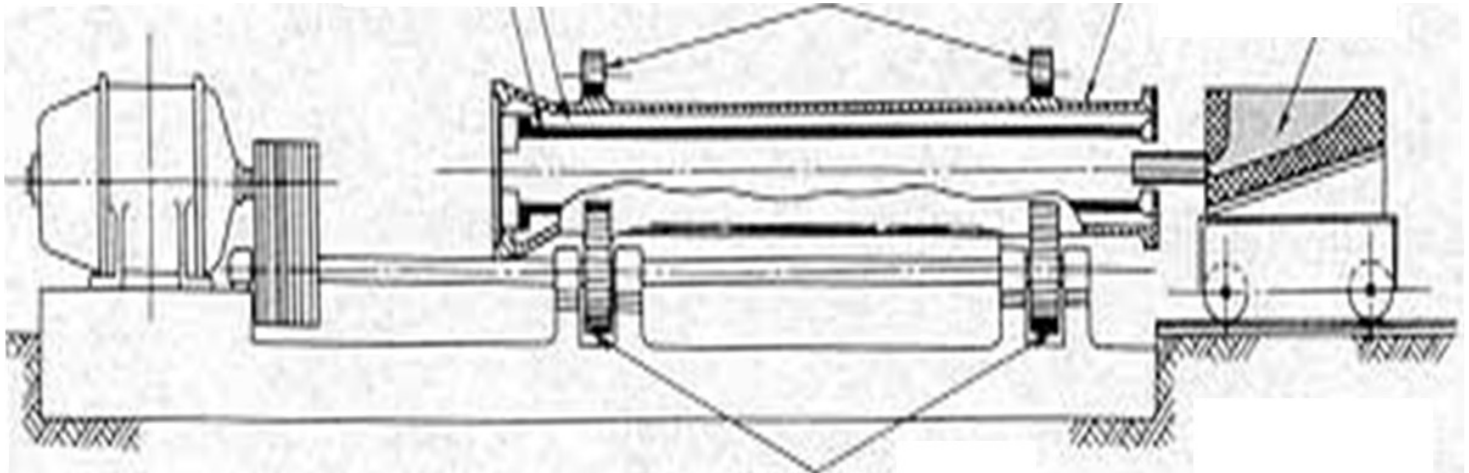


Folie: 41



Video Links: [1](#), [2](#), [3](#)

Folie: 42



Video Links: [1](#), [2](#), [3](#)

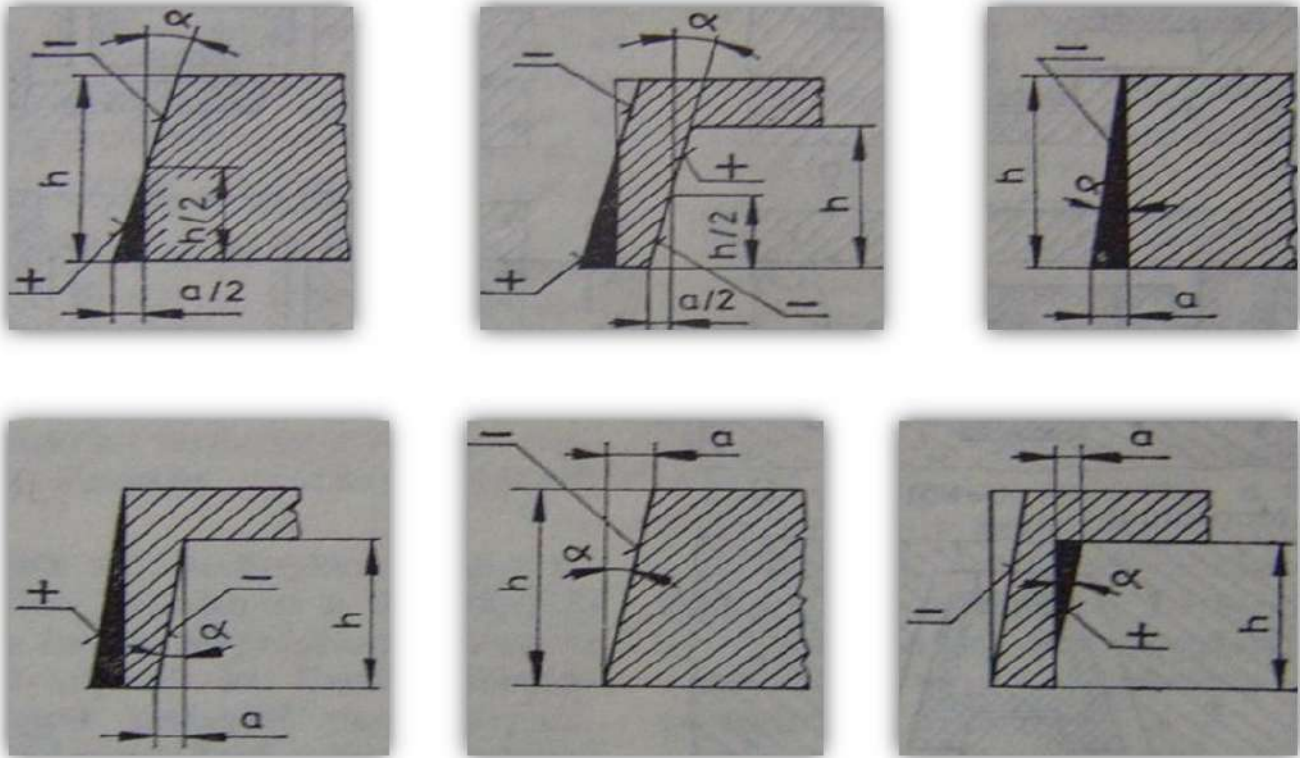
Folie: 43

| Masse (kg) | 0,01 | 0,1 | 1 | 10 | 100 | 1000 | 10000 | Oberfläch- enq. Ra= |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| Verfahren | | | | | | | | |
| rohes Sandformen | | ----- | ----- | ----- | | | | 100 µm |
| getrocknetes Sandoberfläche | | ----- | ----- | ----- | | | | |
| getrocknetes Sandform | | | | | | ----- | ----- | |
| Chrommagnesit Mischung | | | | | | ----- | ----- | |
| Samottmischung | | | | | | ----- | ----- | |
| Wasserglas+CO2 Sandform | | | | ----- | ----- | | | 50-80 µm |
| Kunststoffgebundenes Sandf. (Cold-Box, Hot-Box Verf.) | | | ----- | ----- | ----- | | | 15-25 µm |
| Schalenformen | | ----- | ----- | | | | | 15-25 µm |
| Präzisionsgießen | ----- | ----- | ----- | ----- | | | | < 10 µm |
| keramisches Formen | | | ----- | | | | | < 10 µm |
| Kokillengießen (Al, Mg, Cu) | | | | | | | | |
| Gravitationsgießen | | ----- | ----- | ----- | | | | 10-50 µm |
| Druckgießen | ----- | ----- | ----- | ----- | | | | 1,6-10 µm |

Folie: 44

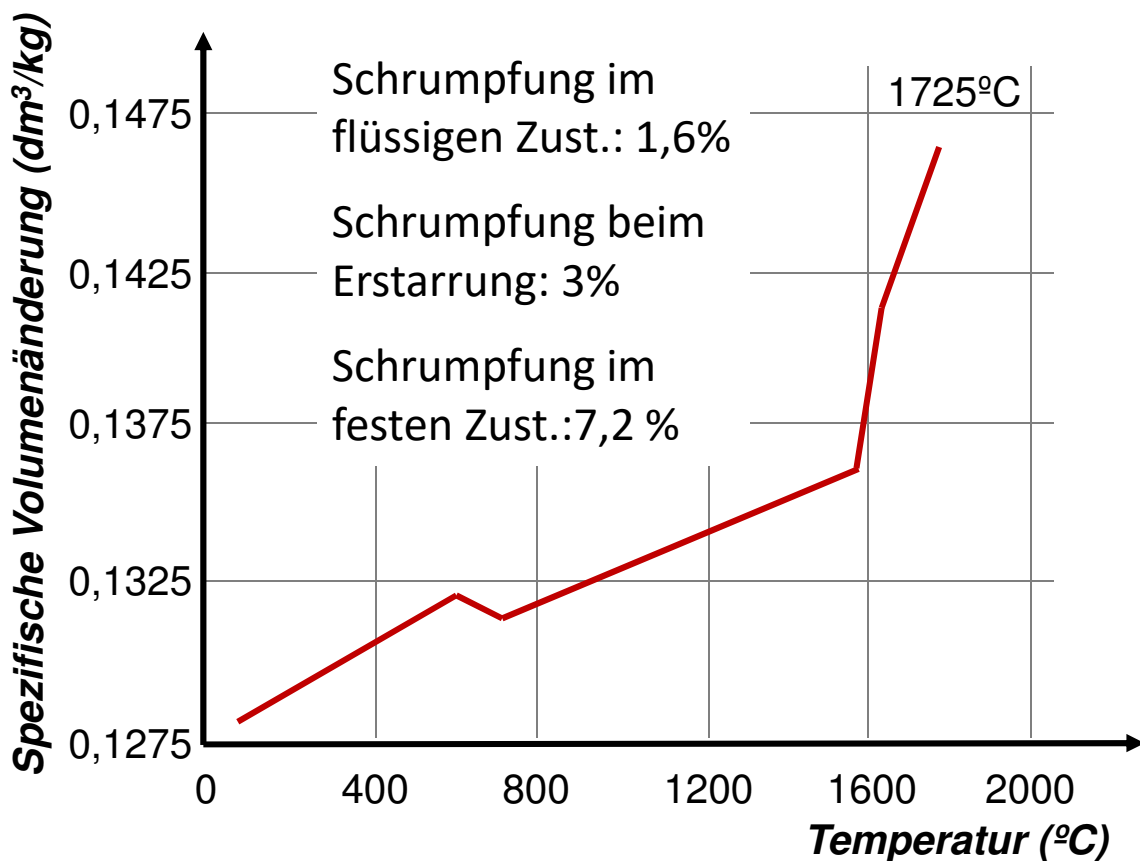
| Kennwert/ Gießverfahren | Sandform~ | Gravitations- kokillen~ | Druck~ | Zentrifugal~ | Prezisions~ |
|---|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------|----------------|
| Verwendbare Legierungen | alle | Al-, Cu-, Zn- Legierungen | | alle | |
| Wanddicke min. (mm) | 3-6 Schale 2-4 | 1-3 | 1-2 | 10 | 0.8-1.5 |
| Mechanische Eigenschaften | genügend | gut | sehr gut | beste | gut |
| Oberflächen- qualität | genügend | gut | sehr gut | akzeptierbar | sehr gut |
| Formgebungs- freiheit | gut | gut | sehr gut | schwach | sehr gut |
| Relative Kosten bei niedrige Stückzahl | niedrigste | hoch | sehr hoch | mittelmäßig | hoch |
| Relative Kosten bei großen Stückzahl | mittelmäßig | niedrig | niedrigste | hoch | hoch |
| Genauigkeit (d100 mm) | schlecht 1 mm | gut 0.2 mm | sehr gut 0.02-0.2 mm | genügend | Sehr gut, 0.05 |
| Flexibilität der Veränderung | beste | schwach | kleinste | gut | gut |

Gussplanung / Konstruktion



Folie: 47

Schrumpfungen (Stahl mit 0,35% C Gehalt)



Folie: 48

| Metallgüte | Schrumpfung (%) |
|---|-----------------|
| Stahl, unlegiert oder schwach leg. | 2,0 |
| Stahl, legiert, austenitisch | 2,5...3,0 |
| Gusseisen mit Lamellengraphit | 1,0 |
| Gusseisen mit Kugelgraphit in gegossenen Zustand | 0,8...1,0 |
| Gusseisen mit Kugelgraphit auf ferrit-perlitisch wärmebehandelt | 0,3 |
| Gusseisen mit Kugelgraphit auf ferritsch wärmebehandelt | 0,0 |
| Temperguss, weiß* | 1,0...2,0 |
| Temperguss, schwarz* | 0,0...1,0 |
| Temperguss, perlitisch* | 0,5...1,5 |

* Werte sind als gesamtes Ergebnis der Schrumpfung beim Abkühlung und Zunahme beim Wärmebehandlung angegeben.

Folie: 49

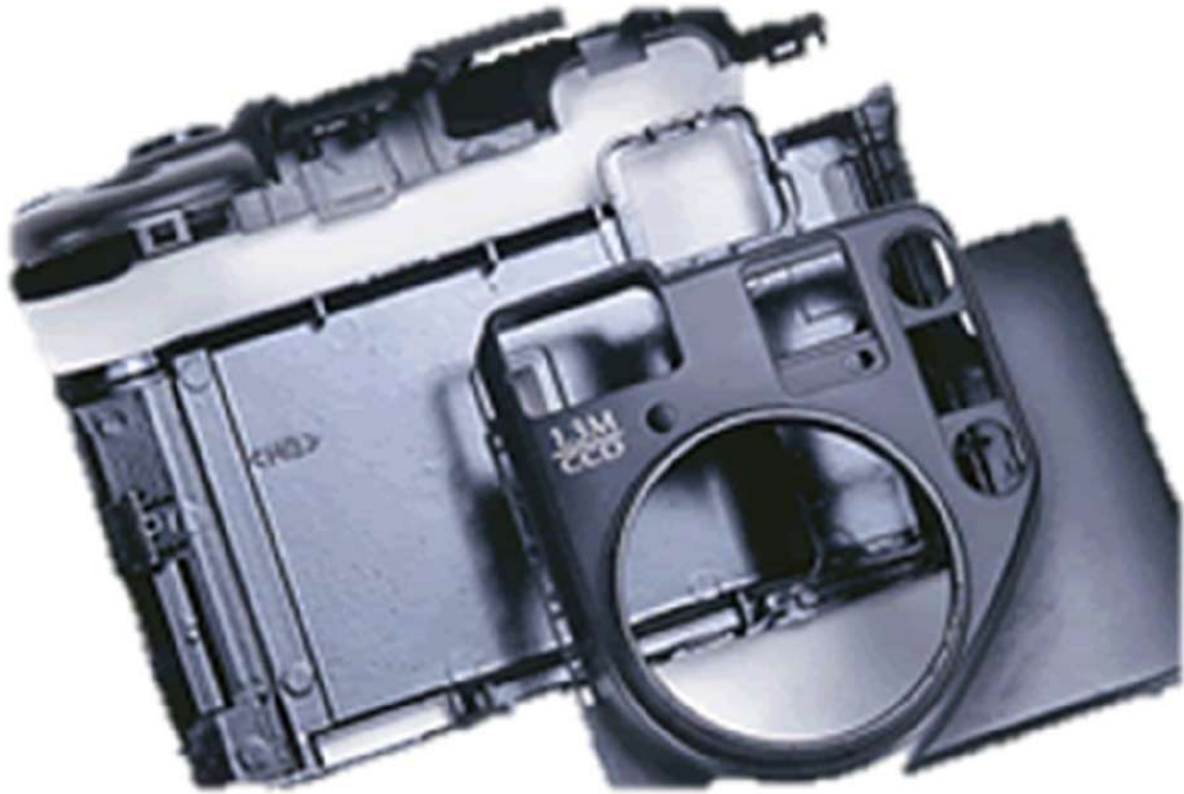
| Metallgüte | Schrumpfung (%) |
|------------------------------|-----------------|
| Zinnbronze (Cu+Sn) | 1,5 |
| Rotlegierungen (Cu+Sn+Pb+Zn) | 1,5 |
| Messing (Cu+Zn) | 1,6...2,2 |
| Aluminiumbronze (Cu+Al) | 1,6...2,2 |
| Bleibronze (Cu+Pb) | 1,5 |
| Cu | 1,8 |
| Al-Si Legierungen | 1,0...1,2 |
| Al-Mg Legierungen | 1,0...1,5 |
| Mg Legierungen | 1,0...1,4 |

| Material | Größe | Schrumpfung (%) |
|------------------|---------------------|-----------------|
| Grauguss | kleine Gussstücke | 0,8...1,2 |
| | mittlere Gussstücke | 0,6...1,0 |
| | große Gussstücke | 0,4...0,8 |
| Stahl | kleine Gussstücke | 1,8...2,2 |
| | mittlere Gussstücke | 1,6...2,0 |
| | große Gussstücke | 1,4...1,8 |
| Cu - Leg. | kleine Gussstücke | 1,4...1,6 |
| | mittlere Gussstücke | 1,0...1,4 |
| | große Gussstücke | 0,8...1,2 |
| Al- und Mg- Leg. | kleine Gussstücke | 0,8...1,2 |
| | mittlere Gussstücke | 0,5...1,0 |
| | große Gussstücke | 0,3...0,8 |

Folie: 51



Folie: 52



Folie: 53

Anwender: Digital Still Camera Housing, Fujix DS-300 Fuji Film.

Größe: (50mm) x (137mm) x (165mm)

Gebräuchliche Dimensionen: (1 mm)

Wanddicken

Gewicht: nicht gegeben **Legierung :** AZ91D (Mg-Al-Zn)

Massenprodukt: ja

Thixo Anwender: MG Precision- Japan

Oberflächenqualität : dekorativ/Schutz

Folie: 54



Produkt Anwender: VL-PDI; Sharp Electronics

Größe: 57mm x 145mm x 230mm

Gebräuchliche Dimensionen:

Wanddicken 0.8 - 1mm

Gewicht : Gehäuse 650 g

Legierung : AZ91D

Massenprodukt : ja

Thixo Anwender : Nifuko - Japan

Oberflächenqualität: dekorativ/Schutz



Folie: 55



Ultra-thin, ultra-light, ultra-fast, ultra-cool. The Mitsubishi Pedion EM™ is the ultimate road machine for the ultimate executive. When you look at its sleek magnesium alloy case you know that this is a truly unique computer.

Folie: 56

Werkstückverwendung: Laptop/Notebook
Bestandteile; Toshiba, Matsushita Electric,
Mitsubishi Electric, Sharp, Panasonic Gateway und
NEC.

Größe: 18 mm min. Wanddicke x 330 mm x 254
mm

Gebräuchliche Dimensionen: sehr dünne
Wanddicken 0.70 mm

Gewicht: nicht gegeben

Legierung: AZ91D

Massenprodukt: ja

Thixo Anwender: Japanese Licensees

Oberflächenqualität: dekorativ/Schutz

Folie: 57



Folie: 58



Folie: 59



Folie: 60



Folie: 61



Folie: 62



Folie: 63



Folie: 64



Folie: 65

Pulvermetallurgie

| Rohstoffausnutzen | | Herstellungsmethode | Energiebedarf für 1 kg Produkt | | | |
|-------------------|-------|------------------------------|--------------------------------|-------|-------|--------|
| 90 | | Gießen | 0-38 | | | |
| 95 | | Pulvermetallurgie | 29 | | | |
| 85 | | Kalt-, oder Halbwarmumformen | 41 | | | |
| | 75-80 | Gesenkschmieden | | 41-49 | | |
| | 45-40 | Spanende bearbeitung | | | 66-82 | |
| 100% | ← 0% | | 0 MJ | → | | 100 MJ |

Spanen ist wegen der benötigte Genauigkeit des Werkstückes nicht zu vermeiden. Die erhöhten technische Anforderungen benötigen immer präzisere Bearbeitung, die Nanotechnologie generell.

Folie: 67

Bei der Pulvermetallurgie Techniken werden die Grundstoffe die Pulver mit/und Zusatzstoffe mit Pressen ins Form gebracht, dann wird mit Wärmebehandlung zwischen der Pulverteilchen Kohäsionsbindung hergestellt während die Kavitäten Zwischen der Teilchen kleiner werden *.

Folie: 68

Während der Wärmebehandlung verringert sich das Volumen, deswegen nennt man diesen Vorgang auch als Schrumpfen. (Beim keramischen Werkstoffen wird es als Ausbrennen bezeichnet obwohl kein Ausbrennvorgang vor sich geht.) Von diesem Ausdruck der Technologie ist der Ausdruck Sintern verbreitet (Sinterbronze, Sinterlager usw.). Die Temperatur der Wärmebehandlung ist die Rekristallisationstemperatur (0,3-0,7 mal die Schmelztemperatur in °K).

Folie: 69

Pulvermetallurgie ist eine der am progressivsten entwickelnde moderne Massenherstellungsprozesse für Bearbeitung spezielle Werkstoffen (große Produktivität, gutes Materialausbeute, kleines Energiebedarf. Metalle, Keramiken und auch Verbundwerkstoffe können aufgearbeitet werden usw.) Typisches Near-Net-Shape/NNS Technologie. Fertig oder nahezu fertige Produktion (im allgemeinen ist zusätzlich nur Feinbearbeitung nötig)

Folie: 70

- 3000 v.Chr. Wurde in Egypt für Werkzeugherstellung Eisenschwamm benutzt
- 1870 USA Patent für Schrumpfen für Gleitlagermaterialien
- 1900. Herstellung von porösen Metallfilter in der USA Herstellung von W-Faser aus der Mischung von W-Pulver und 3% Ni Gemisch unter der Schmelztemperatur von Ni
- 1920 massenhafte Verwendung selbstschmierende Gleitlager in der USA
- 1925 Verwendung von Hartmetallen in Deutschland als Werkzeugwerkstoff VIDIA (WC+Co)

Folie: 71

- 1940 Ausarbeiten von Eisenpulver-Metallurgietechnologien in Mittel-Europa
- 1970 warmes isostatisches Pressen, pulvermetallurgische Werkzeugstähle und Superlegierungen
- 1986 Pulverschmieden (Ford Kolbenstange)
- 1988 Anwendung der Spritzgiessen in der Pulvermetallurgie.
- 1990 Anwendung der sogenannte „Nanotechnologie“ (Verwendung von Pulver mit 10^{-9} Korngröße), neue Möglichkeiten
- USA seit 1986 500 millionen PKV Kolbenstange (60%)

Folie: 72

- Können außerordentliche Mikrostruktureigenschaften erreicht werden
- Kleiner Materialverlust und
- Jeder Schritt des Herstellungsprozesses ist automatisierbar
- Mit anderen Methoden nicht herstellbare Legierungen und Speudolegierungen sind machbar
- Für Herstellung und Verwendung hochreine Metalle auch geeignet
- Gute Genauigkeit (mit Kalibration IT 7 kann erreicht werden, in Pressrichtung ist die Genauigkeit kleiner)

Folie: 73

- Besondere mit anderen herkömmlichen Methoden nicht machbare physikalische mechanische und andere Eigenschaften lassen sich einstellen (magnetische, Wärme, Korrosion usw.)
- Nach Anspruch lassen sich homogene oder inhomogene Materialien herzustellen
- Poröse Materialien für, Filter, selbstschmierende Gleitlager
- Gute Oberflächenqualität
- Beachtliche Spanungskosten können erspart werden
- Materialien mit höheren Schmelzpunkt z.B. W, Mo, Ta usw. können aufgearbeitet werden.

Folie: 74

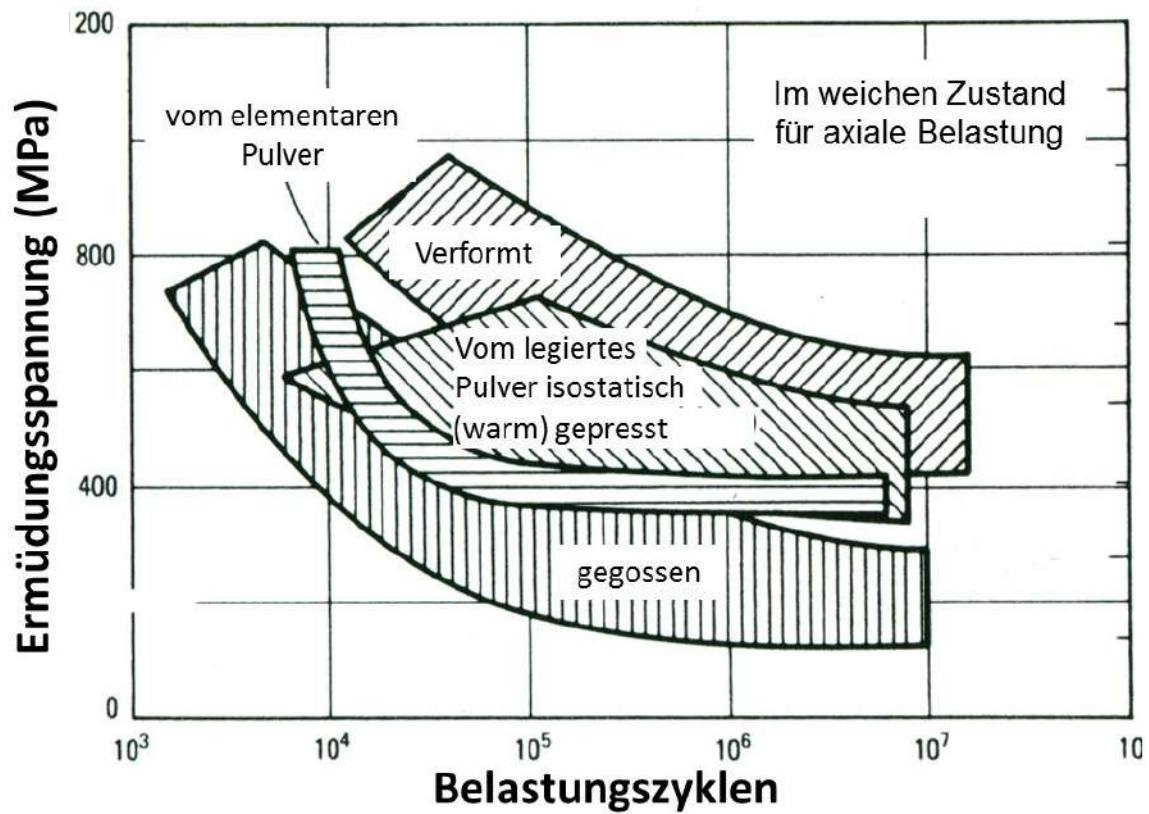
- Man braucht das Material nicht wieder einzuschmelzen.
- Der Abfall kann meistens wieder gebraucht werden
- Durch Mischung der Elementare Pulver lassen sich von wenigen Pulver weite Legierungen hergestellt werden (meistens wird es nicht ausgenutzt, Legierungspulver werden verwendet)
- Produkte aus Hochleistungskeramiken lassen sich herstellen
- Herstellung von metallischen und keramischen Verbundwerkstoffen
- Möglichkeit der mechanische Legierung

Folie: 75

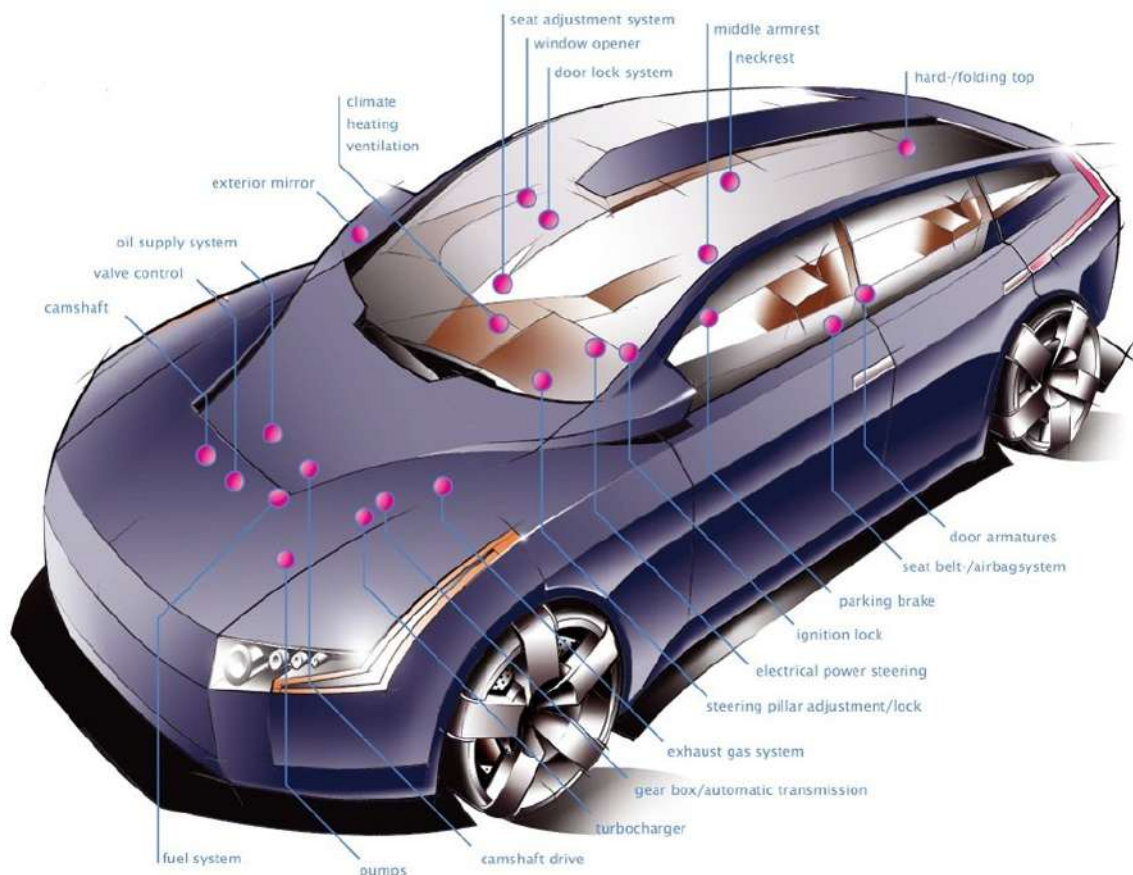
Nachteile

- Der relativ hohe Materialkosten und spezielle Großinvestitionskosten. Eine Richtung der Entwicklungen ist diese Kosten zu senken. Heutzutage ist es für Massenproduktionstechnologie, bei gemeinen Bauteilen wo der Sinken der Spannungskosten der Ziel ist. 50-100 tausend ist der kritische Stückzahl.
- Mit Ausnahme der speziellen Methoden (z.B. warmes isostatisches Pressen) Werkstücke mit kleinen oder mittelmäßigen Masse (20-500g) lassen sich herstellen
- Einige Pulver sind explosionsgefährlich und giftig

Folie: 76



Folie: 77



Folie: 78



Folie: 79



Folie: 80



Folie: 81

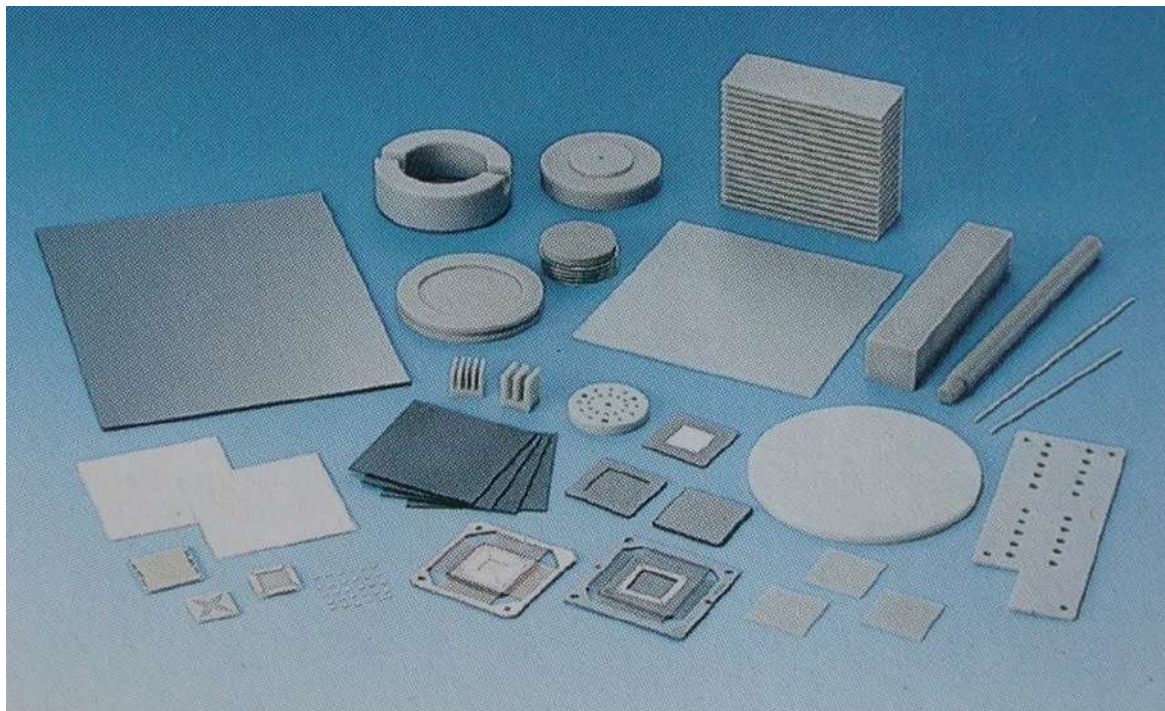


Folie: 82



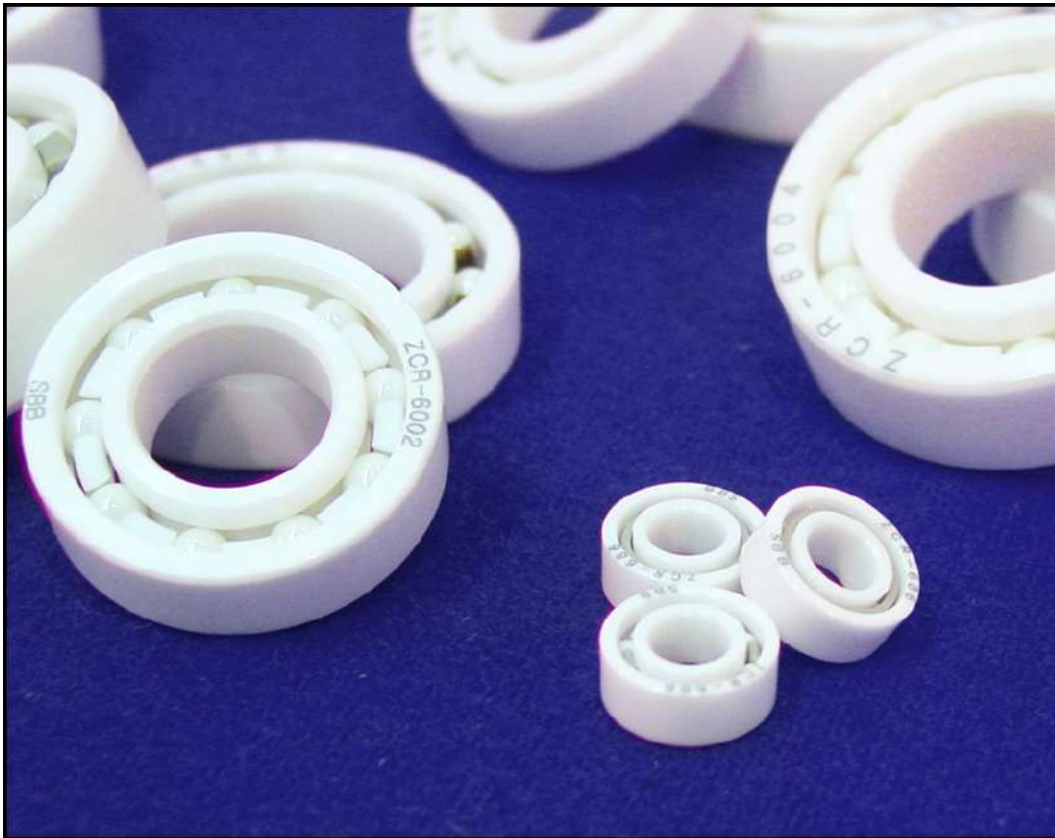
Siliziumnitrid (SiN) Keramiken

Folie: 83



Aluminiumnitrid (AlN) Keramiken

Folie: 84



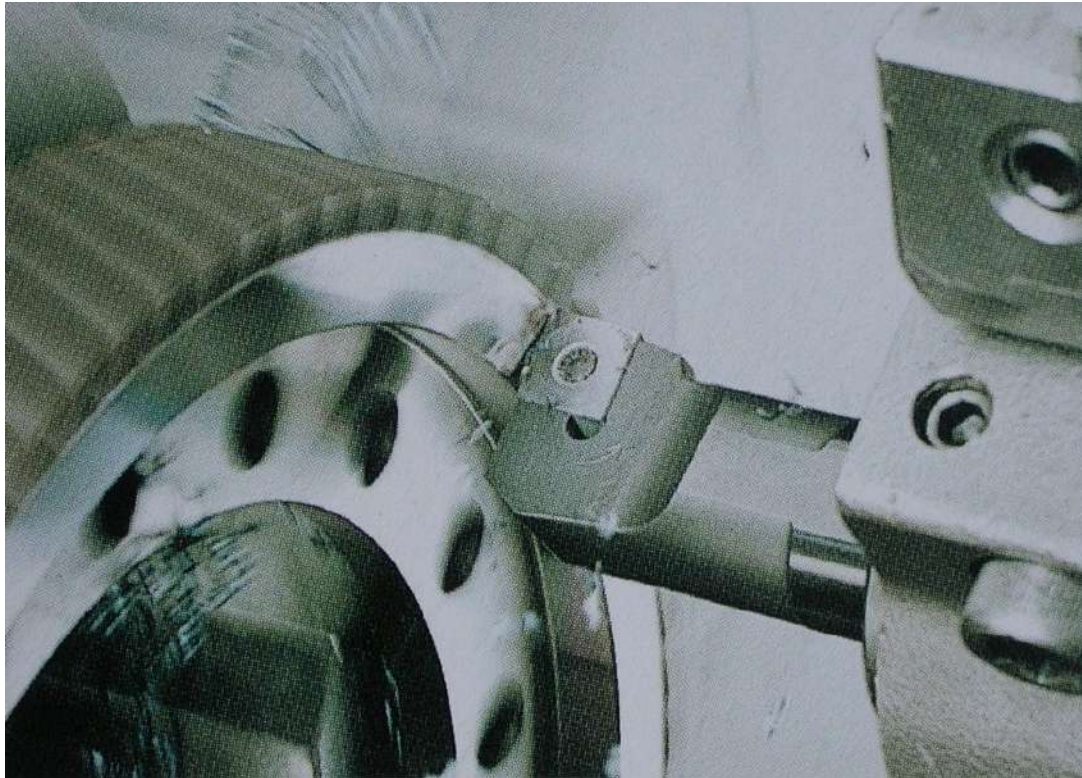
Werkstoffe: SiN, SiC, Al₂O₃, SiAlON

Folie: 85



Schneidwerkzeuge

Folie: 86



Superhartmetallprodukte

Folie: 87

AluSiForm FP5 Project

High Efficiency Forming Technology of Light Weight MMC Components for Automotive and Household Applications 2001-2004

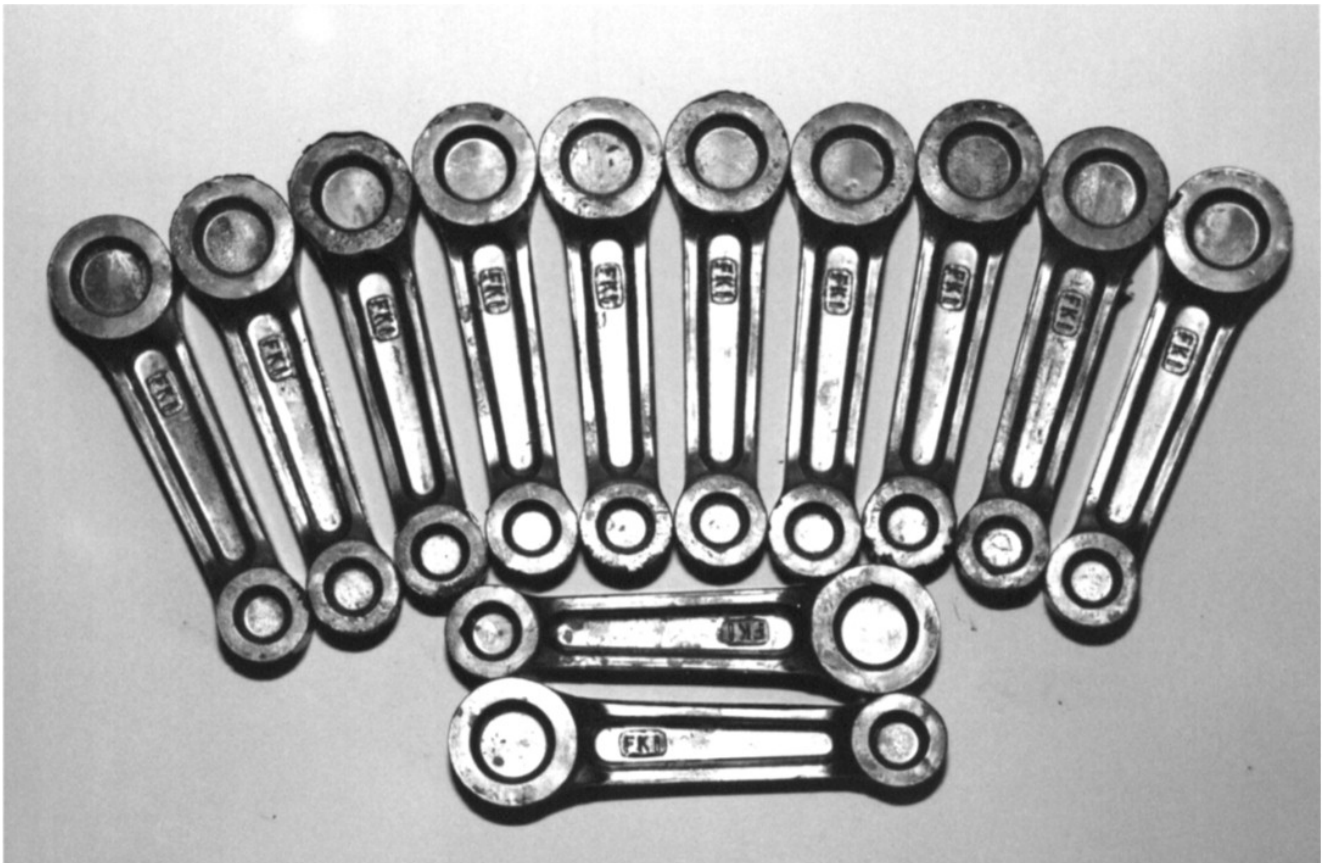
Consortium

HUT (Fi), UMM (Pl), BUTE (Hu),

IMR-SAS (Sk, Kassa), AMA (Nl, Holland), IMN (Pl, Krakó),

BERVA (Hu), FDB (F), GIAS-AIN(Sp, Pamplona), FISCARS (Fi)

Folie: 88

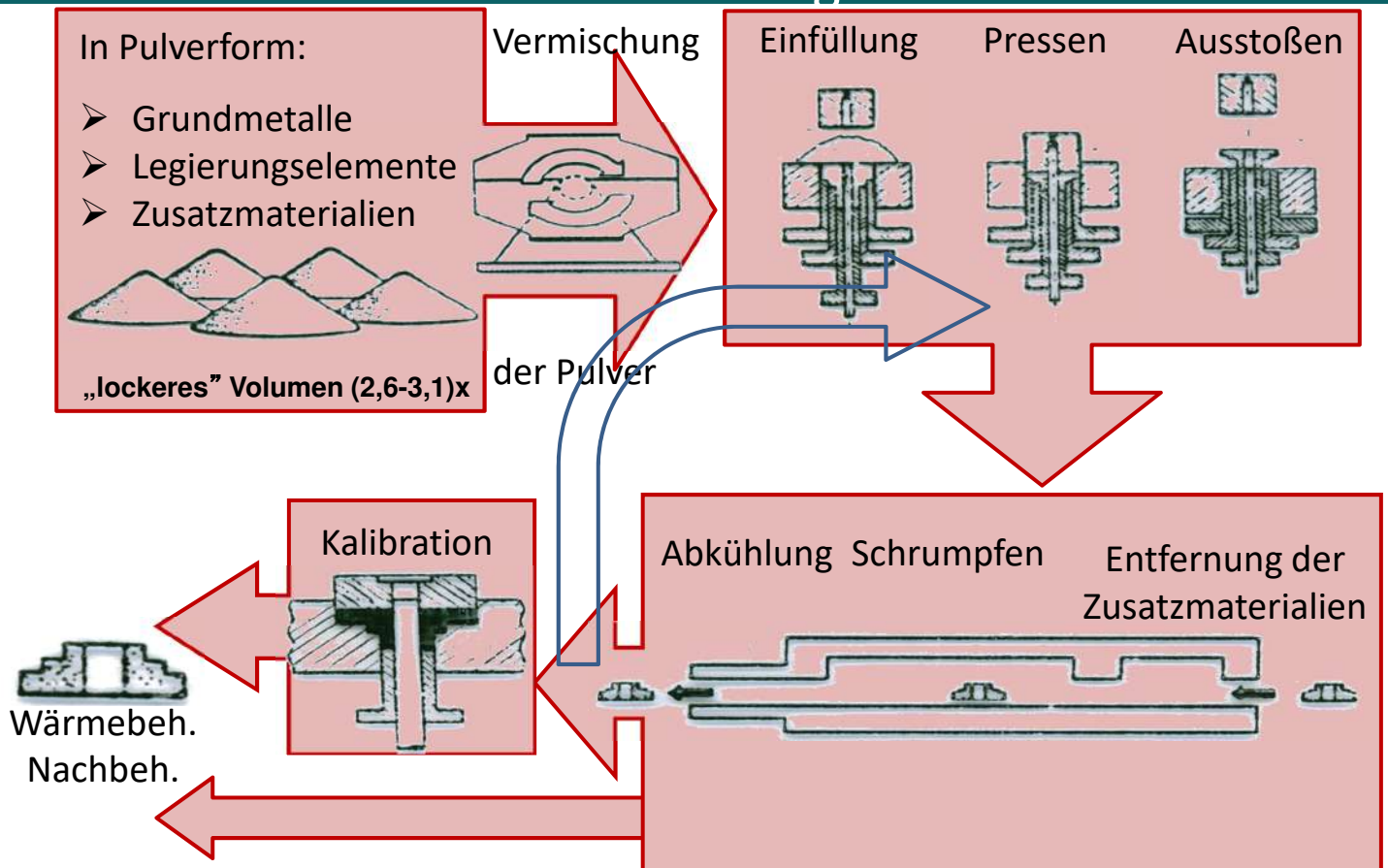


Folie: 89

Hauptschritte der klassischen Pulvermetallurgie

- Pulverherstellung
- Vorbereitung der Pulver: Sortieren, Weichen, Vermischen, Zusatzmittel Einmischen
- Pressen der Pulvermischung, Verdichten
- Wärmebehandlung der gepressten Produktes: Schrumpfen (Sintern)
(bei manchen Technologien werden die vorigen zwei Schritte nochmal wiederholt.)
- Zusätzliche Operationen (nachträglich): Kalibrieren, Prägen, Oberflächenbehandlungen, Wärmebehandlung, Eintränken, Korrosionsschutz usw.

Folie: 90



Folie: 26

- **Mit mechanisches Zerkleinern:** meist bei harten, spröden Materialien und Legierungen (Hammermühle, Kugelmühle, Rotationsmühle, Spanen usw.)

Charakteristische Größe 20-400 µm, unregelmäßige Formen – gute Rohfestigkeit („klemmen sich ineinander“)

Aluminiumpigmentherstellung. In Mikrometer Größenordnung mechanisches Legieren.

- **Mit Sprühen vom flüssigen Metall :** mit Gas-, Dampf-, Wasserstrahl, oder mit schnell drehende Scheibe usw.

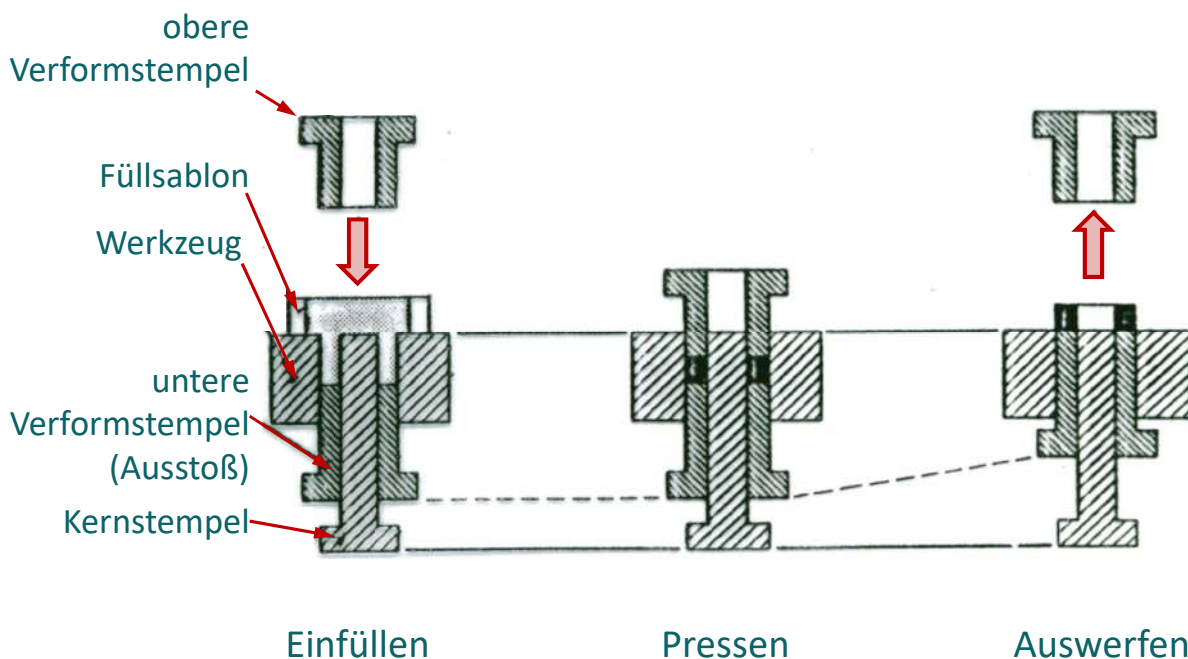
Charakteristische Größe 20-400 µm, regelmäßiges Form, glatte Oberfläche (nicht so gute Rohfestigkeit)

Schnellkristallisieren: Übersättigte Lösungen (Kolbenlegierung usw.), feine Kornstruktur.

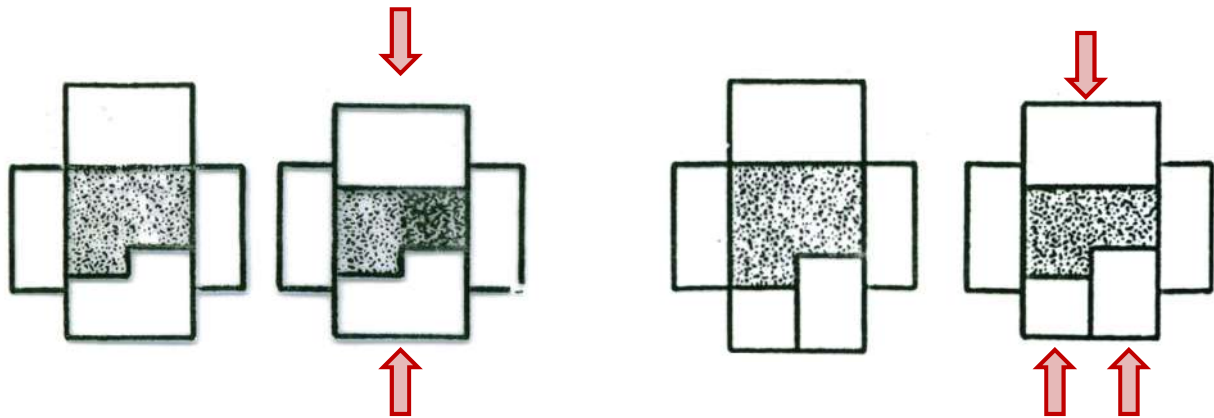
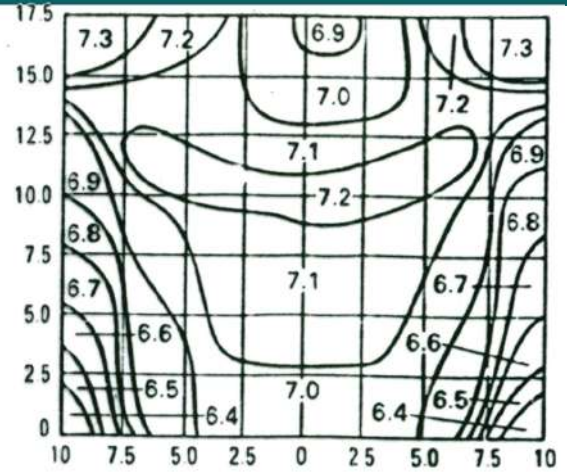
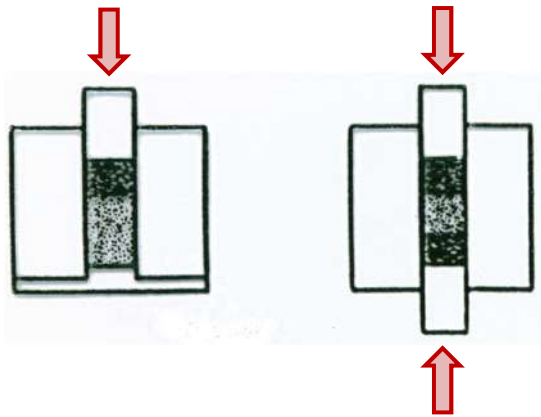
Folie: 92

- **Chemisch:** z.B. Aus Oxiden mit Reduktion,
Charakteristische Größe 0,1-10 μm
z.B. Aus Wolframoxid Metall Wolfram (mit Wasserstoff) oder WC mit Karbon reduziert
- **Mit Elektrolyse (Kathodemetall)** Cu, Ag, Fe
- **Andere Methoden:** aus Dampf abscheiden, mit Plasma usw.
- **Feines Pulver ist explosionsgefährlich!!!!** (Al, Mehl, Zucker) große spezifische Oberfläche.

Folie: 93

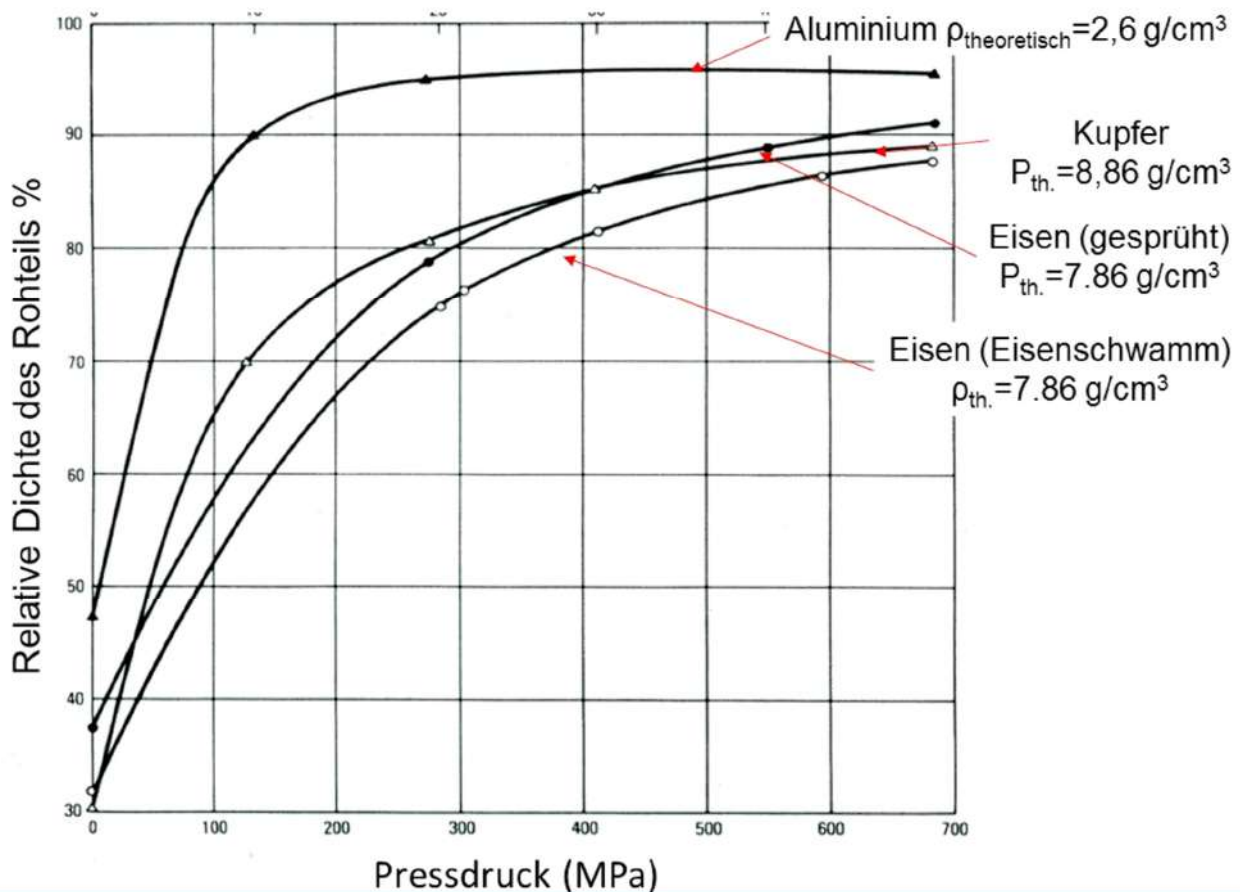


Folie: 94



Folie: 95

Dichtheit der (rohe) Gepresste Teile 1.

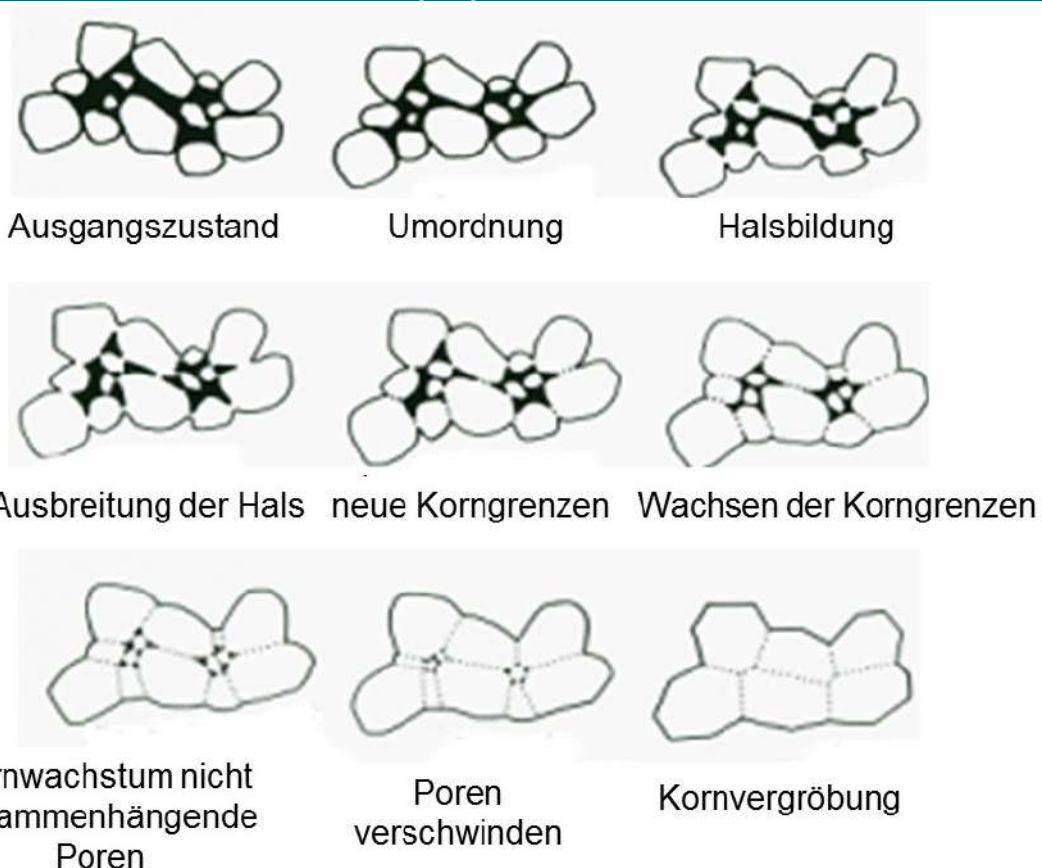


Folie: 96

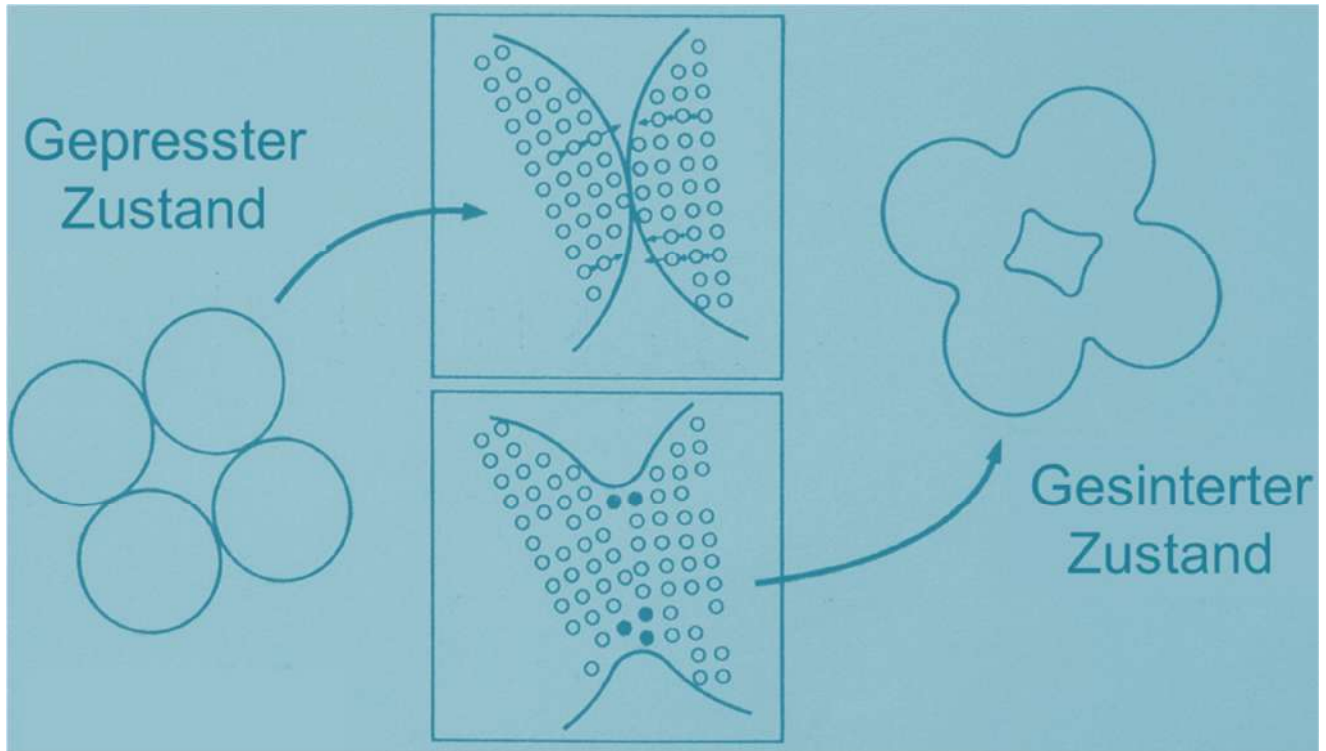
Ziel der Schrumpfen ist Diffusions- oder Adhessionsverbindung zwischen den Pulverteilchen herzustellen, während sich das Material rekristallisiert. Infolge wächst die Dichte, Festigkeit, Verlängerung. Die elektrische und magnetische Eigenschaften lassen sich einstellen, das Volumen der Körper wird kleiner. Die Abrundungsradien (lekerekítési sugár) der Mikrokavitäten wachsen.

Die Kavitätsverminderung ist günstig aber daneben tritt der Kornvergröberung auch auf was nicht vorteilhaft ist, deswegen ist es kritisch die Temperatur und Schrumpfzeit zu synchronisieren. Mit Zusätze kann die Kornvergröberung verzögert eventuell verhindert werden.

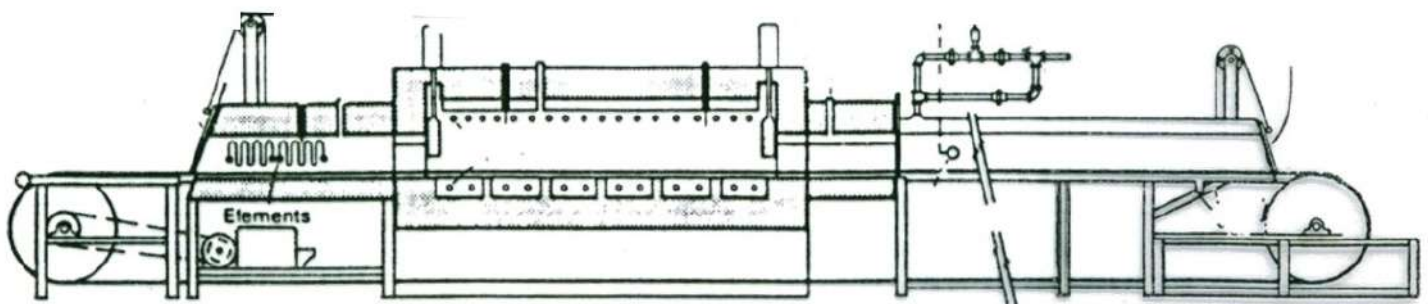
Folie: 97



Folie: 98



Folie: 99



Antrieb

Ausschmelzzone

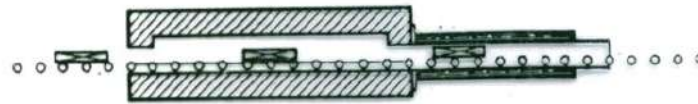
Schrumpfzone

Langsame
Abkühlung

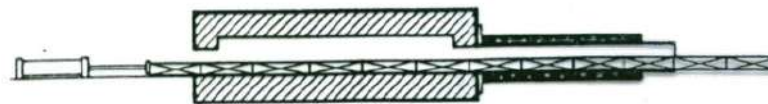
Abkühlung
im Wasser



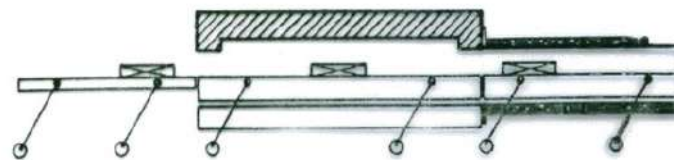
Ofen mit Band



Ofen mit Rollen

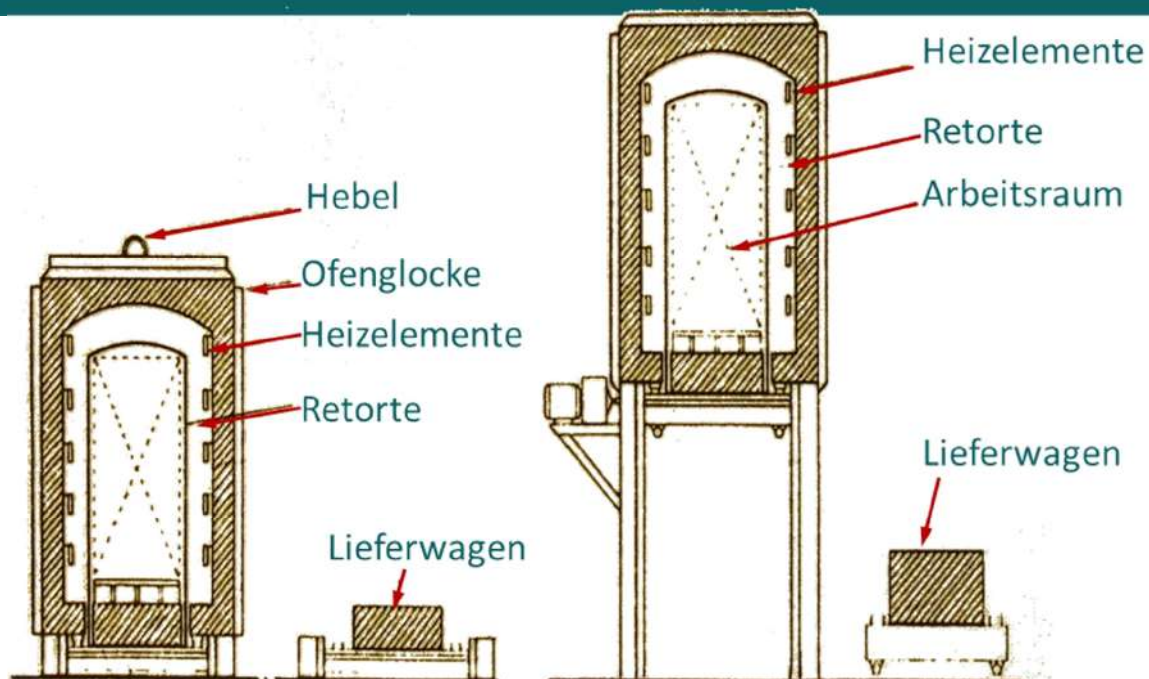


Schiebeofen



Schiebeofen mit Balken

Folie: 101



Glocken Typ Ofen

Hebel Typ Ofen

Zyklisch Arbeitende Öfen: Glocke und Hebeltyp Vakuuomöfen

Schrumpfen in Schutzatmosphäre (H, N, Ar, CO)

Temperatur: 400-3200 °C Zeit: 15-90 Min.

Folie: 102

- Material 15-25 %
- Pressen 20-30 %
- Sintern 20-30%
- Zusatzoperationen 10-20%
- Werkzeugkosten 10-20%

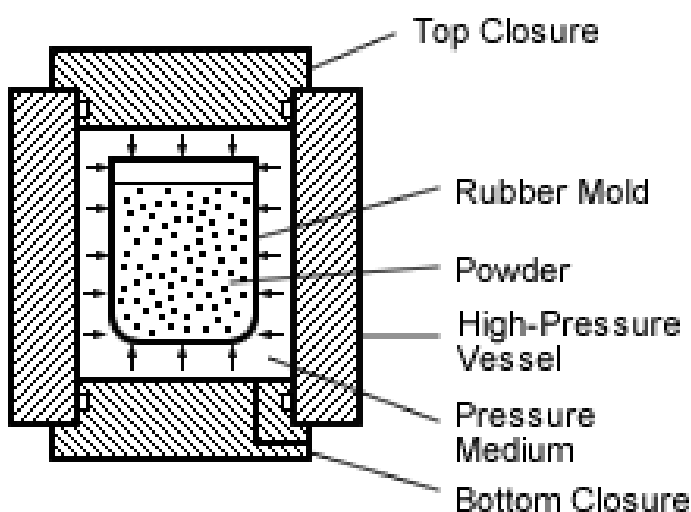
Kritische Stückzahl: ca. 10 000 St.

- Kalibrieren, Prägen (dombornyomás)
- Graten (sorjázás)
- Wärmebehandlung: Vergüten, Nitridieren, Einsatzhärten, Ausscheidungshärten usw.
- Tränken, Sättigen
- Oberflächenvorbereitung (Behandlung mit Dampf, Bemahlen, galvanische Beschichtung usw.)

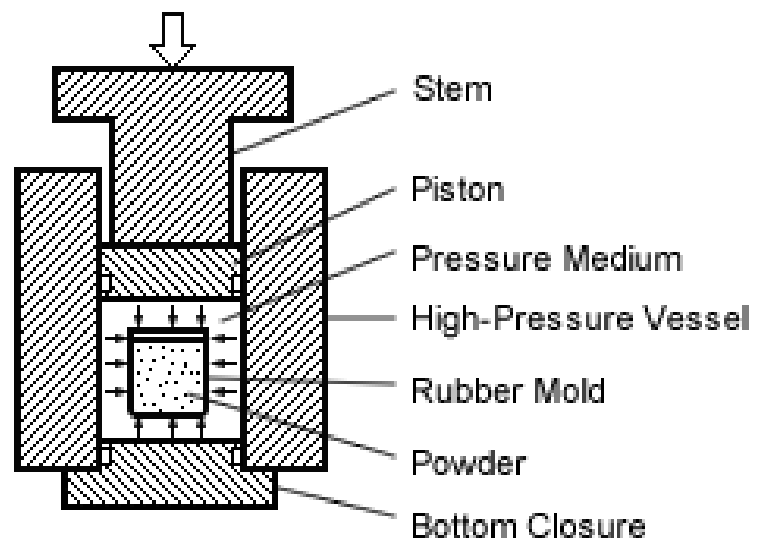
- **Izostatisches Pressen (kalt/warm CIP/HIP)**
- Spritzgiessen (Metalle, Keramiken)
- Schrumpfen unter Druck
- Lasersintern
- Pulverschmieden (1,4x Zeitstandfestigkeit)
- Verwendung von rasch Kristallisierte Pulver
- Mechanisches Legieren
- Nanotechnologien

Folie: 105

Von aussen unter Druck gesetzt

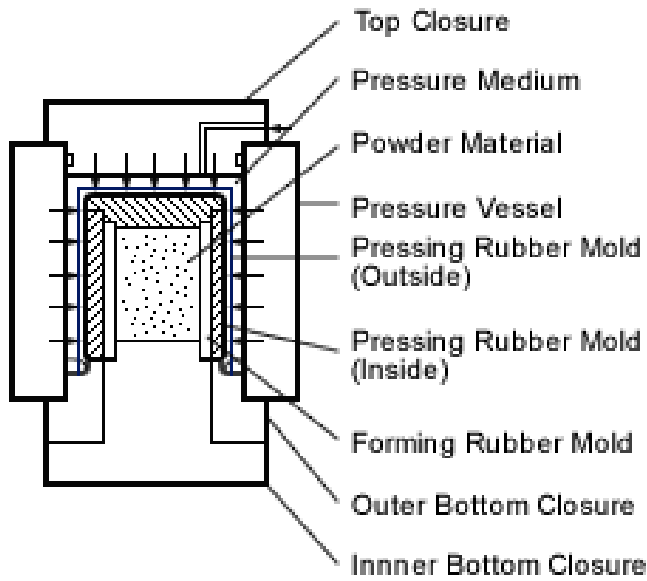


Direkt mit Kolben unter Druck gesetzt

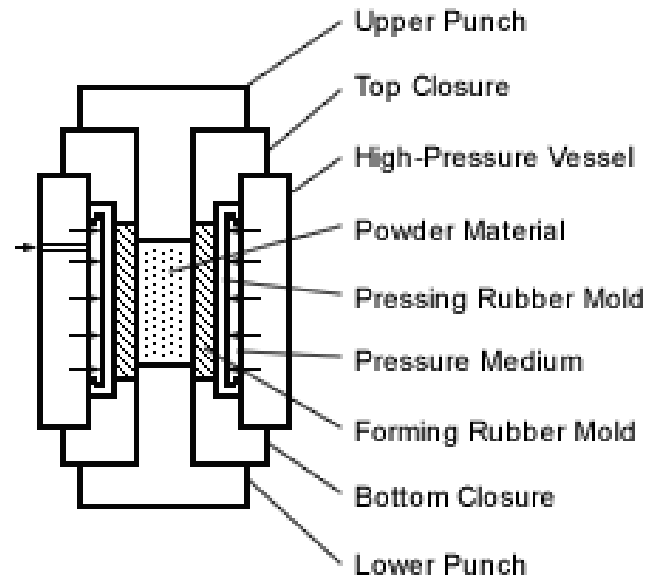


Folie: 106

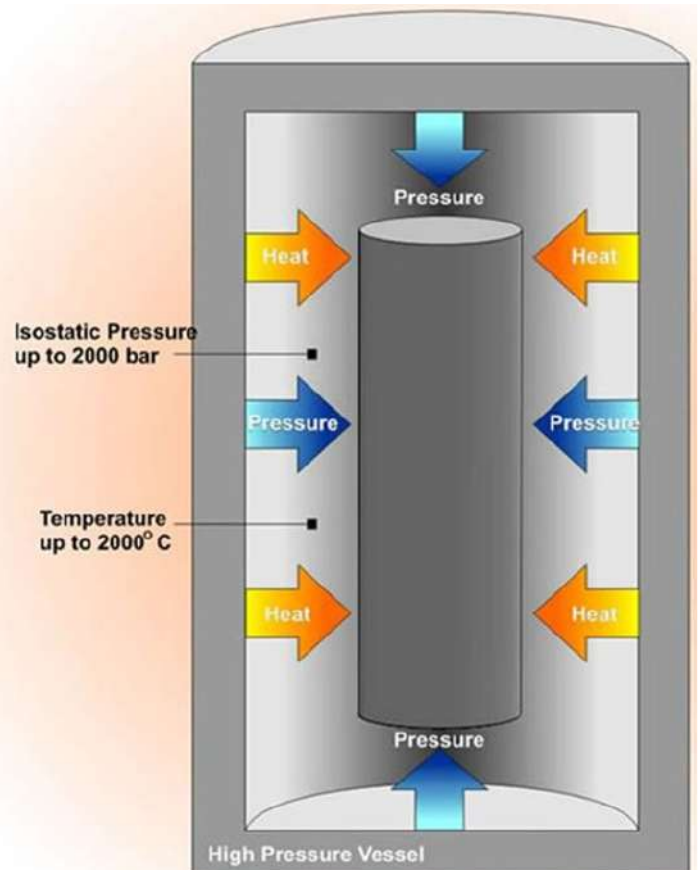
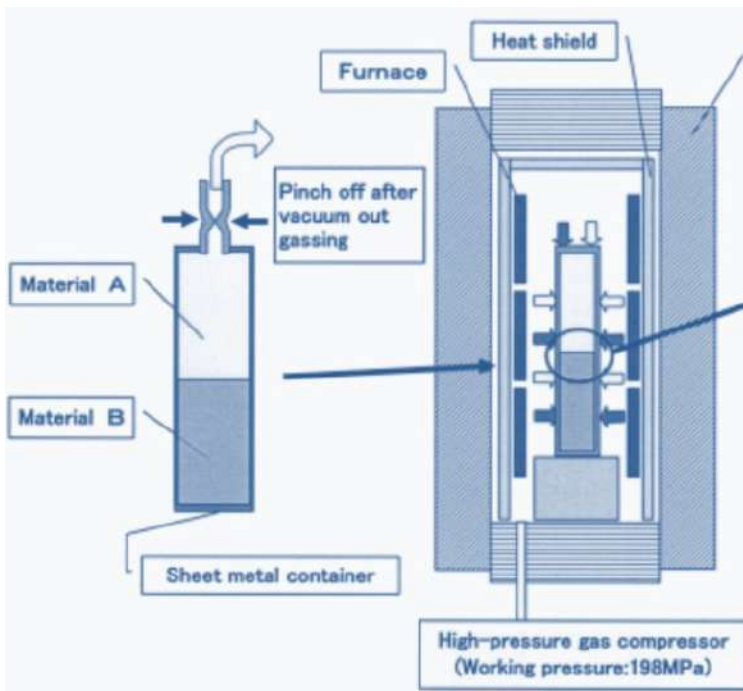
Ringsum und axial unter Druck gesetzt



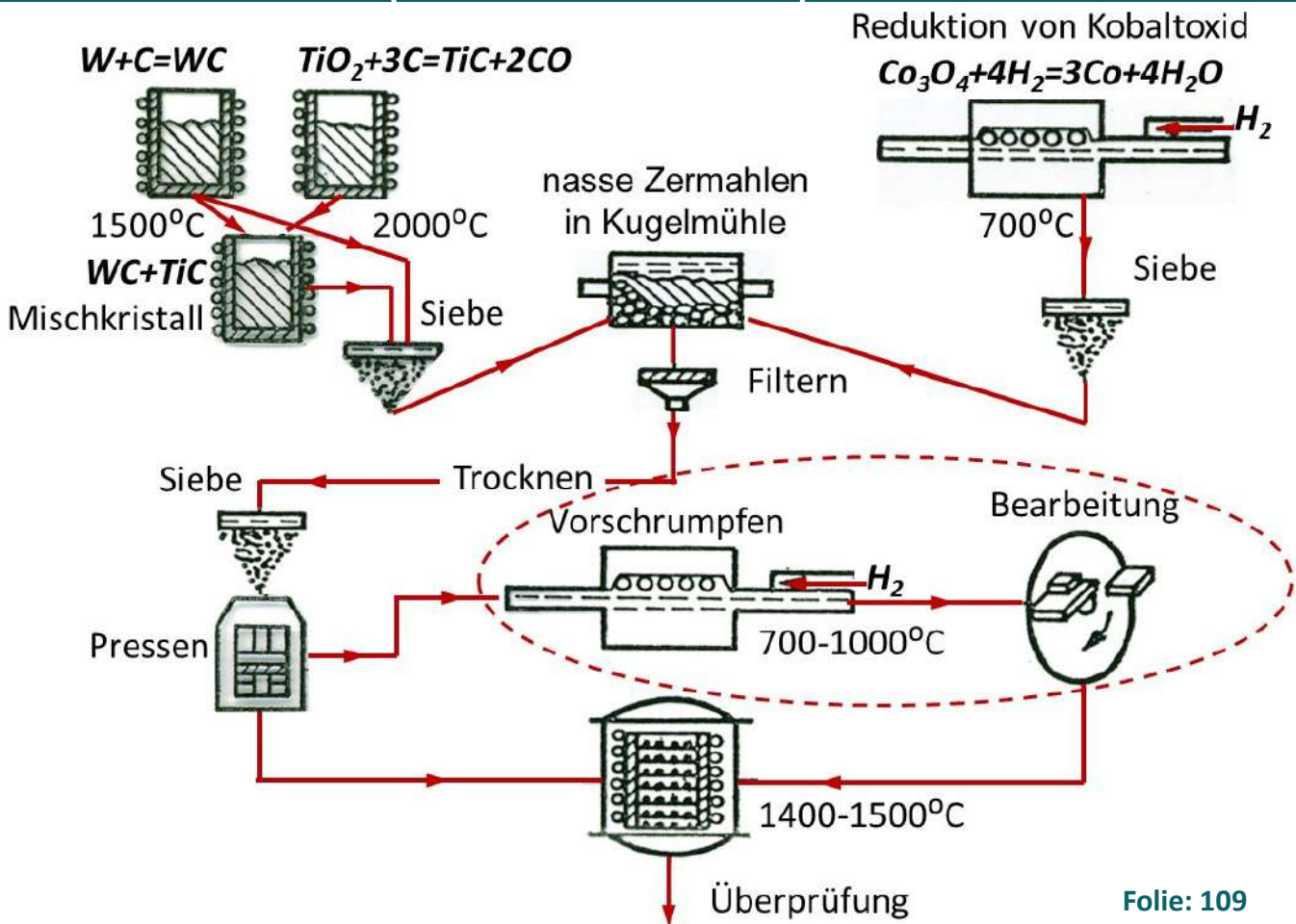
Ringsum unter Druck gesetzt



Folie: 107



Folie: 108



Folie: 109

Allgemeinen Pulvermetallurgisch (selten gegossen SiO₂-Gläser mit Zusatzmittel)

➤ Schlammgiessen

Verfahren mit Giessschlamm

Druckpressgiessen

Spritzgiessen

Zentrifugalgiessen

➤ Pulverpressen

+Schrumpfen (Sintern-Ausbrennen)

- Ziegel 700-900 °C
- Klinker Ziegel 1150-1250 °C
- Fliese, industrielles Bindematerial 900-1300 °C
- Porzellan >1300 °C
- WC-Co 1350-1450 °C
- Al₂O₃, Korund 1400-1900 °C
- Si₃N₄ 1700-1850 °C

Pulvermetallurgie Technologien werden verwendet, wenn:

spezielle Eigenschaften erwünscht sind die mit anderen Technologien nicht erreicht werden können (z.B: Porosität, Homogenität)

Wenn wir Materialien mit hohen Schmelztemperatur verarbeiten möchten ohne zu Schmelzen, mit hohe Reinheit (W, Ta, Keramiken...)

Wegen Wirtschaftlichkeitsgründen: kleine Energiebedarf, kleiner Materialverlust NNS/NS Technologie (bei Bestandteilherstellung)

(selbstverständlich nur wenn die Herstellungsbedingungen erfüllt sind)

Videos: [1](#), [2](#), [3](#), [4](#)



Danke für die Aufmerksamkeit!

