

Interreg



EUROPÄISCHE
UNION

Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



MASCHINENBAU

Formen und Gussteile



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

INHALT

1. Herstellung von Formen und Kernen	3
1.1. Umformen	3
1.1.1. Maschinelle Umformung.....	3
1.1.2. Kolbenloses Formen	4
1.2. Spezielle Methoden der Gussteilherstellung	7
1.3. Gießform - Schwerkraftguss und spezielle Gießverfahren	9
2. Formenspannung beim Gießen	11
2.1. Formkasten	11
2.2. Angusssystem	11
2.3. Gießen.....	12
2.4. Umformen	14
2.5. Umformen mit Profilform und Kern.....	15
3. Verfestigung und Kühlung des Gussteils.....	30
3.1. Gießeigenschaften von Metallen und Legierungen	30
3.2. Gießereiformstoffe und Angusssystem für den Guss	32
3.2.1. Formsand.....	33
3.2.2. Eigenschaften nach der Entnahme aus der Form	34
3.2.3. Kerne:	37
4. Schmelzen	39
4.1. Schmelzen	39
4.2. Grundbegriffe	39
4.3. Metallschmelzen.....	40
5. Eigenschaften von geschmolzenen Metallen und Legierungen	43
5.1. Eigenschaften von geschmolzenen Metallen und Legierungen.....	43
5.2. Technologische Eigenschaften von Metallen und Legierungen	44
6. Metalle und Legierungen in der Gießerei und deren Kennzeichnung.....	45
6.1. Materialien für die Gussproduktion	45
7. Herstellung von Gussteilen.....	47
7.1. Technische Produktionsvorbereitung	47
7.2. Technologischer Prozess der Gussproduktion	48
7.3. Auswahl der Gießposition in der Form	50

7.4. Wahl der Trennebene	50
8. Modellbauausrüstung	51
8.1. Muster.....	52
8.2. Schrumpfen von Gusslegierungen	52
8.3. Bearbeitung und technologische Zulagen.....	52
8.4. Modell- und Gussteilfasen	53
8.5. Kehrmaschinen.....	53
8.6. Kernkästen	54
8.7. Musterkarten	55

I. HERSTELLUNG VON FORMEN UND KERNEN

I.1. Umformen

- Manuelle Umformung
- Maschinelle Umformung

Für die Herstellung einer Einweg-Form werden Formkästen in runder, quadratischer oder rechteckiger Form mit perforierten Wänden und seitlichen Maschen verwendet.

Die manuelle Formgebung verwendet die folgenden Muster:

- planar - quer und längs
- turnusmäßig

Das Muster ist ein Modelliergerät (Holz), dessen Kante durch Blech verstärkt ist, um seine Haltbarkeit zu erhöhen. Sie besteht aus einer Platte und dient als Modell für die Herstellung von großformatigen regulären Gussteilen.

- **Vorteile:** geringer Materialbedarf, wenig Produktionsabfall
- **Nachteil:** anstrengende Arbeit

Beim Handformen unterscheiden wir zwischen einer Split-Musterbildung und einer festen Musterbildung.

I.1.1. Maschinelle Umformung

wird immer ein Split-Muster mit Bodenbrett verwendet. Im Gegensatz zur Bodenplatte hat die Modellplatte Stifte, die zur Befestigung des Kolbens verwendet werden, was eine 100%ige Reproduzierbarkeit der Position des Gießhohlraums zum Kolben gewährleistet. Jedes Teil der Form wird einzeln hergestellt.

- **Formpressen** - das Problem ist, dass die Mischung um das Modell herum nicht gleichmäßig verstärkt ist. Die kleinste Bewehrung befindet sich an der Stelle der höchsten Säule. Aus diesem Grund wird Pressspan verwendet.

- **Ruckformen** - das Formmaterial wird um den unteren Teil des Modells herum fixiert. Die Festigkeit wird durch die kinetische Energie der Säule des Formmaterials bestimmt, während die Hubhöhe 10-100 mm und die Anzahl der Hübe pro 1 min 120-150 beträgt.
- **Schleuderform** - wird für die Herstellung großer Produkte eingesetzt.
- **Blasformen** - für die Kernherstellung - Kernkasten wird durch stufenweise Einstellung der Kernmischung gefüllt (nicht häufig verwendet).
- **Spritzguss** - auch für die Kernherstellung geeignet - Kernmischung wird in Sekundenschnelle in die Kernkiste verlagert.

1.1.2. Kolbenloses Formen

Einspritzen und Pressen

Es ist möglich, bis zu 300 Formen pro Stunde herzustellen - Bild 1.1.

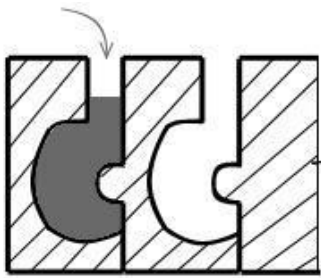


Abbildung 1.1 Kolbenloses Formen

Herstellung von Schalenformen für ein Metallmuster

Das Metallmuster wird vorgewärmt und mit Silikonöl besprüht. Dann wird es in den Behälter gestellt, umgedreht (2 mal), der Mantel wird in den Ofen gestellt (ca. 450 °C), dann wird ein weiterer hergestellt und geformt - Bild 1.2.

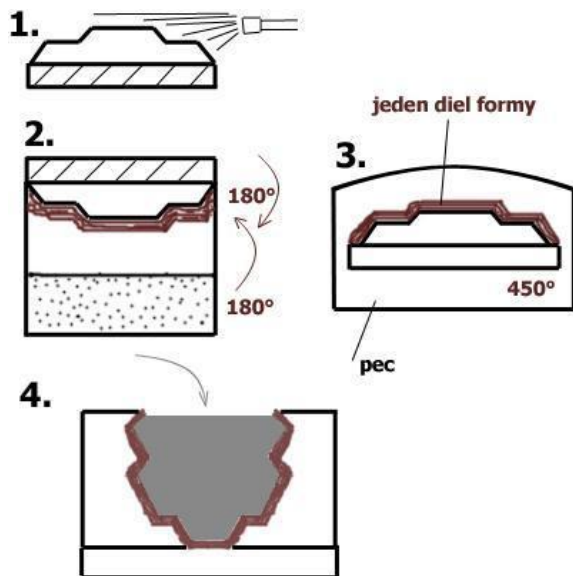


Abbildung 1.2 Schalenformen für das Metallmodell

Herstellung von Schalen für den Wachsaußschmelzmodellguss

Das Modell des Wachsbaums wird in ein flüssiges Bindemittel eingetaucht und anschließend mit kieselsäurerauem Sand bestreut. Dies wird wiederholt, bis eine Hülle mit ausreichender Dicke entsteht. Der Baum wird umgekehrt in heißes Wasser getaucht, das Wachs schmilzt und läuft aus, die Schale wird glühend heiß. Dieses Verfahren wird zur Herstellung von sehr präzisen Produkten eingesetzt.

Herstellung von Schalen für den Brennmusterguss

Es handelt sich um ein Polystyrol-Muster - Polystyrol wird bei einer Temperatur von 100 °C verbrannt und erzeugt $H_2O + CO_2$, bindet kieselerdehaltigen Sand und bildet so eine dünne Hülle. Abbildung 1.3.

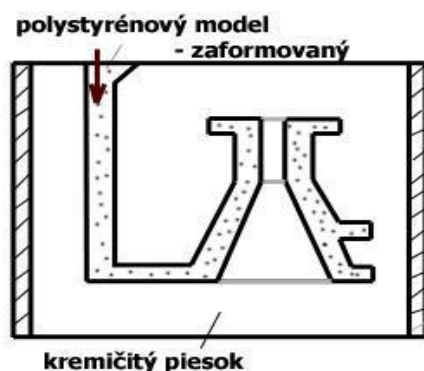


Abbildung 1.3 Schalenform mit gebranntem Muster

Legende: polystyrénový Modell Polystyrol-Muster, zaformovaný - geformt, křemičitý piesok - kieselerdehaltiger Sand

Kernhärtung

- in heißen Kernkästen - HOT-BOX - kieselerdehaltiger Sand + Bindemittel (Bitumen)
- metallischer Kernkasten - Bild 1.4.

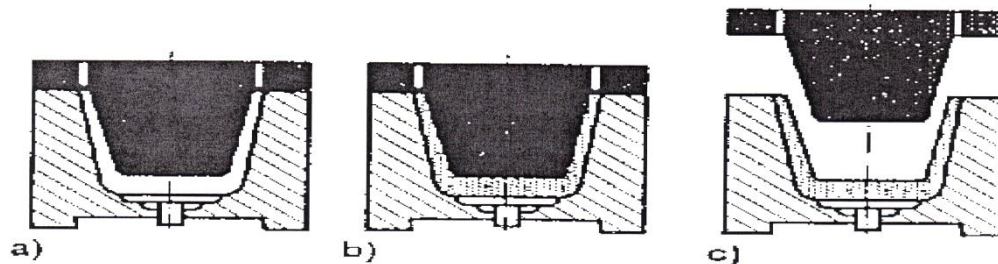


Abbildung 1.4 Herstellung des Hohlkerns im Hot-Box-Verfahren
beheizter Kernkasten; b) Aushärten der Formmasse durch Wärme des Kerns;
Demontage des Kernkastens und Demontage des Kerns

in Cold Core Boxen - COLD-BOX - chemische Reaktionen - Gashärter - Abbildung 1. 5.

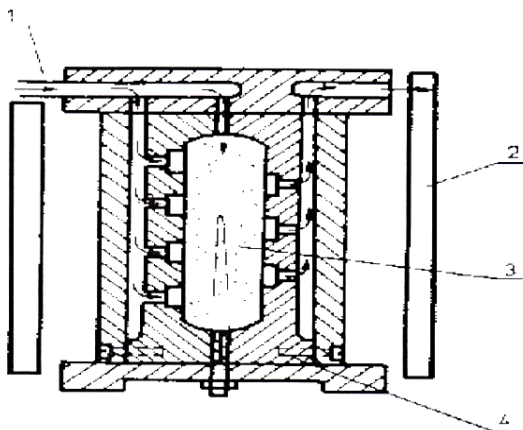
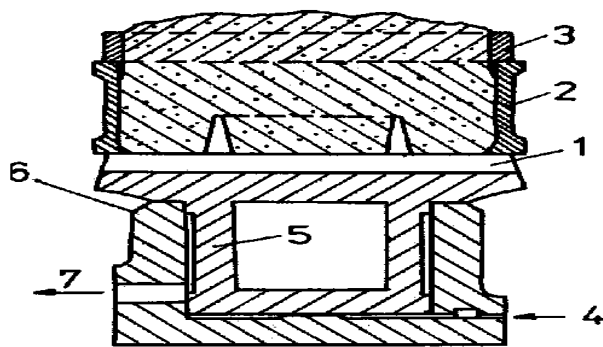
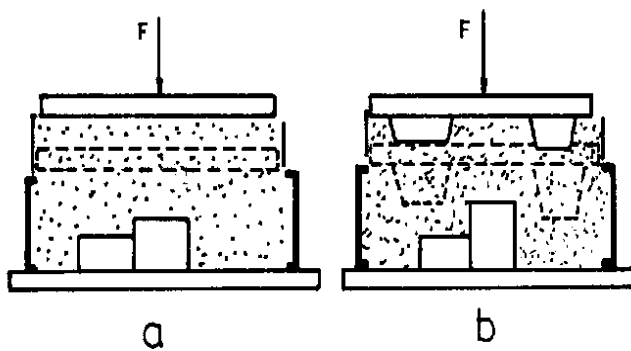


Abbildung 1.5 Kernkasten für Cold - Box Methode
1 - gasförmiger Katalysatoreinlass; 2 - Extraktion; 3 - Kern ; 4 - Kernkasten

1.2. Spezielle Methoden der Gussteilherstellung



Rüttelformung - Abbildung 1.6



Formpressen - Bild 1.7

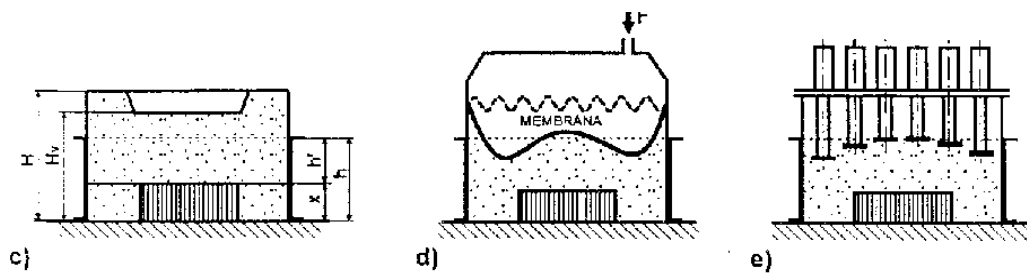


Abbildung 1.7 Formpressen

Schleuderform - Bild 1.8

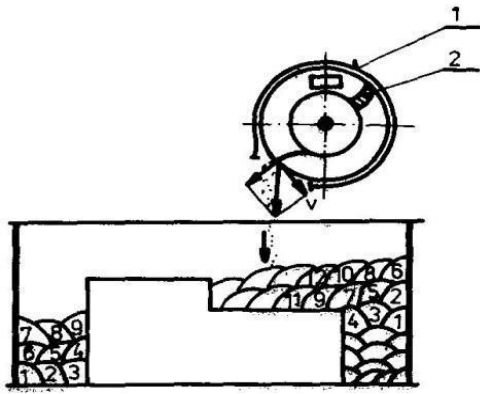


Abbildung 1.8 Schleuderformgebung

Vakuumformung - Bild 1.9

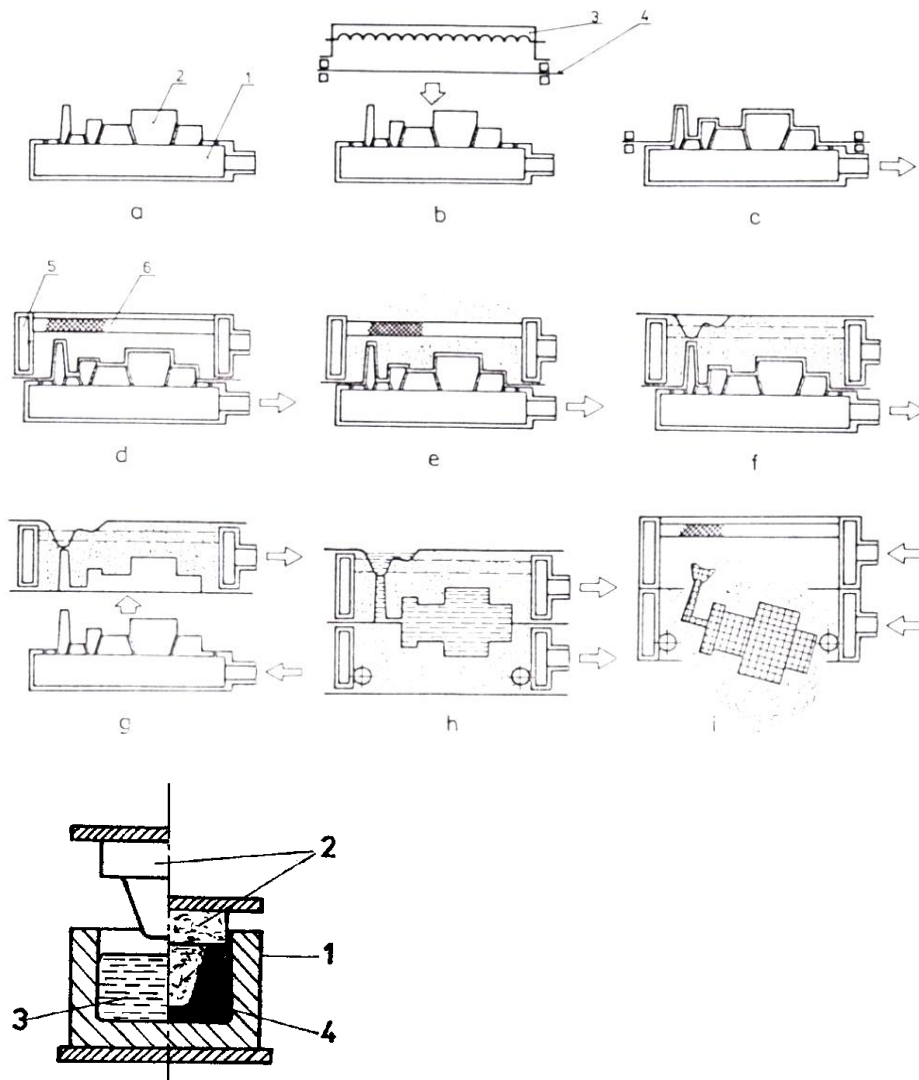


Abbildung 1.10. Gieß- und Kompressionsverfahren

Form, 2 Presskolben, 3 gepresstes Flüssigmetall, 4 Gussteile

Herstellung von Gussteilen durch Extrusion von Schmelze aus der Form - Bild 1.11

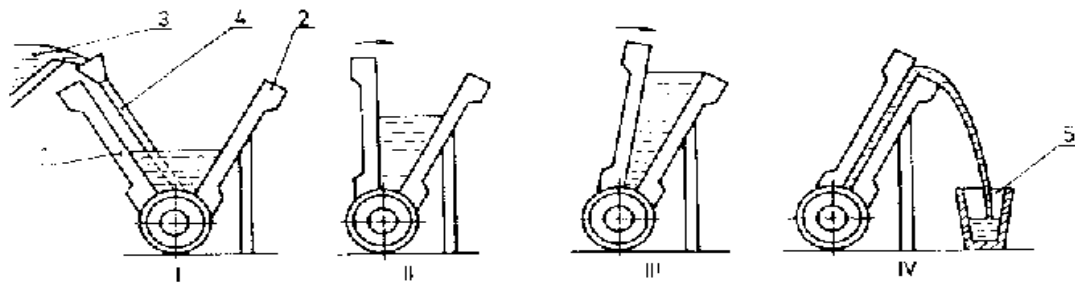


Abbildung 1.11 Herstellung von Gussteilen durch Extrusion von Schmelze aus der Form

1,2- bewegliche Teile der Form, 3- Gießpfanne, 4- Kufe, 5- Pfanne

I- Füllen der Form mit Metall, II- Formen von Gussteilen mit Stempel, III- Auswurf des Gussteils aus der Form, IV- Stifzguss

1.3. Gießform - Schwerkraftguss und spezielle Gießverfahren

Der Schwerkraftguss wird in der Regel nach zwei Verfahren durchgeführt:

- Prinzip des Schwerkraftgießens in eine Einwegsandform,
- Prinzip des Schwerkraftgießens in eine permanente Metallform.

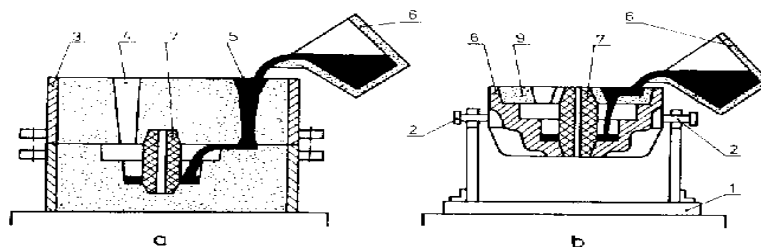


Abbildung 1.12 Schwerkraftguss mit Kippfanne

Grundplatte, 2 Drehgelenke, 3-Kolben, 4-Zuführung, 5 Kufen, 6 Pfannen, 7- Kerne, 8- Metallformen, 9- Kerne

a) Gießen in Einwegsandform, b) Gießen in permanenter kombinierter Metallform

Schleuderguss - Bild 1.13, Bild 1.14

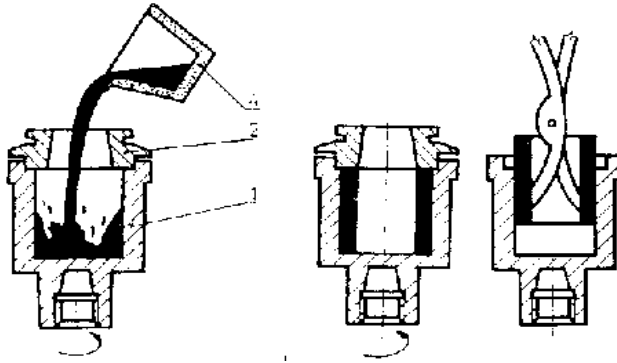


Bild 1.13 Schleuderguss mit vertikaler Drehachse
1- Metallform, 2- Deckel, 4- Schöpfkelle

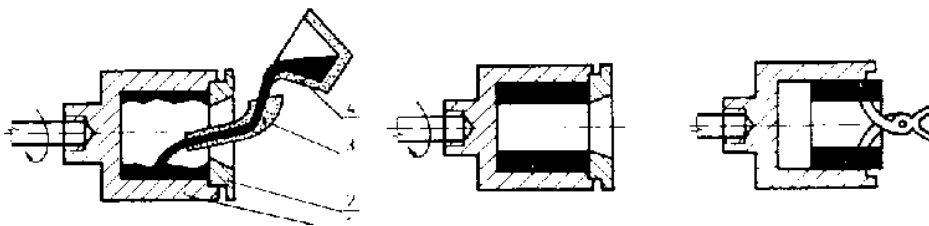


Bild 1.14 Schleuderguss mit horizontaler Drehachse

1- Metallform, 2- Deckel, 4- Schöpfkelle, Strangguss - Bild 1.15

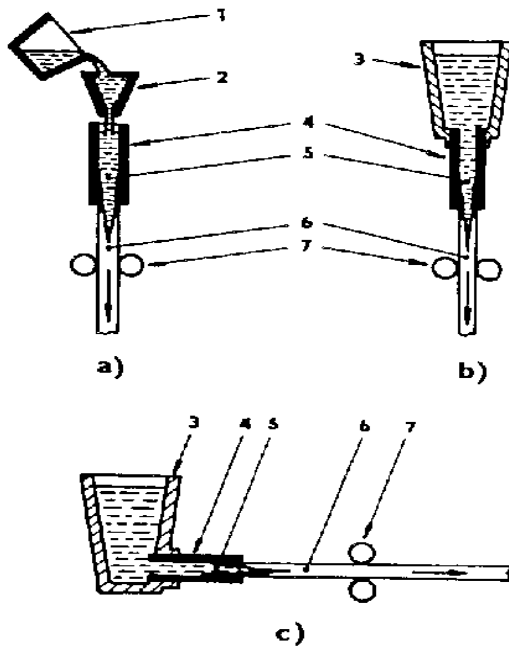


Abbildung 1.15 Strangguss
Pfanne, 2 Trichter, 3 Schmelztiegel, 4 Formen, 5 Flüssigmetall, 6 verfestigte Materialien, 7- Ziehzyylinder vertikales offenes System
b- vertikal geschlossenes System,
c- horizontal geschlossenes System

2. FORMENSPANNUNG BEIM GIEßEN

2.1. Formkasten

Die Wahl des Formkastens hängt von der Platzierung des Musters in der Form ab, während der gerichtete Abstand des Musters vom Formkasten eingehalten wird, wie in Abbildung 2.1 dargestellt.

Formkasten: ist ein massiver und kompakter Formdeckel, der seine Handhabung ermöglicht. Es kann von unterschiedlicher Form sein (meist rechteckiger oder quadratischer Querschnitt). An den Rahmen befinden sich Rahmen mit Löchern für Falzformen mit Klappsteckern, die eine genaue und konstante Position der Formteile nach dem Aus- und Einbau gewährleisten.

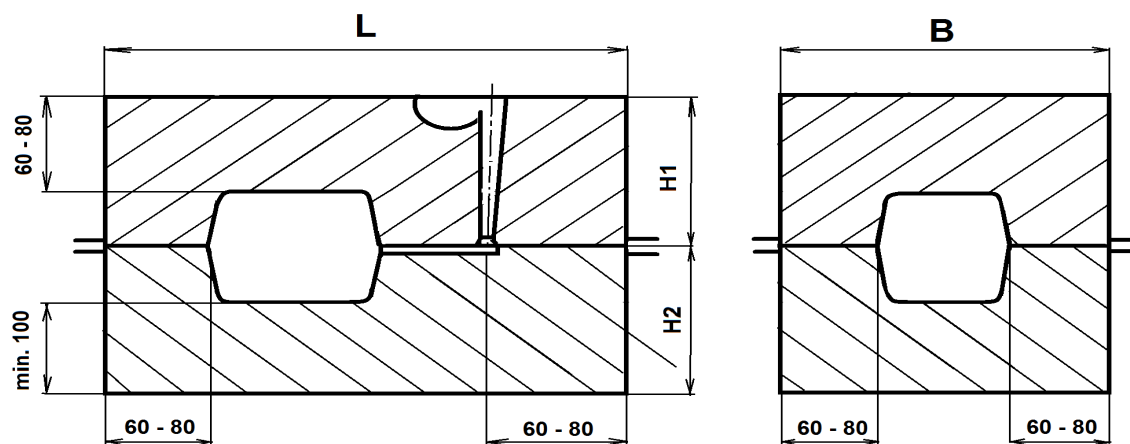


Abb. 2.1 Abstand zwischen Modell und Formkasten

2.2. Angusssystem

Das Angusssystem ist ein System von Angüssen, die verwendet werden, um die Form mit geschmolzenem Metall zu füllen (Abb. 2.2). Im Angusssystem darf das geschmolzene Metall nicht zu stark gekühlt werden, damit es die Form zuverlässig füllen kann; es darf nicht vergast, geschäumt usw. werden. Das geschmolzene Metall darf auch die Formwände nicht beschädigen. Das Angusssystem muss so viele Verunreinigungen wie möglich aufnehmen. Die Schmelzmetallverteilung sollte eine geführte Erstarrung ermöglichen und ein Schwinden verhindern.

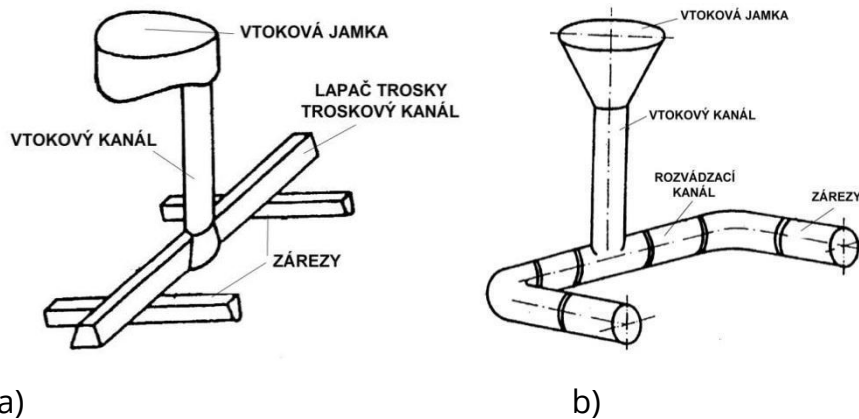


Abb. 2.2 Angusssystem
a) für Gusseisen b) für Stahlguss

Grundkomponenten des Anschnittsystems:

- **Gießbecken** - es dient zur Aufnahme des Metallflusses aus der Gießpfanne und seiner Weiterleitung an den Läufer,
- **Läufer** - dient zur Zuführung von geschmolzenem Metall aus dem Gießbecken in den Verteilerkanal,
- **Vertriebskanal** - liefert geschmolzenes Metall vom Läufer zum Tor und fängt Schlacke und Schmutz ab,
- **Angüsse** - verbinden den Verteilerkanal und den Formhohlraum,
- **Überlauftrichter** - leitet die beim Gießen entstehenden Gase und Dämpfe ab.

2.3. Gießen

Berechnung der Metallverwertung

Es ist notwendig, den Grad der Metallverwertung zu bestimmen, der sich aus dem Verhältnis des Gewichts des Bruttogewichts des Gusses zum Gewicht des Rohgusses ergibt. Das Bruttogewicht des Gusses ist das Gewicht des Gussteils, das von zusätzlichen Gießzusätzen gereinigt wird.

Das Rohgussgewicht ist das Gewicht des in der Form verfestigten Reinmetalls.

Gießverfahren

Geschmolzenes Metall wird aus einer Pfanne in die Form gegossen, die per Kran oder Katze zur Form transportiert wird. Für den Grauguss wird eine klappbare Pfanne und für den Stahlguss eine untere Ablaufpfanne verwendet.

Für einen qualitativ hochwertigen Guss ist die Gießgeschwindigkeit sehr wichtig. Die Temperatur des Metallgusses sollte so hoch sein, dass das Metall die Form auch bei dünnsten Wänden perfekt füllt. Die Gießtemperatur beeinflusst die Qualität des Gussteils. Die Gießgeschwindigkeit muss so hoch sein, dass der Einlass während des Gießens mit dem geschmolzenen Metall gefüllt und nach dem Gießen bis an die Kante gefüllt wird. Auf diese Weise schwimmen die Verunreinigungen, Schlämme und gewaschener Sand auf der geschmolzenen Metalloberfläche und erscheinen nicht in der Form. Es ist auch wichtig, den Gießprozess nicht zu unterbrechen, da sonst das gleiche Risiko besteht; außerdem wird die geschmolzene Metalloberfläche sofort mit einer Oxidschicht bedeckt, die eine perfekte Verbindung des Metalls unmöglich macht.

Gießwerkzeuge

- Formstampfer - Basiswerkzeug für die manuelle Umformung. Manuelle Stampfer können aus Holz oder Metall sein.
- Kellen - werden zur Behandlung und Glättung der Formfläche nach dem Entformen verwendet (Abb. 2.6).

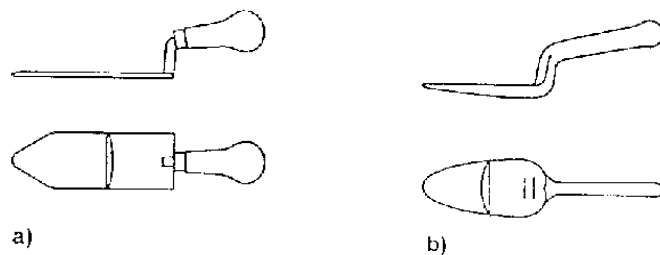


Abb. 2.6 Glättkelle

a) flach b) Löffel

Lanzetten - sie werden zur Herstellung von Toren, Fossilien oder zur Korrektur von Formfehlern verwendet. Sie sind in verschiedenen Formen und Größen erhältlich (Abb. 2.7).

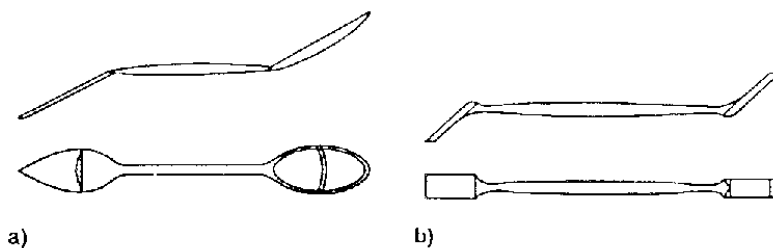


Abb. 2.7 Lanzetten

a) Löffel b) flach

2.4. Umformen

Bestimmung der Formsandmenge für die Formgebung

Der Nettosandverbrauch ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Volumen aller zur Bildung verwendeten Rahmen und dem Volumen des Musters. Es ist auch notwendig, das Volumen des Kerns hinzuzufügen. Um die Masse der Formmassen zu berechnen, beträgt das spezifische Gewicht von Sand 1,7.103 kg/m³.

Zusammensetzung der Formmasse für kleinere Gussteile:

- Grauguss
 - Sand verwendet 75 - 90 %,
 - Reiner Sand 22 - 8 %,
 - Kohle 3 - 2 %,

Kernkomponenten:

Grauguss

- Neusand 98 - 99 %,
- Sulfitlauge 1 - 3 %,

Für besonders dünnwandige Kerne wird 1,5% Leinöl verwendet.
Berechnung der Kräfte, die auf den Formaufbau während des Gießens wirken.

Während des Gießens wird der Formmantel durch eine beträchtliche Kraft angehoben, die sich aus dem Kernhub und dem Druck des geschmolzenen Metalls auf den Oberteil der Form ergibt. Beim Gießen kleinerer Gussteile genügt es, die Rahmen aneinander zu befestigen und so eine Einheit zu bilden. Bei größeren Gussteilen ist es notwendig, ein speziell für diesen Zweck entwickeltes Gewicht mit Laschen für den Kran zu verwenden.

Bestimmung der Position und des Volumens von Steigtor und Kühlern

Durch das Schrumpfen entsteht eine Schrumpfung, die das Gussteil abbaut. Daher wird das Gussteil durch eine Zuführung erhöht, die nach der Verfestigung entfernt wird. Speiser werden am häufigsten für Stahlgussteile eingesetzt (Stahl hat die größte Schrumpfung). Die Bestimmung des Volumens der Zuführung (der am besten geeignete Querschnitt ist kreisförmig) basiert auf dem Volumen der Schrumpfung, das etwa 3,8 % des Ausgangsvolumens beträgt. Die Zuführung muss so bemessen sein, dass die Schrumpfung in sie passt. Aus diesem Grund ist das Verhältnis von Ziehvolumen zu Zuführvolumen 1:5, während die Höhe des Zuführers gleich ist:

$$h = (1,5 \div 2) \cdot d \quad [\text{mm}]$$

wobei: d - Durchmesser des Zuführers in mm.

Wenn es nicht möglich ist, den Speiser zu platzieren, werden Kühler eingesetzt, die das Metall schneller abkühlen lassen und so den Schwund verhindern.

2.5. Umformen mit Profilform und Kern

Fig. 2.8 zeigt ein Zahnrad (1), das durch Gießen hergestellt wurde. Es ist ein Gehäuse mit einer Innenbohrung, die mittels Kern hergestellt wird. In diesem Fall wird die Profilform zur Herstellung der Bohrung (2) verwendet - ein Muster, das aus zwei miteinander verbundenen Teilen besteht, die mit Hilfe von Verbindungsbolzen zentriert sind. Es gibt zusätzliche Teile - Drucke (3) auf beiden Teilen des Musters, die Betten für die Platzierung des Kerns schaffen - der Kern wird mittels konischer Stifte in die Form gelegt. Der Kern wird mittels Kernkasten (4) hergestellt. Das Holzmuster (5) ist identisch mit dem Muster des Whistler-Kanals. Es gibt zusätzliche Teile - Drucke (3) auf beiden Teilen des Musters, die Betten für die Platzierung des Kerns schaffen - der Kern wird mittels konischer Stifte in die Form gelegt. Der Kern wird mittels Kernkasten (4) hergestellt. Das Holzmuster (5) ist identisch mit dem Muster des Whistler-Kanals.

Für dieses Formverfahren ist es typisch, dass das Gießmodell sowohl im oberen als auch im unteren Teil der Form einen Hohlraum erzeugt.

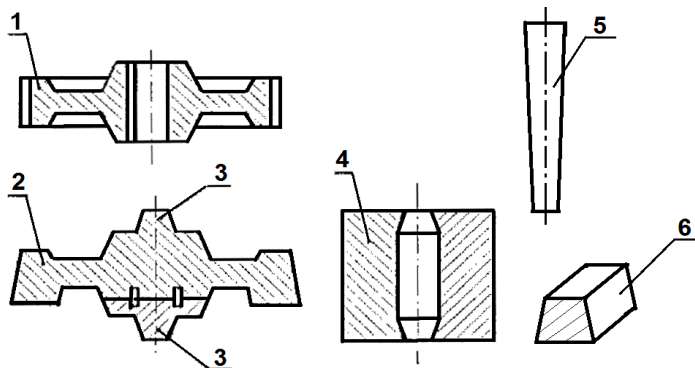


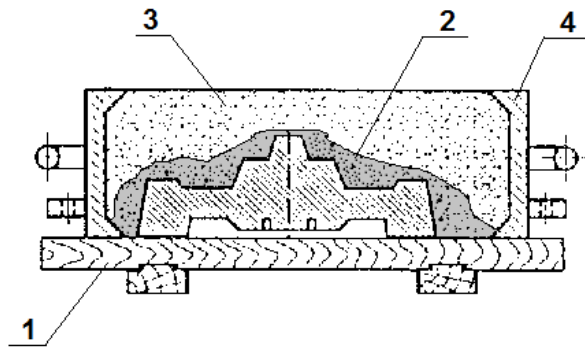
Abb. 2.8 Produkt mit Angusssystem

1 - Komponente (Zahnrad), 2 - Schnittmuster, 3 - Druck, 4 - Kernkasten, 5 - Kufenbetrieb, 6 - Schlackenform

Formen des Formwiderstandes

Ein unterer Formkasten (4) wird auf die gereinigte Modellplatte (1) und die untere Gießform (Fig. 2.9) entsprechend in den Raum gestellt. Um das Muster aus der Form entfernen zu können, wird es mit einem Pulver bestäubt, das ein Verkleben mit dem Muster verhindert. Eine Schicht gelöster Formmasse mit einer Rauigkeit von ca. 2 - 3 cm wird mit einem

Sieb abgeseibt. Der Formkasten ist mit der Formmasse (3) gefüllt (nicht wieder gesiebt). Die Formmasse wird mit einem Handstamper von der Außenkante zur Mitte verdichtet. Dann werden weitere Schichten der Formmasse zugegeben, bis der Formkasten bis zur Oberkante gefüllt ist. Abschließend wird das überschüssige Gemisch mit einem Stahllineal abgeschnitten. Dadurch entsteht eine Oberfläche, auf der der Widerstand der Form nach der Drehung liegt.



1 - Modellplatte, 2 - Modelliermasse, 3 - Formmasse, 4 - Formkasten,

Drehen des Formwiderstandes um 180°.

Nach dem Bilden des Formwiderstandes wird der Formkasten zusammen mit einer Matte (damit das Muster nicht aus der Form fällt) um 180° gedreht und auf eine andere Matte gelegt.

Formen des Oberteils der Form (Abb. 2.10)

Der Oberkasten (2) wird auf den unteren Formkasten (1) gelegt (um 180° gedreht) (2) mittels Stiften (4), die in die Löcher in den Wurzeln des Formkastens eingesetzt werden. Die Stifte gewährleisten die gegenseitige Position des Oberteils und des Widerstandes, was nach der Demontage und Montage der Form wichtig ist.

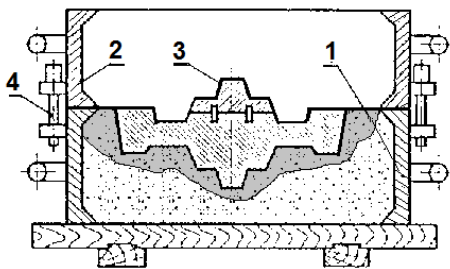


Abb. 2.10 bildet den Oberteil des Modells und des Formkastens.

1 - unterer Formkasten, 2 - Oberkasten, 3 - oberer Teil des Modells, 4 - Pins

Der obere Teil des Musters ist auf dem unteren Teil des Musters (3) platziert (Abb. 2.11), zusammen mit den Mustern des Anschnittsystems, so dass sie nicht in der Nähe der Wände und der Trennwände des Rahmens liegen. Der Oberteil der Form wird wie der Luftwiderstand der Form behandelt und entlüftet. Um den Ausläufer herum wird das Gießbecken in die gewünschte Form geschnitten. Wenn das Gießbecken anhand des Musters hergestellt wird, lösen wir es durch Schütteln und ziehen es aus der Form, einschließlich der Muster von Läufer und Pfeifer.

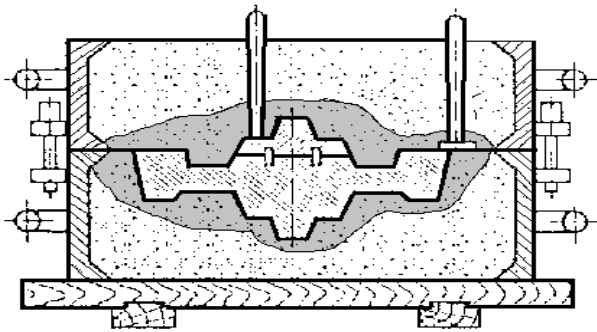


Abb. 2.11 Formen des Oberteils der Form

Demontage der Form und Herausziehen des Modells

Mit einem Holzhammer klopfen wir auf die Ecken des Oberkastens, so dass die Kontaktfläche zwischen Oberteil und Luftwiderstand sowie zwischen Modell und Formmasse freigegeben wird. Die Stifte sind gelöst, aber nicht herausgezogen. Zuerst wird der Oberkasten mit den gelösten Bolzen angehoben, dann werden die Bolzen herausgezogen. Der Oberteil der Form wird um 180° gedreht und auf eine Holzmatte gelegt. Mit einer Gießereibürste befeuchten wir den Rand der Formmasse um die Form herum, damit das Wasser nicht das Muster erreicht. Das Modell des Gussteils sowie das Modell des Verteilerkanals werden durch Schütteln gelöst und mittels Haken, einem Stab in Form einer quadratischen Pyramide oder durch Verschrauben der Hebezeuge herausgezogen. Die Schnitte liegen im Luftwiderstand der Form, wenn sie nicht mit Hilfe von Mustern gemacht wurden. Mögliche Fehler werden manuell behoben und die Reste der Formmasse ausgeblasen.

Zusammenbau der Form und Vorbereitung zum Gießen

Nach dem Entfernen der einzelnen Teile des Musters wird der Kern (hergestellt mittels Kernkasten) in die Form eingesetzt. Der Kern (1) wird in den Luftwiderstand der Form gelegt - der Kernstift muss in das Bett passen, das durch den Druck auf dem Muster entsteht. Der obere Teil wird auf den unteren Teil gelegt, und ihre gegenseitige Position wird durch Stifte sichergestellt. Die Form wird auf das Gießfeld gelegt (Abb. 2.12). Der Oberteil der Form wird mit einem Gewicht belastet, um zu verhindern, dass er während des Gießens durch die Auftriebskräfte angehoben wird.

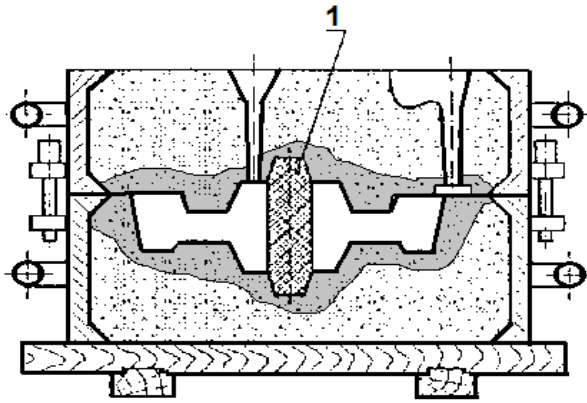


Abb. 2.12 zusammengesetzte Form mit einem Kern
1 - Sandkern

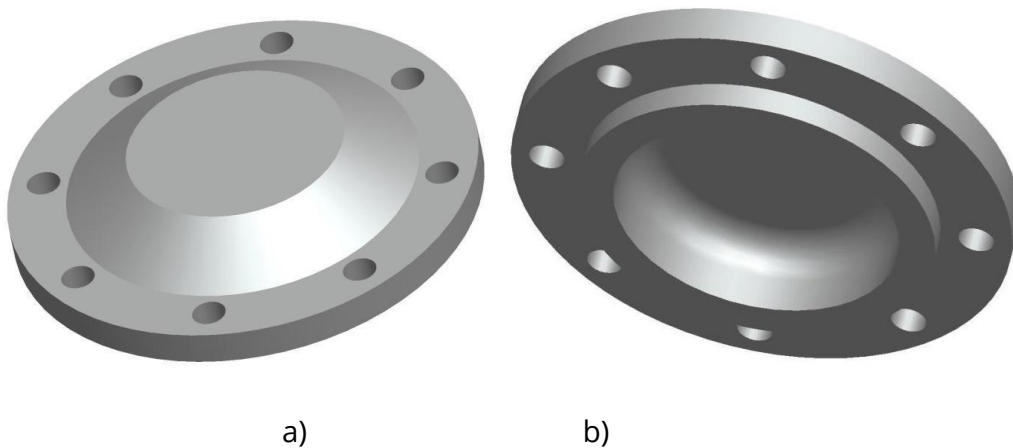


Abb. 2.13 Durch Gießen hergestelltes Bauteil in der Axonometrie

Design von Mustergeräten

a) Auswahl des Materials des Musters:

Aufgrund der Einzelanfertigung ist ein geeignetes Material für die Herstellung des Musters Holz. Gemäß STN 04 2008 wird für die Gussteile aus Grauguss ein gespaltenes Holzmuster verwendet, dessen Oberfläche rot ist.

Da 8 Löcher der $\varnothing 10\text{mm}$ auf dem Deckel nicht vorgefertigt werden, ist es nicht notwendig, sie bei der Konstruktion zu berücksichtigen (Abb. 2.15).

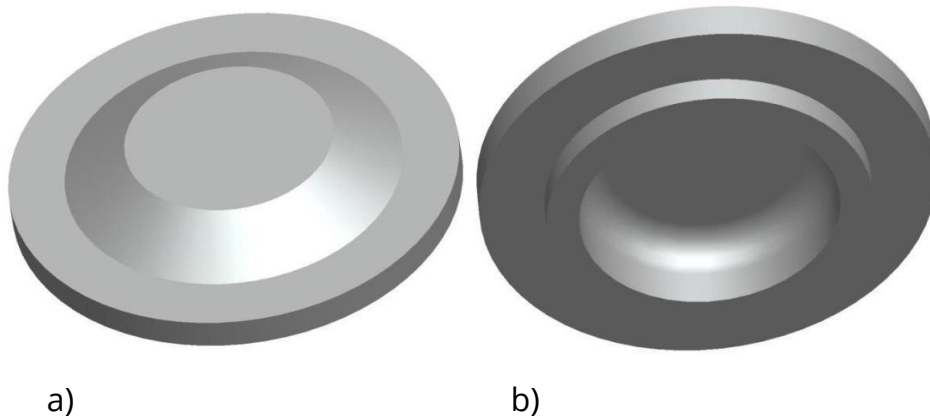


Abb. 2.15 Das Bauteil ohne vorgefertigte Löcher in der Axonometrie

b) Auswahl der Trennfläche:

Die Trennfläche ist durch eine durchgezogene grüne Linie gekennzeichnet, die durch Kreuze und die Umformrichtung abgeschlossen ist. Für das Bauteil befindet sich die Trennebene am breitesten Punkt des Bauteils (Abb. 2.16).

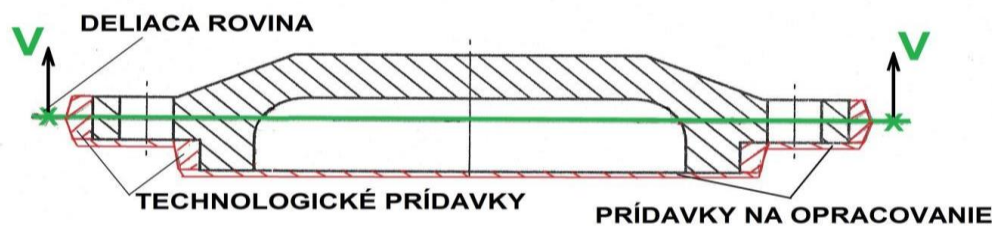


Abb. 2.16 Komponente mit Trennebene und Zugaben

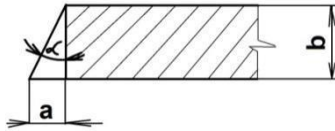
Legende: *deliaca rovina* - Trennfläche, *technologické prídavky* - technologische Zulagen, *přídavky na opracovanie* - Bearbeitungszulagen

c) Wahl der Bearbeitungszugabe

Die Bearbeitungszugaben sind in den Zeichnungen rot markiert. Die Zugabe erfolgt auf den Oberflächen mit festgelegter Rauigkeit, die durch das Gießen nicht erreicht werden kann. Diese Zusätze werden mit Hilfe der Schlacke aus dem Guss entfernt.

d) Entwurf von technologischen Fasen

Um das Entfernen des Musters aus der Form zu erleichtern, ist es notwendig, technologische Fasen vom Typ C gemäß STN 04 2021 (Abb. 2.17) zu verwenden.



$$\alpha = 1^{\circ} 30'$$

Abb. 2.17 Technologische Fase - Typ C

e) Entscheidung über die Notwendigkeit des Vorgießens von Löchern

Für das Bauteil in Fig. 1.16 ist es notwendig, ein Loch vorzugießen, da es sich um eine einmalige Produktion handelt und die Bedingung von $d > 50 \text{ mm}$ erfüllt ist.
Für den Graustich gilt das auch:

$$SL: d < 0,3 \cdot h + 10 \text{ [mm]} (2,3)$$

wobei: d - Lochdurchmesser,

h - Höhe der Bohrung,

Löcher für Schrauben (Abb. 2.14):

$$10 < 0,3 \cdot 10 + 10$$

$10 < 13 \Rightarrow$ es entsteht, dass die Löcher nicht vorgegossen werden.

Deckelhohlraum (Abb. 2.15b):

$$80 < 0,3 \cdot 20 + 10$$

$80 > 16 \Rightarrow$ Die Bohrung muss vorgegossen werden.

f) Auswahl des Formkastens:

Die Abmessungen der Formkasten werden basierend auf den Abmessungen des Musters und des Anschnittsystems bestimmt. Der Musterabstand von den Kanten des Formkastens ist in Abb. 2.18 dargestellt.

Abmessungen des Formkastendeckels:

Oberteil HR $L \times B \times H1 : 400 \times 300 \times 100 \times 100 \text{ [mm]}$

Unterteil DR $L \times B \times H2 : 400 \times 300 \times 140 \text{ [mm]}$

Die Torlänge beträgt 100mm.

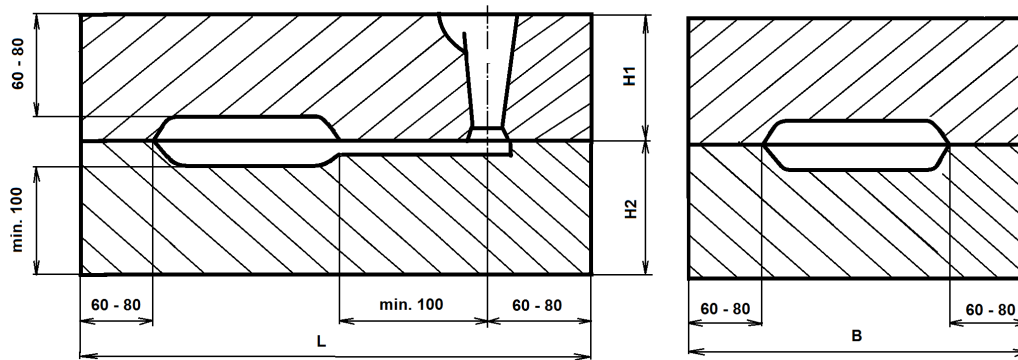


Abb. 2.18 Empfohlene Abmessungen des Formkastens

Berechnung des Anschnittsystems

Die Berechnung des Angussystems basiert auf einer vereinfachten hydrodynamischen Gleichung.

Berechnung der Torfläche Sz:

$$\sum Sz = x \cdot \frac{\sqrt{G}}{\sqrt{HP}} \cdot [\text{cm}^2] \quad (2.4)$$

wo:

Sz - der gesamte Torbereich,

G - Gewicht des Gussteils,

x - Koeffizient unter Berücksichtigung der Wanddicke + Komplexität des Gussteils (siehe Tab. 2.3.)

Für die gegebene Komponente ist $x = 2,8$.

Tabelle 2.3 Koeffizient x

	Einfache Gussteile				Komplexe Gussteile		
Gießwanddicke [mm]	3 – 4	5 – 9	9 – 15	> 15	3 – 4	5 – 9	9 – 15
x	3.8	3.2	2.8	2.4	5.8	4.9	4.3

Berechnung des Gießgewichts mit Angussystem:

$$G = 1,5 \cdot m_o \text{ [kg]} \quad (2,5)$$

wo:

G - Gussgewicht mit Angussystem, für das 0,5m_o[kg],

m_o - Gussgewicht

$$G = 1.92 \text{ kg}$$

Berechnung der mittleren ferrostatischen Höhe:

$$H_p = H - \frac{p^2}{2 \cdot C} \text{ [cm]} \quad (2.6)$$

$$H_p = 10 - \frac{1,8^2}{2 \cdot 3,0}$$

$$\text{Leistung} = 9,46 \text{ cm}$$

wo:

C - Gießhöhe[cm],

H_p - mittlere ferrostatische Höhe[cm],

p - Gießhöhe über dem Tor[cm],

H - Laufrollenhöhe über dem Tor[cm],

Berechnung der Torfläche:

$$\sum S_z = x \frac{\sqrt{G}}{\sqrt{HP}} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (2.7)$$

$$\sum S_z = 2,8 \frac{\sqrt{1,92}}{\sqrt{9,46}} = 1,26 \text{ cm}^2$$

Für die Fläche eines Tores gilt das Gleiche:

$$S_z = \frac{\sum S_z}{n} = \frac{1,26}{2} = 0,63 \text{ cm}^2 \quad (2.8)$$

wobei:

n - Anzahl der Tore

Für die Berechnung der Anschnitt- und Fallfläche von einfachen Gussteilen gilt das Gleiche:

$$\begin{aligned} SK > SL > \sum S_z &= 1,4 : 1,2 : 1 \quad (2,9) \\ SK &= 1,4 \cdot \sum S_z \quad SL = 1,2 \cdot \sum S_z \\ SK &= 1,76 \text{ cm}^2 \quad SL = 1,51 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

wo:

SK - Kufenfläche [cm²]

SL - Schmutzfängerbereich [cm²]

Der Läufer hat einen kreisförmigen Querschnitt, daher wird er wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} S_K &= \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ dann } d = \sqrt{\frac{4S_K}{\pi}} \quad [\text{cm}] \\ d &= \sqrt{\frac{4 \cdot 1,54}{\pi}} \quad 1,4 \text{ cm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned} \quad (2.10)$$

In der Praxis werden Vakuumkanäle mit einer konischen Form und einem Spitzenwinkel von 3 - 5° eingesetzt.

Für die Berechnung der Schmutzfängerabmessungen (Fig. 2.19) gilt, dass :

$$SL = 0,935 \cdot a^2 [\text{cm}^2] \quad (2,11)$$

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{\frac{S_L}{0,935}} \quad [\text{cm}] \\ a &= \sqrt{\frac{1,51}{0,935}} = 1,27 \text{ cm} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Bei der Auslegung des Anschnittsystems ist darauf zu achten, dass der untere Durchmesser des Anschnittsystems mit der Breite des Schmutzfängers am oberen Teil identisch ist. Die Abmessungen des Schmutzfängers werden wie folgt berechnet:

$$0,7a = D(\text{läufer}) = 1,4 \text{ cm} \quad (2,13)$$

$a = 2 \text{ cm}$.

Die Höhe eines Trapezschmutzfangs wird wie folgt berechnet:

$$S_L = \frac{0,7a + a}{2} \cdot v \quad [\text{cm}^2] \quad (2.14)$$

$$v = \frac{2 \cdot S_L}{0,7a + a} \quad [\text{cm}] \quad (2.15)$$

$$v = \frac{2 \cdot 1,51}{1,4 + 2} = 0,89 \text{ cm}$$

wobei: v - Schmutzfängerhöhe

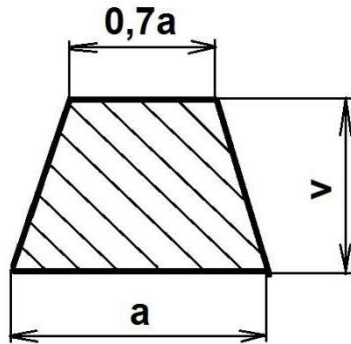


Abb. 2.19 Schmutzfängerquerschnitt

Für die Berechnung der Tordimensionen in Fig. 2.20 gilt, dass :

$$S_z = 0,285 \cdot R^2 \quad [\text{cm}^2] \quad (2.16)$$

$$R = \sqrt{\frac{S_z}{0,285}} \quad [\text{cm}] \quad (2.17)$$

$$R = \sqrt{\frac{0,63}{0,285}} = 1,48 \text{ cm}$$

wo:

R - Torradius

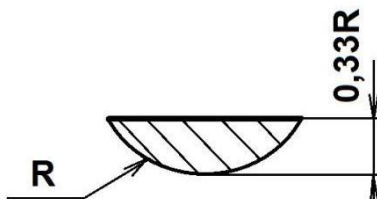


Abb. 2.20 Torquerschnitt

Der Whistler, der sich meist auf der obersten Oberfläche des Bauteilgusses befindet, hat eine konische Form (sowie der Läufer). Der Spitzenwinkel des Kegels beträgt $2 - 4^\circ$.

Basierend auf der Berechnung ist es möglich, ein Holzmuster des Bauteils und des Anschnittsystems herzustellen. Die Unterseite des Bauteils und des Kernmusters kann im Widerstand gebildet werden (wie in Abb. 2.21 dargestellt).

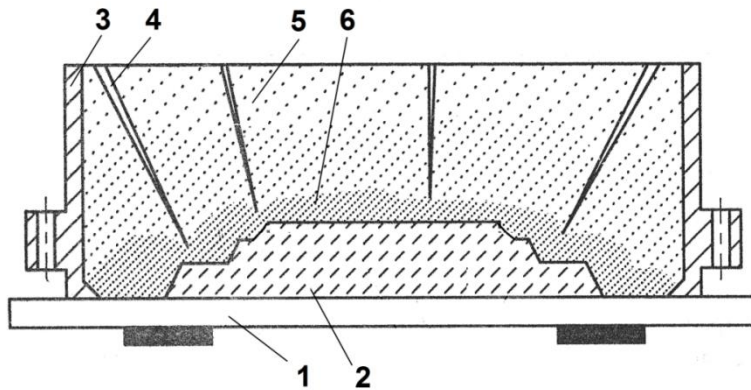


Abb. 2.21 Verformung des Modellbodens

1 - Platte, 2 - Unterteil aus Holzspaltmuster, 3 - unterer Formrahmen, 4 - Luftkanäle, 5 - Hinterformsand, 6 - Modelliermasse

Nach dem Bilden der Unterseite des Musters wird der untere Rahmen gedreht und mit der Oberseite befestigt (Abb. 2.22). In einem Abstand von mindestens 100 mm zum Muster wird ein Schmutzfänger angebracht.

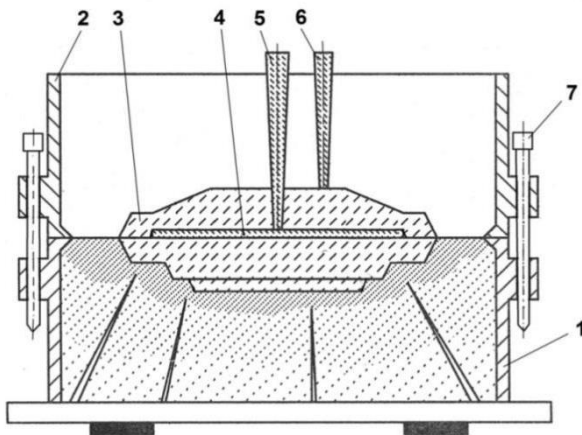


Abb. 2.22 Bilden des oberen Teils des Musters

1 - unterer Formrahmen, 2 - oberer Formrahmen, 3 - oberer Teil des Holzspaltmusters, 4 - Schlackenkanal, 5 - Kufe, 6 - Pfeifer, 7 - Abstandsbolzen

Beim Schmutzfänger wird ein Muster des Läufers in den Belag und dann in den Hintergrundsand eingeformt. Ebenso wird ein Pfeifenmuster gebildet (Abb. 2.23). Die Länge beider Muster übersteigt den oberen Teil des Formkastens, um deren Entnahme aus der

Form zu erleichtern. Nach dem Formen wird der Formsand z.B. mit einem pneumatischen Stempel gestanzt und es entstehen Luftkanäle im Formsand. Neben dem Läufer entsteht in der Formmasse ein Gießbecken.

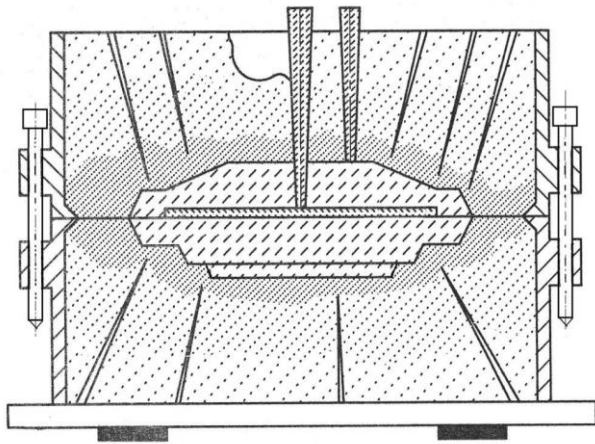


Abb. 2.23 Formmuster mit Angussystem in geteilter Form

Nach dem Stanzen ist es notwendig, das Holzmuster aus der Sandform zu entfernen. Zuerst werden die Pfeifer- und Angussmuster entfernt (Abb. 2.24). Anschließend werden Distanzstifte entfernt und die Form kann in der Trennebene demontiert werden (Abb. 2.25).

Aus dem oberen und unteren Teil des Formkastens wird das Holzmuster des Bauteils und des Schmutzfängers entfernt (Abb. 2.26). Im Hohlraum des unteren Teils der Form werden die Angüsse mit Formwerkzeugen hergestellt (siehe Abb. 2.21).

Der obere und untere Teil der Form sind über Abstandsbolzen verbunden und ihre Kanten sind mit einem Gewicht belastet, das eine Bewegung der Form während des Gießvorgangs verhindert (Abb. 2.27).

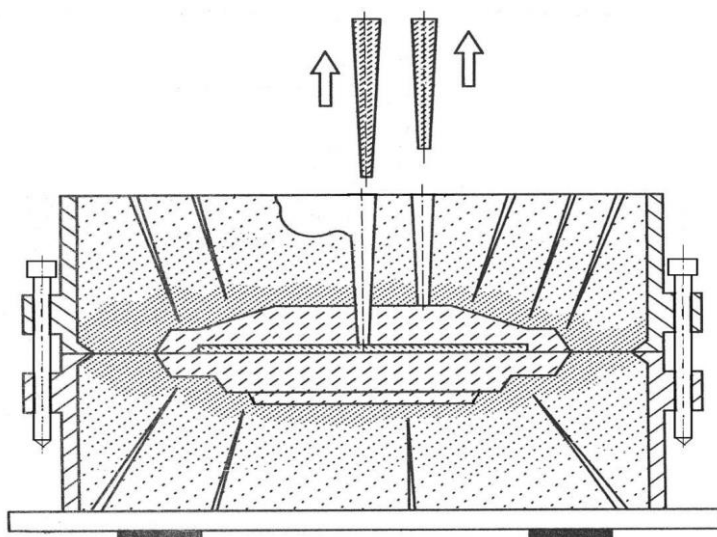


Abb. 2.24 Entfernen von Pfeifer und Angussmuster vor der Formendemontage

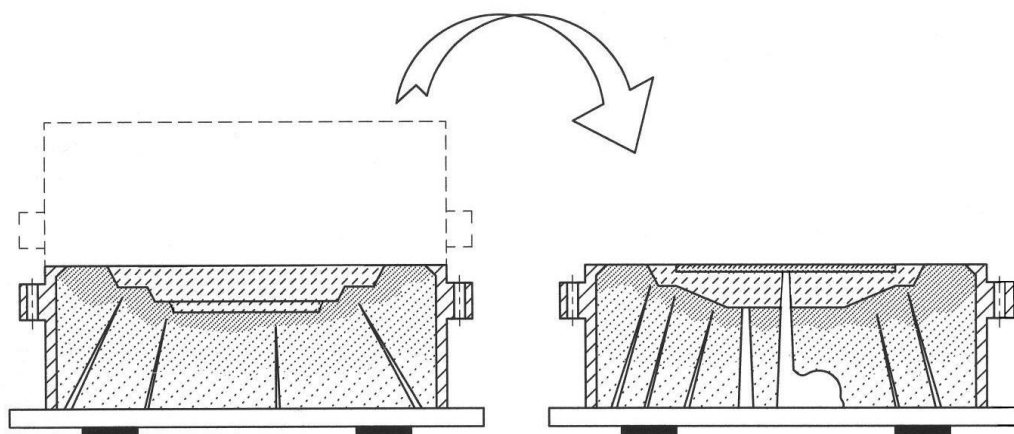


Abb. 2.25 Formenzerlegung zur Beseitigung von Mustern von Bauteil und Angussystem

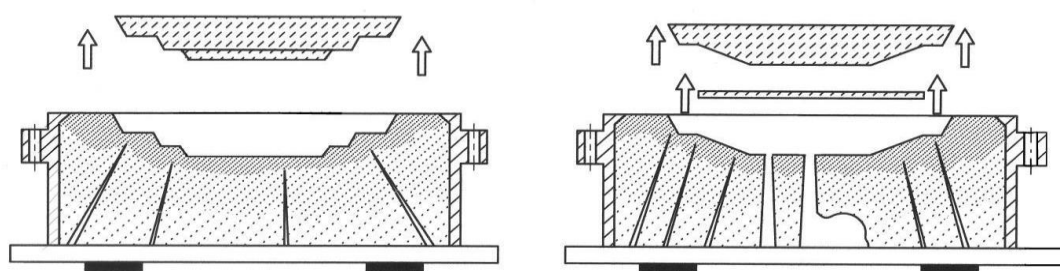


Abb. 2.26 Auswurf von Spaltmuster, Anschnitt und Schmutzfänger aus der Form

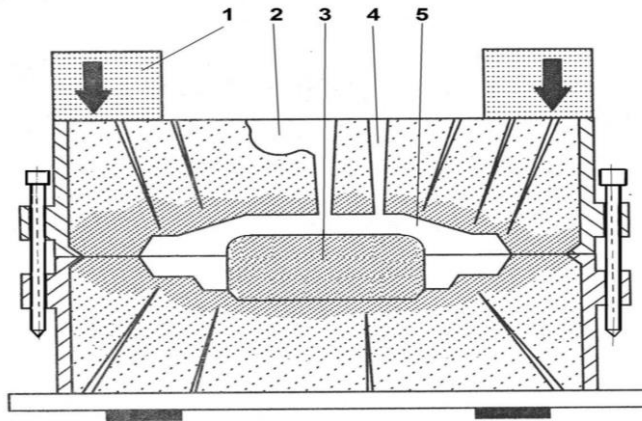


Abb. 2.27 Zusammenbau der Form vor dem Gießen

1 - Ladeform mit Gewicht, 2 - Hohlraum des Gießbeckens und der Kufen, 3 - Kern, 4 - Pfeifenhohlraum, 5 - Komponentenhohlraum

Nach der Montage und Beladung der Form wird das Gussteil aus der Kipppfanne gegossen. In das Gießbecken wird Grauguss gegossen, der über eine Kufe in den Formhohlraum gelangt. Während des Gießprozesses leitet der Pfeifer Luft und Dämpfe. Der Gießprozess ist abgeschlossen, wenn das geschmolzene Metall den gesamten Angusshohlraum ausfüllt (Abb. 2.28).

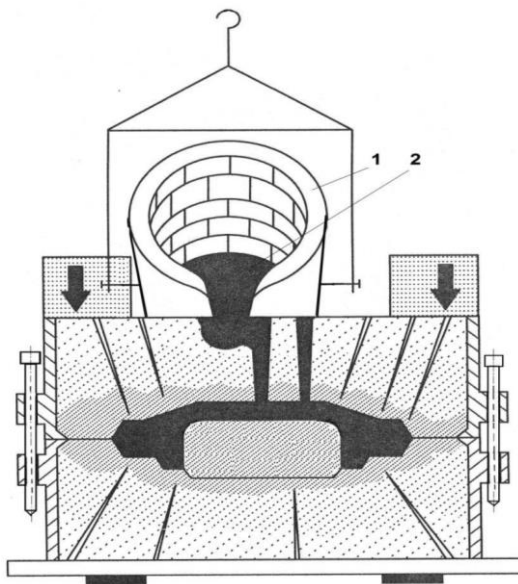


Abb. 2.28 Gießen in die Sandform

1 - Kipppfanne, 2 - geschmolzenes Metall

Nach der Abkühlung des Gussteils wird die Form demontiert und der Rohguss (Abb. 2.29) mit einem Finish und anschließender Bearbeitung behandelt, um die erforderlichen Abmessungen zu erreichen (siehe Abb. 2.14).

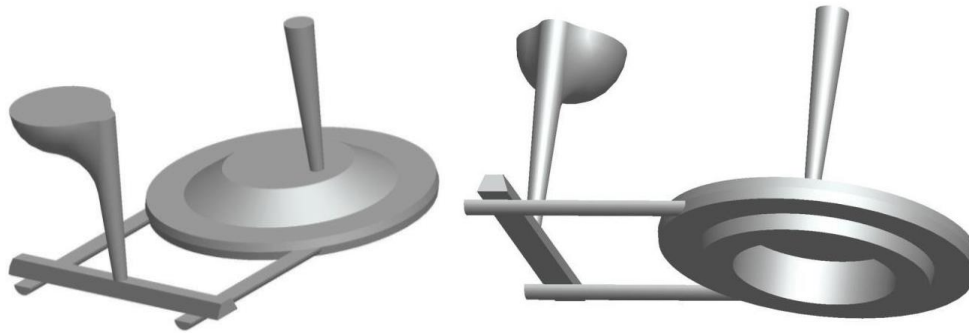


Abb. 2.29 Rohgussteil

3. VERFESTIGUNG UND KÜHLUNG DES GUSSTEILS

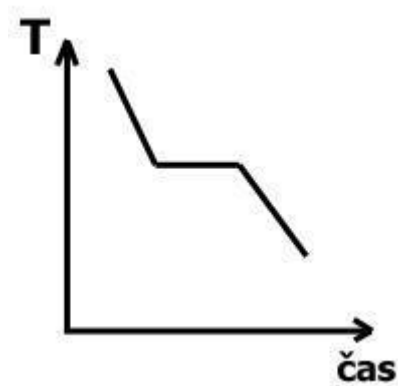
3.1. Gießeigenschaften von Metallen und Legierungen

Schmelzbarkeit

Die Schmelzbarkeit ist die Fähigkeit des Materials, vom festen in den flüssigen Zustand überzugehen, wobei seine chemische Zusammensetzung und Reinheit erhalten bleiben.

Fig. 3.1 und 3.2 zeigen den Wärmebedarf zum Schmelzen und Erwärmen des Gussteils. Wärmemenge:

$$Q = c_s(t_L - 20)m + m \cdot L_T + c_s'(t_p - t_L)m \quad (3.1)$$



bb. 3.1 Kühlung von Reinmetall

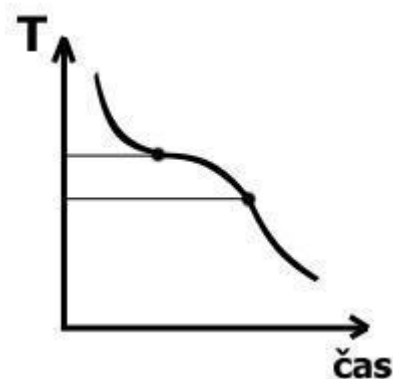


Abb. 3.2 Kühllegierung

Flüssigkeit

Die Flüssigkeit ist der umgekehrte Wert der dynamischen Viskosität.

$\varphi = 1/\eta$, wobei η die dynamische Viskosität ist.

Die Fließfähigkeit wird gemessen, indem die Form gefüllt wird, bevor die Schmelze erstarrt. Die Fließfähigkeit des Gusses wird durch Phosphor (Graustich) erhöht. Phosphor ist ein negatives Element, das nur bei zunehmender Schmelzflüssigkeit positiv wirkt.

Die Abmischung ist die Trennung einzelner Komponenten während der Verfestigung. Sie wird verursacht durch die teilweise oder vollständige Unlöslichkeit von zwei Metallen oder Legierungen, z.B. Bleibronze (Cu-Pb); TAV-Cu=1083°C und TAV-Pb=327°C.

Die Fähigkeit, Gase aufzunehmen, ist die Löslichkeit von Gasen in Metallen. Sie steigt mit steigender Temperatur + umgekehrt.

Schrumpfen

Schrumpfen ist eine Eigenschaft, die sich in wechselndem Volumen / Abmessungen zeigt; die Abmessungen nehmen mit abnehmender Temperatur ab (Abb. 3.3 und Abb. 3.4).

Spezifisches Gewicht

Fester Stahl $\rho=7,8 \text{ kg.dm}^{-3}$, geschmolzener Stahl $\rho=6,8 \text{ kg.dm}^{-3}$

Voller Grauguss $\rho=7,25 \text{ kg.dm}^{-3}$, flüssiger Grauguss $\rho=6,9 \text{ kg.dm}^{-3}$

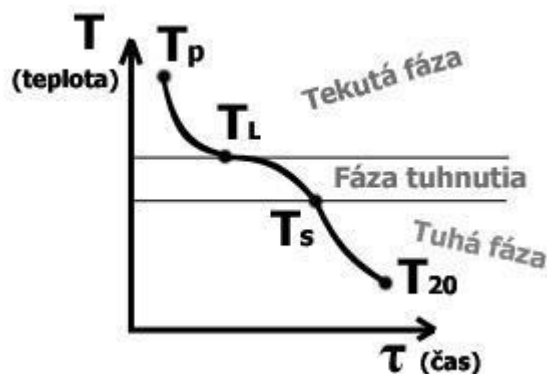
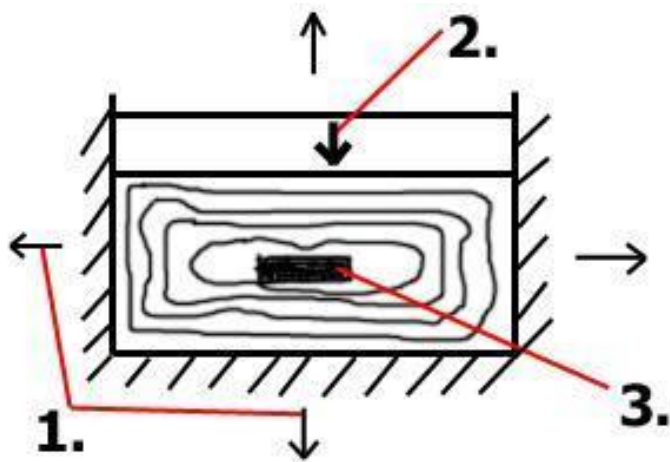


Abb. 3.3.3 Schrumpfen im flüssigen Zustand, während der Erstarrung, fester Zustand

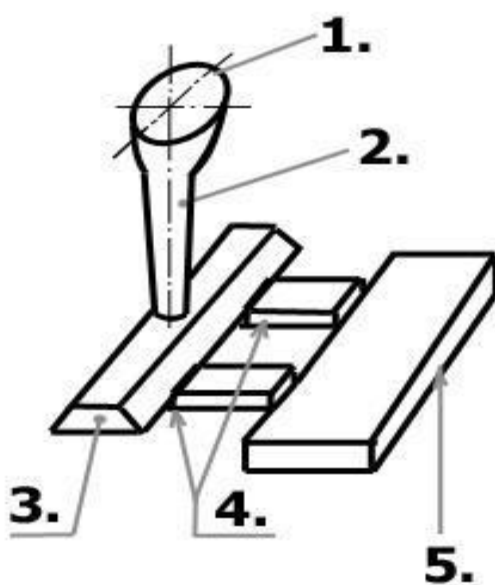
- $T_p - T_L$ - Schrumpfen im flüssigen Zustand - gelöst durch Gießen, Behälter aus Flüssigmetall
- $T_L - T_s$ - Schrumpfen während der Erstarrung - gelöst durch Zuführen oder Kühlen
- $T_s - T_{20}$ - Schrumpfen im festen Zustand - Modell wird durch Schrumpfen größer hergestellt.



Wärmeableitung, 2. Tropfen der Oberfläche, 3. Schrumpfen - Bildung von Schrumpfung

3.2. Gießereiformstoffe und Angusssystem für den Guss

Angusssystem - Abb. 3.5



- 1. Angusssystem
- 2. Läufer
- 3. Schmutzfänger
- 4. Tore
- 5. Guss

Der Läufer wird um 2-4° verengt.

Für das Gießen von Schmelze werden zwei Grundtypen von Pfannen verwendet:

- Kipppfanne
- Bodengießpfanne - teurere, kompliziertere Wartung; wird für Stahl verwendet; Verunreinigungen werden auf der Oberfläche der Schmelze aufgefangen, daher ist kein Schmutzfänger erforderlich.

Der Schmutzfänger wird nicht für Stahl verwendet.

Tore können verschiedene Querschnitte haben - quadratisch, dreieckig, halbkreisförmig. Tore im Formhohlraum müssen so platziert werden, dass das geschmolzene Metall nicht auf die Oberfläche der Form trifft oder aus größerer Entfernung zum Formboden fällt.

Der Pfeifer leitet Gase und Dämpfe ab, signalisiert die Füllung der Form, dämpft den Aufprall von Flüssigmetall im Moment der Hohlraumfüllung. Für seine Herstellung wird das Modell (Stift) verwendet (Abb. 3.6).

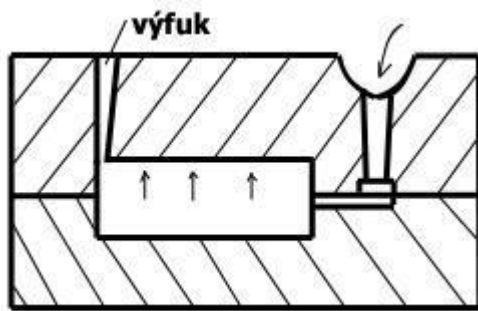


Abb. 3.6 Füllen des Formhohlraums. Výfuk - Pfeifer

Gussteile:

- **Bruttoguss** - fällt aus der Form
- **Rohguss** - bearbeitet, ohne Pfeife und Anschnittsystem
- **Fertiger Guss** - abgeschliffen, komplett bearbeitet

3.2.1. Formsand

Es wird zur Herstellung von Einweg-Formen verwendet. Sie bestehen aus Bindemittel und Sand. Bindemittel wird verwendet, um eine kompakte Mischung zu erzeugen, indem die Sandkörner gewickelt und verklebt werden.

Formsande sind:

- **Natürlich:**
 - SAND - Kieselsäure und silikatische Sande auf Basis von SiO_2 –
 - BINDEMITTEL - mit Bindemittel, mittelkräftiger Sand, starker Sand, sehr starker Sand
- **Synthetisch:**
 - SAND - natürlich (Quarzsand) und künstlich (Schamotte, Magnesit)
 - BINDEMITTEL - anorganisch (Zement, Gips, Wasserglas, Ton) und organisch (Öle, Bitumen, Kohlenhydrate) - Bindemittel mit natürlichen oder künstlichen Sanden.

Eigenschaften der Formmassen:

- physikalisch (Leitfähigkeit, Ausdehnung)
- chemisch (geringe Reaktivität mit Schmelzmetall)
- technologisch
 - in der Umformung: Haftung, Fließfähigkeit, Haltbarkeit, Maßhaltigkeit, Maßhaltigkeit
 - im Guss: mechanisch
 - Atmungsaktivität

3.2.2. Eigenschaften nach der Entnahme aus der Form

Die Herstellung von Formen und Kernen ist mit den Eigenschaften der Formmasse konditioniert:

- **Formbarkeit** - die Fähigkeit, eine Form eines Modells zu erhalten, wodurch es möglich ist, eine Form zu erstellen, die der Form des Gussteils entspricht.
- **Begrenztheit** - die Fähigkeit, die durch die Formgebung und die Übertragung des Kraftwiderstandes gegebene Form zu erhalten, so dass die Form die gleichen Abmessungen behält.
- **Atmungsaktivität** - die Fähigkeit, die beim Gießen entstehenden Gase und Dämpfe freizusetzen.
- **Festigkeit nach der Trocknung** - Rohbindung reicht nicht aus, so dass komplizierte Formen und Kerne die Grenzen durch Trocknung erhöht werden.
- **Feuerbeständigkeit** - hängt von der chemischen Zusammensetzung und dem Vorhandensein schädlicher Flussmittel ab.

- **Granularität** - bedingt durch die Größe der Sandkörner und die Art des Metallgusses - Größe des Gussteils und erforderliche Oberflächengüte
- **Chemische Beständigkeit** - beeinflusst die Qualität der Gussoberfläche; die chemische Wirkung zeigt sich durch die Reaktion von Säureoxiden mit Basen.
- **Zerfall** - die Fähigkeit, nach dem Gießen an Festigkeit zu verlieren; das Gussteil kann nach dem Gießprozess schrumpfen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einige Bindemittel durch Einwirkung von Schmelze verbrannt werden und die Bindung von Sand stoppen.

Unerwünschte Eigenschaften:

- **Klebrigkeit** - erschwert das Entfernen des Modells, beschädigt die Formflächen, das Modell muss mit einer speziellen Substanz abgedeckt werden.
- **Hygroskopizität** - die Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen.
- **Bruchfestigkeit** - senkt die Grenzen bei der Formtrocknung.

Kristallisation von Metallen - Abkühlkurve - PURE METAL (Abb. 3.7)



Abb. 3.7 Reinmetall-Kristallisationskurve

Legende: čistý kov - reines Metall, volné ochlazovanie taveniny - freie Schmelzkühlung, tuhá fáze - feste Phase, volné ochladzovanie tuhej fázy - freie Kühlung der festen Phase, tu prebieha kryštalizácia - Prozess der Kristallisation, tavenina - melt, bod liquidus - liquidus point, počiatok kryštalizácie - Beginn der Kristallisation, bod solidus - solidus point, koniec kryštalizácie - Ende der Kristallisation

Kristallisation von Metallen - Abkühlkurve - Legierungen (Abb.3.8)

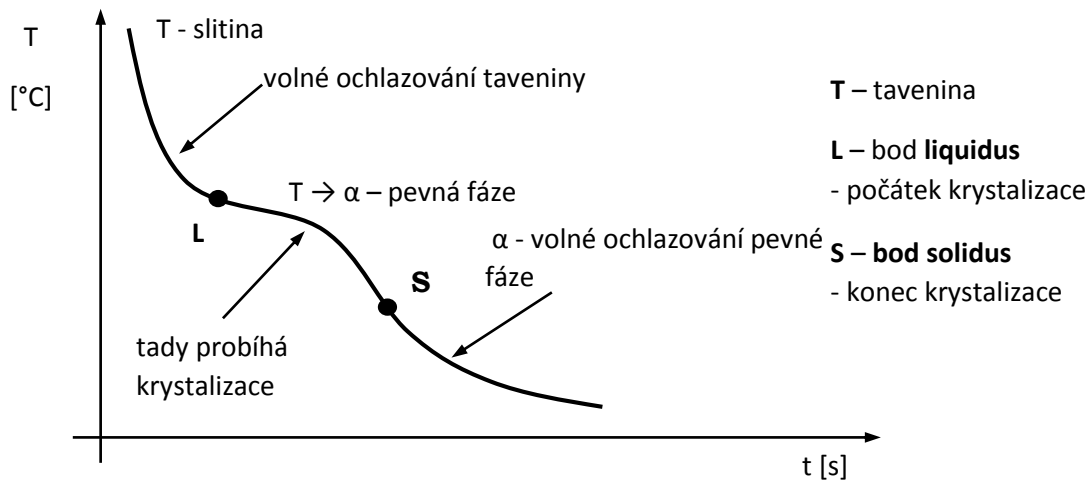


Abb. 3.8 Legierungskristallisationskurve

Rekristallisation von Metallen - Abkühlkurve

- **Rekristallisation von Metallen:** eine Veränderung in einer kristallinen Anordnung. Eine Gefügeänderung im festen Zustand während des Prozesses der Metall- (Legierungs-)Kühlung, z.B. Fe, Be, Sn, Ce, Ti etc.
- **Rekristallisation:** eine Veränderung des Kristallgitters im festen Zustand
- **Kühlkurve:** Funktion der Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit
- **Polymorphismus:** die Fähigkeit von Metall, in verschiedenen Strukturen in Abhängigkeit von der Temperatur zu kristallisieren.
- **Allotropie:** die Fähigkeit von Legierungen, in verschiedenen Formen und Strukturen zu kristallisieren.

Prozess der Transformation der Metallstruktur im festen Zustand - Änderung des Kristallgitters.

Kristallisation von Metallen - Umwandlung des flüssigen Zustandes in den festen Zustand. Es steht im Zusammenhang mit der Anordnung der Atome im Kristallgitter.

Sie besteht aus zwei Stufen:

- Bildung von Kristallisationskeimen
- Kernwachstum

3.2.3. Kerne:

- stabil (wenn sie eine bestimmte Größe erreichen)
- instabil

Kristallisierende Kerne:

- aus der Basisphase
- Fremdkörper (Al_2O_3 , TiO_2)

Der Kristallisationsverlauf wird von zwei Faktoren beeinflusst:

- **Kristallisationsfähigkeit** - die Geschwindigkeit der Kernbildung bei 1 cm² pro Sekunde.
- **Kristallisationsgeschwindigkeit** - die Wachstumsgeschwindigkeit der Kerne ist veränderbar.

Beim Gießen wird die Formoberseite durch eine beträchtliche Kraft angehoben, die sich aus dem Aufwärtshub des Kerns und dem Druck des geschmolzenen Metalls auf die Oberseite der Form ergibt. Bei kleineren Gussteilen genügt es, die Boxen zu einer Einheit zu verbinden. Bei größeren Gussteilen muss ein speziell für diesen Zweck entwickeltes Gewicht verwendet werden.

Der Gießprozess besteht darin, geschmolzenes Metall aus der Pfanne zu gießen, das per Kran oder Katze zur Form transportiert wird. Für Grauguss wird eine Kippffanne (Abb. 3.9) verwendet, für Stahl für Gussteile eine untere Gießpfanne.

Für die Qualität des Gussteils ist die Gießgeschwindigkeit sehr wichtig. Die Temperatur des Metallgusses muss so hoch sein, dass das Metall die Form auch bei dünnsten Wänden perfekt füllt. Die Gusstemperatur beeinflusst die Gussqualität. Die Gießgeschwindigkeit muss so hoch sein, dass der Einlass während des Gießens mit geschmolzenem Metall gefüllt und nach dem Gießen bis zum Rand gefüllt wird. Auf diese Weise schwimmen Schmutz, Schlacke und gewaschener Sand auf der Oberfläche und werden nicht in die Form gezogen. Gleichzeitig ist es notwendig, den Gießprozess nicht zu unterbrechen, da sonst die Gefahr besteht, dass das geschmolzene Metall mit einer Oxidschicht bedeckt ist, die ein perfektes Verschmelzen der Metalle verhindert.



Legende: tekutý kov - geschmolzenes Metall, ocelové těleso pánvy - Stahlkorpus der Pfanne, výlevka - Ablauf, závesné Höschchen - Scharniere, sklopný Mechanismus - Kippmechanismus, viacvrstvá výmurovka - mehrschichtige Auskleidung, laity betón - Gussbeton, šamot - grog, izolačná vrstva - Isolierschicht

4. SCHMELZEN

4.1. Schmelzen

Das Schmelzen ist ein hitzemetallurgischer Prozess, bei dem das Material (Charge) durch Zugabe oder Erzeugung von Wärme seinen physikalischen Zustand von fest (Solidus) auf flüssig (Liquidus) ändert.

Für diesen Übergang wird eine bestimmte Wärmemenge benötigt. Die Wärme besteht aus Wärme Q_1 , die zum Erwärmen des gesamten Chargenvolumens von der normalen Umgebungstemperatur (T_0) auf die Temperatur des schmelzenden Metalls (oder der Liquidustemperatur T_L) erforderlich ist, Wärme Q_2 , die zum Schmelzen des gesamten Chargenvolumens erforderlich ist, und Wärme Q_3 , die zum Erwärmen der Schmelze auf eine bestimmte Temperatur T_{pr} erforderlich ist.

Reine Metalle schmelzen und erstarren bei gleicher Temperatur (Liquidustemperatur = Solidustemperatur), Legierungen schmelzen und erstarren in einem bestimmten Temperaturintervall (Liquidustemperatur ist höher als Solidustemperatur).

Das Metallschmelzen findet in Schmelzaggregaten (Öfen) statt.

4.2. Grundbegriffe

Legierung sind Materialien, die aus mindestens zwei Elementen bestehen, von denen mindestens eines aus Metall besteht und eine feste Einheit in fester Form bildet. Die Legierung entsteht durch das Lösen von Additiven in flüssigem Grundmetall.

Für die Herstellung von Gussteilen werden binäre, ternäre und Mehrkomponenten- oder Mehrkomponentenlegierungen verwendet, die wir identifizieren können:

- Grundelement (Hauptlegierungselement), dessen Gehalt mehr als 50% beträgt und das zur Benennung der Legierung verwendet wird (Zinklegierungen, Aluminiumlegierungen, Kupferlegierungen, etc.).
- Legierungselement (Legierungszusatz), dessen Gehalt an Legierung im Vergleich zum Grundelementgehalt deutlich geringer ist.

Der Gehalt aller Legierungselemente ist durch die jeweilige Norm definiert.

Das Legieren ist ein Prozess bei der Herstellung von Legierungen, bei dem Legierungselemente in Flüssigmetall zugegeben werden. Beim Legieren wird der Anteil eines oder mehrerer Elemente erhöht, was einige Eigenschaften des Gussteils verbessert.

Das Gegenteil von Legieren ist Verdünnung - ein bestimmtes Legierungselement wird verdünnt, wenn seine Konzentration in der Schmelze zu hoch ist, d.h. wenn es die maximal zulässige Konzentrationsgrenze überschreitet. In der Regel wird ein reines Metall zugegeben, das den Anteil des Grundmetalls und auch den Anteil der Legierungselemente erhöht.

Additive (Verunreinigungen) - sind Elemente, deren Anwesenheit in der Legierung unerwünscht ist. Meistens sind das andere Elemente mit Ausnahme von Legierungswerkstoffen.

4.3. Metallschmelzen

Beim Metallschmelzen werden verschiedene Arten von Schmelzgeräten eingesetzt. Entscheidend für die Wahl des geeigneten Gerätetyps sind die Wirtschaftlichkeit und die technologischen Anforderungen an die Herstellung von Metall oder Legierungen. Zu den wichtigsten Technologieparametern gehören:

- Die Kraft der Schmelzvorrichtung
- Inhalt, Design und Art des Geräts
- Verfahren zur Erwärmung der Schmelzvorrichtung (Gas, flüssiger oder fester Brennstoff oder elektrische Erwärmung)
- Verfahren zum Wärmeaustausch
- Bewegung der Schmelze im Arbeitsbereich
- Arbeitstemperaturbereich, Temperaturänderungen
- Steuerung und Regelung
- Atmosphäre und Druck
- Schmelzprozesszeit

Ein sehr wichtiger Parameter ist der Wärmeaustausch im Ofenarbeitsraum, der durch Abstrahlung, Strömung oder Leitung erfolgt. Je nach Arbeitstemperatur und Ofenausführung wird überwiegend eines der Wärmeaustauschverfahren eingesetzt. Z.B. bei Öfen mit einer Mindesttemperatur von 1000°C ist die Hauptwärmeaustauschmethode Strahlung, während sie in den Öfen mit einem Temperaturbereich über 650°C leitet. Beim Wärmeaustauschprozess spielt die Innenwand eine wichtige Rolle, da sie aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit auf eine höhere Temperatur als die Charge erwärmt wird. Die Abmessungen und Form des Arbeitsraums sind für den Schmelzprozess und die Ofenleistung unerlässlich. Sie sind die Hauptkriterien, die die Menge des geschmolzenen Metalls bestimmen.

Die Bewegung der Schmelze im Arbeitsraum ist ein nützliches Phänomen, da sie zu einem Ausgleich von Wärme- und Gewichtsgradienten im Volumen des flüssigen Metalls führt. Bei richtiger Bewegung der Schmelze gibt es keine lokale Überhitzung, die sich negativ auf die Qualität der Schmelze auswirkt, insbesondere bei Aluminiumlegierungen. Für gleichmäßige Wärme und homogene Schmelze ist die spontane Strömung (Konvektion) ausreichend.

Schmelzgeräte können durch ihre Verwendung in Schmelzen und Warten und durch das Verfahren der Wärmeerzeugung in Brennstoff (Gas oder fester Brennstoff) und Strom (Lichtbogen, induktiv und Widerstand) unterteilt werden.

Schmelzen von Gusseisen

Das häufigste und am besten geeignete Gerät zum Schmelzen von Gusseisen mit Graphitflocken ist ein Kupolofen. Das Hauptproblem bei der Herstellung von Gusseisen in einem Kupolofen sind qualitativ hochwertigere Arten der Gusseisenherstellung und Umweltvorschriften, die einige der Kupolöfen nicht mehr erfüllen. Um die geforderten Emissionsgrenzwerte zu erreichen, wären erhebliche Investitionen erforderlich; daher haben einige Gießereien auf die Produktion von Gusseisen in Elektro-Induktionsöfen umgestellt.

Neben diesen beiden Ofentypen ist es möglich (ausnahmsweise) in Elektrolichtbogenöfen und Hallöfen.

- SCHMELZEN VON GUSSEISEN IM KUPOLOFEN
- SCHMELZEN VON GUSSEISEN IN BRENNSTOFF - FLAMMOFEN
- SCHMELZGUSSEISEN IN ELEKTRISCHEN ÖFEN (Lichtbogen, Induktion)

Schmelzen von Nichteisenmetalllegierungen

Für das Schmelzen von Buntmetalllegierungen, insbesondere von Aluminiumlegierungen, werden die folgenden Ofentypen eingesetzt:

- FESTBRENNSTOFFÖFEN
- ELEKTRISCHER WIDERSTANDSOFEN
- ELEKTRO-INDUKTIONSOFFEN

Rationelle Produktion in Gießereien erfordert nur das Umschmelzen von Fertiglegierungen (oder deren zusätzliche Legierung) und eigenem Mehrwegmaterial. Im Gegensatz zu Gießereien werden in Schmelzanlagen verschiedene Arten von z.B. Aluminiumabfällen umgeschmolzen. Als Chargenmaterial in Gießereien werden Fertiglegierungen, Reinmetalle für Zusatzlegierungen, Vorlegierungen, Metalle mit Raffinations-, Schutz-, Impf- und Modifikationseffekten, eigenes Mehrwegmaterial und Verarbeitungsabfälle verwendet. In Schmelzanlagen werden Aluminiumschrott, Reinmetalle, Vorlegierungen für zusätzliche Legierungen als Chargenmaterial verwendet.

Die Charge umfasst in beiden Fällen auch nichtmetallische Materialien, Salze, die für die Herstellung verwendet werden:

- Zusätzliche Legierung mit bestimmten Elementen
- Schutz der Schmelze vor Oxidation und Verbrennung
- Raffination

5.EIGENSCHAFTEN VON GESCHMOLZENEN METALLEN UND LEGIERUNGEN

5.1. Eigenschaften von geschmolzenen Metallen und Legierungen

Die Gießerei beschäftigt sich mit der Herstellung von Gussteilen aus Metallen und deren Legierungen, den Eigenschaften von Grund- und Zusatzrohstoffen für ihre Herstellung sowie den entsprechenden Hilfsmitteln und Ausrüstungen.

Die Gießerei ist für den Maschinenbau von zentraler Bedeutung; sie ist produktionsökonomisch gesehen das kostengünstigste Produktionsverfahren bei komplexen Gussformen. Es ist das Verfahren zur Herstellung von Metallkomponenten, bei dem das geschmolzene Metall in eine Form gegossen wird, in deren Hohlraum die Schmelze erstarrt und einen Rohguss bildet.

Nach dem Entfernen des Anguss- und Nabensystems wird ein Rohguss erzielt. Nach der zeichnungsgerechten Bearbeitung wird ein sauberer Guss erzielt. In der Gießerei ist es möglich, Komponenten und Teile mit einem Gewicht von mehreren Gramm bis zu mehreren hundert Tonnen herzustellen.

Nach der anschließenden Verarbeitung des Gussteils werden zwei Grundtypen von Gussteilen unterschieden:

- Einfache Gussteile mit rundem, quadratischem oder achteckigem Querschnitt und abgerundeten Kanten, die zur Weiterverarbeitung durch Umformen bestimmt sind. Sie werden als Ingots oder Konti-Gussteile bezeichnet. Sie werden durch Gießen in Metallformen (Kokillen) oder durch Stranggießen in Kristallisatoren mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt hergestellt. Das verfestigte Halbzeug wird durch Walzen oder Schmieden weiterverarbeitet. Diese anschließende Formgebung verändert die Form und die Größe des ursprünglichen Gussteils. Es beeinflusst auch die physikalischen und mechanischen Eigenschaften erheblich, indem es verschiedene Kristallisationsstörungen beseitigt.
- Gussteile von Maschinenteilen und Komponenten - it´s über das Erhalten einer endgültigen, oft sehr komplexen Form, so ähnlich wie möglich der zukünftigen Komponente. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Gussteilen werden hauptsächlich durch die chemische Zusammensetzung und das Gießverfahren beeinflusst.

5.2. Technologische Eigenschaften von Metallen und Legierungen

Gießereieigenschaften sind technologische Eigenschaften, die sich aus der komplexen Wirkung der physikalischen Eigenschaften von Metall und Form beim Gießen, den Bedingungen des Gießprozesses und der Gestaltung des Gussteils ergeben. Dies wird als Gießbarkeit bezeichnet, d.h. die Fähigkeit, ein Qualitätsgussteil herzustellen.

Zu den wichtigsten Eigenschaften gehören:

- **Schmelzbarkeit** - die Fähigkeit von Metall, vom festen in den flüssigen Zustand überzugehen.
- **Flüssigkeit** - hängt von der Mobilität der Schmelzpartikel bei gegebener Temperatur ab.
- **Fließfähigkeit** - die Fähigkeit der Schmelze, dünne Abschnitte im aktiven Formhohlraum zu füllen.
- **Schrumpfung** - Volumen- und Maßänderungen im aktiven Formhohlraum
- **Separation** - Trennung verschiedener Strukturkomponenten während der Schmelzverfestigung.
- **Gaslöslichkeit** - mit steigender Temperatur steigt die Löslichkeit von Gasen in der Schmelze, während sie beim Abkühlen abnimmt.

6. METALLE UND LEGIERUNGEN IN DER GIEßEREI UND DEREN KENNZEICHNUNG

6.1. Materialien für die Gussproduktion

Zu den am häufigsten verwendeten Materialien für die Gussproduktion gehören Stahl für Gussteile, Guss und Aluminiumlegierungen. Die physikalischen Eigenschaften der zum Gießen verwendeten Metalle sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Physikalische Eigenschaften der zum Gießen verwendeten Metalle

Metall	Schmelztemp. (°C)	Siedepunkt (°C)	Dichte ρ bei (20 °C) (10 ³ .kg.m ⁻³)
Stahl für Gussteile	1500 - 1550	-	7.8 – 8.0
Guss	1150 - 1300	-	6.8 – 7.5
Al und seine Legierungen	660 - 700	2519	2.70
Cu und seine Leg.	1083	2562	8.96
Mg und seine Leg.	650	1090	1.74
Zn und seine Leg.	419	907	7.14
Ag	961	2162	10.49
Au	1064	2856	19.3
Sn	231	2601	7.2

Für den Gießprozess ist die Schmelztemperatur ein entscheidender Faktor. Der Schmelzofentyp hängt von der Art des geschmolzenen Metalls ab. Für das Schmelzen einzelner Arten von Eisen- und Nichteisenmetallen können die folgenden Ofentypen verwendet werden:

Stahl

- Elektro-Induktionsöfen,
- Elektrolichtbogenöfen,

Guss

- Kupolöfen,
- Kupolöfen mit Heißluft,
- Hallöfen,
- Duplexbetrieb (Kupolofen + Elektroofen),
- Duplexbetrieb (Kupolofen + Flammofen),

Al und seine Legierungen

- Induktionsöfen, in denen sich Graphit-Feuerfest- oder Metallrohre befinden.

Cu und seine Legierungen

- Badöfen,
- Trommelöfen,
- Tiegelöfen - feste, gasförmige und flüssige Brennstoffe,
- Induktionstiegelöfen (am weitesten verbreitet) (Abbildung 1),
- Kanalöfen,

Zn und seine Legierungen

- Tiegelöfen mit Gas- oder elektrischer Widerstandsheizung.

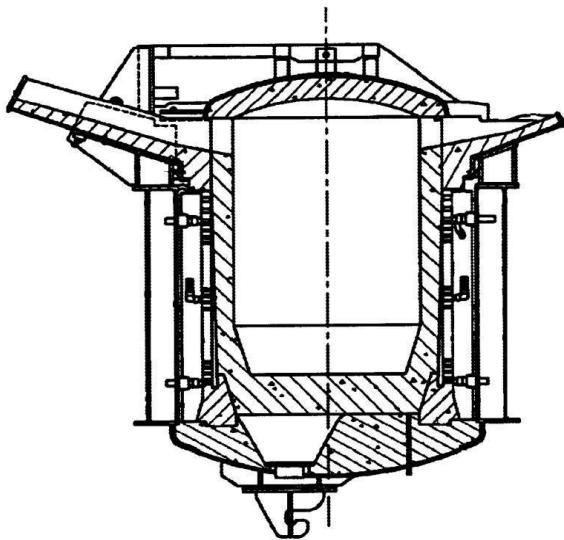


Abbildung 1 Induktionstiegelofen

7. HERSTELLUNG VON GUSSTEILEN

7.1. Technische Produktionsvorbereitung

Der Zweck der technischen Vorbereitung ist es, die notwendige technologische Dokumentation für die Herstellung von Gussteilen zu gewährleisten.

Der technologische Prozess wird durch ein Entwicklungsbüro sichergestellt, das auf der Zeichnung des sauberen Gussteils basiert.

Der Modellbauer bestimmt die Art des Modells oder der Modellausrüstung, die Aufteilung des Modells, die Zulagen für die Bearbeitung und Schrumpfung, die Art und Aufteilung des Kernkastens, die Art des Modellsandes, die Art und Größe des Formrahmens, die Art und Größe des Anguss- und Zuführsystems, die Formtechnologie, das Gießverfahren, die Kühlung und die Reinigung.

Die Konstruktion muss die Anzahl der Gussteile berücksichtigen und den Arbeitsprozess entsprechend festlegen.

Die Zeichnung mit einem Musterherstellungsprozess wird als Prozesszeichnung / Prozesszeichnung bezeichnet. Basierend auf der Zeichnung erstellt die Modellwerkstatt ein Muster, das durch einen Modellspeicher an die Gießerei geschickt wird. In der Gießerei wird die Form hergestellt. Nach dem Gießen und Abkühlen wird das Gussteil aus der Form genommen, gereinigt und die Anschnitt- und Zuführsysteme entfernt, dann geprüft und zum Versand gebracht. Das Beispiel für die Herstellung eines einfachen Gussteils ist in Abbildung 2 dargestellt.

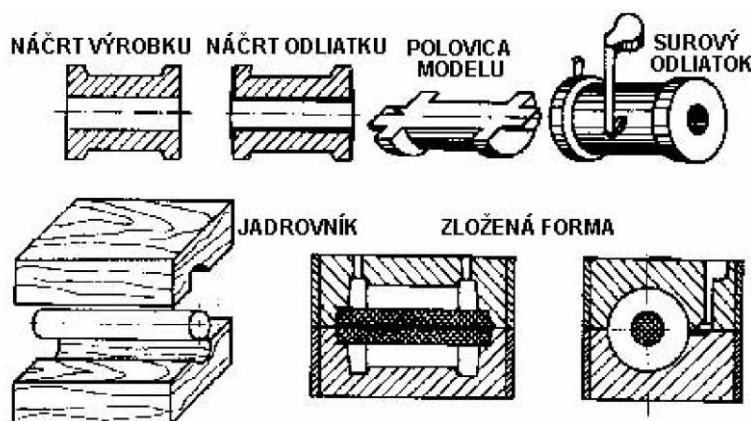


Abbildung 2 Produktionsprozess des einfachen Gießens

Legende: náčrt výrobku - Produktskizze, náčrt odlitku - Gießskizze, Polovica modelu - Hälfte des Modells, surový odlitek - Rohguss, jadrovník - Kernkasten, zložená forma - montierte Form

7.2. Technologischer Prozess der Gussproduktion

Der Vorschlag des technologischen Prozesses der Gussproduktion basiert auf der Konstruktionszeichnung des Maschinenelements, die durch Gießen aus einem bestimmten Material hergestellt werden soll. Die Abbildungen 3 - 6 zeigen den Vorschlag des Herstellungsprozesses der Komponenten von der Zeichnung bis zur montierten Gießform und erläutern die Grundbegriffe.

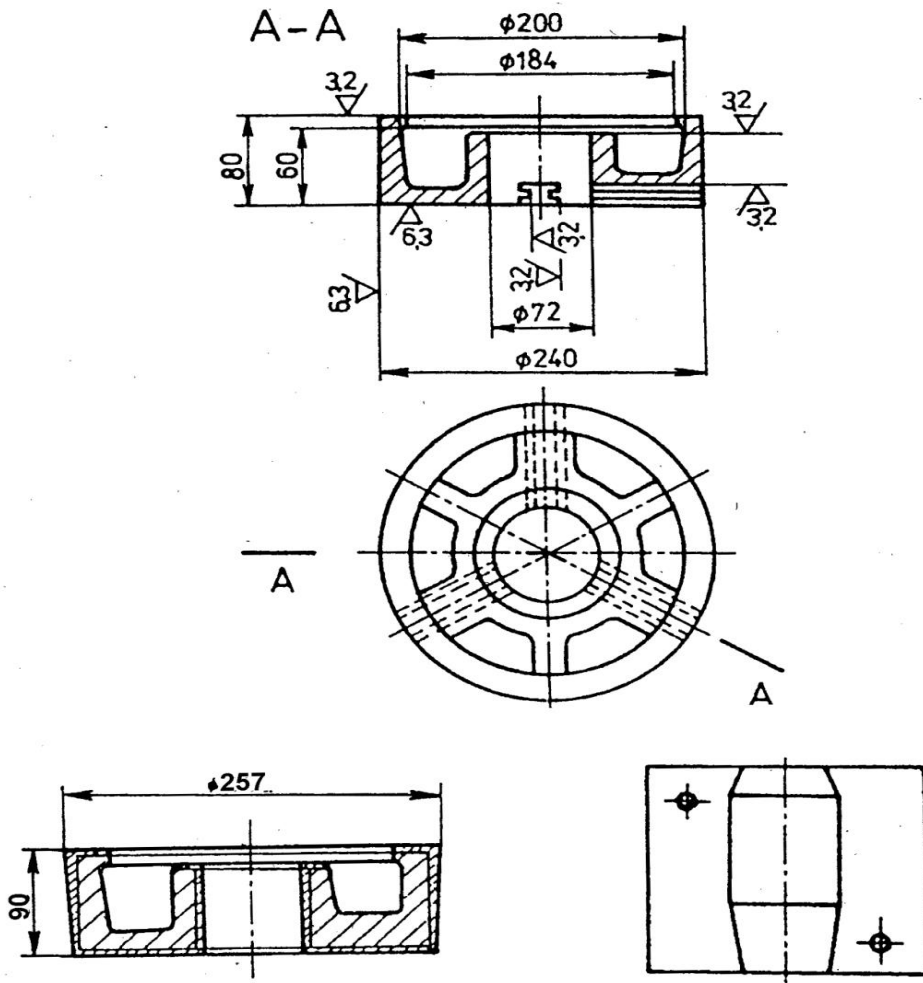


Abbildung 4 Skizze des Rohgussteils

Abb. 5 Skizze der Kernkastenhälfte

(schraffierte Fläche zeigt Aufmaß für die Bearbeitung)

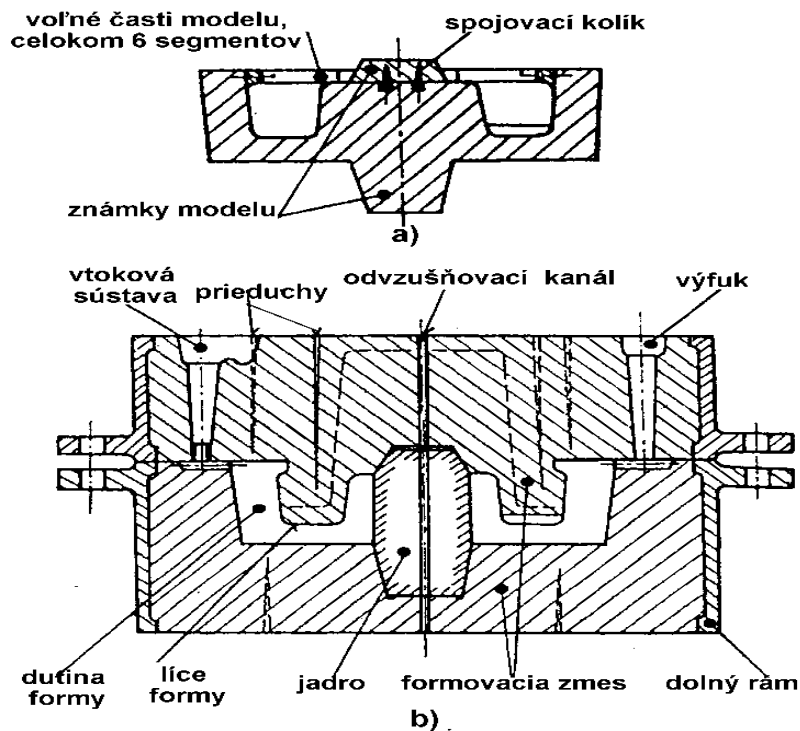


Abb. 6 a) Skizze des Spaltmusters, b) Skizze der Form

Legende: voľné časti modelu, celkom 6 segmentov - freie Musterteile, insgesamt 6 Segmente, spojovací kolík - Pin, známky modelu - Musterdruck, vtoková sústava - Angussystem, prieduch - Luftkanal, odvzdušňovací kanál - ventkanal, výfuk - Pfeifer, dutina formy - Formhohlraum, líce formy - Formfläche, jadro - Kern, Formovacia zmes - Formmasse, dolný rám - unterer Rahmen

Die Beschreibung des technologischen Prozesses der Gussproduktion muss Folgendes enthalten:

- Gewählte Gießposition in der Form.
- Gewählte Trennebene.
- Gewähltes Verfahren zur Herstellung von Formen in Bezug auf:
 - Formmasse,
 - Verfahren in der Gießerei (Grünsandform, Trockensandform usw.),
 - Größe, Form und Material des Gussteils,
 - Art der Produktion (manuell, maschinell),
 - Spezielle Form oder Verwendung von Gussteilen (Muschelformen, Metallformen, etc.)
- Gewählte Methode der Kernherstellung (die gleichen Aspekte wie bei den Formen).
- Bestimmte Anzahl und Form der Kerne.

- Bestimmtes Gießverfahren und Berechnung des Anschnittsystems.
- Bestimmung von Guss-Thermoknoten, Bestimmung der Stellen für Speiser und Schütteln, Berechnung der Speisergröße.
- Bestimmung der Produktionshilfsmittel (Art und Anzahl der Muster, Bodenbretter, Formkasten, etc.).
- Bestimmung der Abkühlzeit in der Form.
- Bestimmung der Wärmebehandlung des Gussteils.
- Festlegung der Kontroll- und Übergabevorschriften nach STN oder den Anforderungen von Kunden.
- Technologische Daten (Gießtemperatur, Gießzeit, Gießformen, etc.).

7.3. Auswahl der Gießposition in der Form

Die Gießposition wird entsprechend gewählt:

- Gezielte Erstarrung,
- Verlegung wichtiger, dickerer Bereiche im unteren Teil der Form, wo sich das reinste Metall befindet (bei Graugussteilen). Bei Stahlgussteilen werden die wichtigen Bereiche mit größerer Dicke im oberen Teil der Form platziert (Zugabe von Schrumpf- und Erstarrungsmetall aus den Zuführungen),
- Zuverlässige Platzierung der Kerne,
- Platzieren von dünnen Wänden im Unterteil in einem bestimmten Winkel oder vertikal.

7.4. Wahl der Trennebene

Die Trennfläche wird nach dem Prinzip der:

- Die kleinste Anzahl von Adern,
- Erreichen einer minimalen Werkzeughöhe,
- Platzieren der grundlegenden Gusselemente in einer Hälfte der Form
- Einsetzen der Hauptkerne in den unteren Teil der Form,
- Erhalten einer geraden Trennschiene.

8.MODELLBAUAUSRÜSTUNG

Die Ausrüstung für die Modellherstellung umfasst:

- Muster,
- Modellbauwerkzeug,
- Kernkästen,
- Bodenbretter.

Die Ausrüstung für die Modellherstellung wird in der Modellwerkstatt hergestellt. Die Modellbauausrüstung ist eine Einrichtung zur Herstellung eines aktiven Formhohlraums, der durch die Formformen und eingesetzte Kernwände begrenzt ist.

Die Komplexität der Ausrüstung wird durch die Komplexität des Gussteils bestimmt, von der auch die Anzahl und Position der Trennflächen, die Platzierung der Kerne und Drucke abhängen.

Holzmodellbauanlagen sind je nach verwendetem Gussmaterial auf der Oberfläche farblich gekennzeichnet (Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2 Farbmarkierung der Oberfläche von Modellbauanlagen

Gussmaterial	Farbe
Grau- und duktiles Gusseisen	rot
Verformbares Gusseisen	hellblau
Stahlguss	dunkelblau
Kupferlegierungen	gelb
Aluminiumlegierungen	grau
Magnesiumlegierungen	grün

Die Form der Modellbauvorrichtung wird durch die Form und die Größe des Gussteils, durch das Verfahren der Form- und Kernherstellung, die Art des Gussteils und die Form bestimmt.

8.1. Muster

Muster sind Werkzeuge, mit denen ein Hohlraum in der Form erzeugt wird. Die Form und die Abmessungen des Musters basieren auf der Form und den Abmessungen der Komponenten, die durch Zugaben erhöht werden.

Die freien Teile des Musters, die den Ausstoß aus der Form nicht zulassen würden, sind so hergestellt, dass sie in der Form bleiben und anschließend entfernt werden können.

8.2. Schrumpfen von Gusslegierungen

Die Abmessungen der Modelle und Kerne sind gegenüber dem fertigen Gussteil aufgrund der zu erwartenden Schrumpfung des Gussteils erhöht. Die Gesamtzugaben bestehen somit aus Schrumpfung, Bearbeitung und technologischen Zugaben (nicht vorgefertigte Löcher, Verstärkung der Wände zu den Zuführungen, Fasen usw.).

Da die Metalle und Legierungen beim Abkühlen schrumpfen, muss die Modellbauausrüstung durch die Schrumpfung des gegebenen Materials vergrößert werden. Die Schrumpfung während der Erstarrung ist unterschiedlich und hängt im Wesentlichen von der chemischen Zusammensetzung des jeweiligen Metalls, der Gießtemperatur, der Gestaltung des Gussteils und der Art der Form ab. Die allgemeinen Werte der Längenschrumpfung von Legierungen sind wie folgt:

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| • Grauguss 0,7-1,2% | Bronze 1,3-2,5%. |
| • Stahlguss 1,3-2,1% | Magnesiumlegierungen 1,1-1,4%. |
| • Messing 1,7-2,2% | Aluminiumlegierungen 0,8-1,5%. |

Bei der Berechnung ist es zeitaufwendig, Musterherstellungsmeter zu verwenden, bei denen der Maßstab um den Schrumpfungswert erhöht wird.

8.3. Bearbeitung und technologische Zulagen

Die Bearbeitungszugabe ist eine Materialschicht auf der Außen- oder Innenfläche des Gussteils, die es ermöglicht, durch spanende Bearbeitung eine genaue Dimension und Qualität des Gussteils zu erreichen. Sie wird mit Hilfe der STN 01 4980 bestimmt und hängt von den Abmessungen component's, dem Material, dem Genauigkeitsgrad und der Position der Oberfläche ab.

Technologische Zugabe ist eine Materialschicht auf der Außen- oder Innenfläche des Gussteils, die eine gezielte Verfestigung ermöglicht oder die Herstellung erleichtert.

8.4. Modell- und Gussteilfasen

Fasen dienen dazu, das Muster leicht aus der Form und den Kern aus dem Kernkasten zu entfernen. Die Wände, die senkrecht zur Trennlinie stehen, werden je nach Ort und Länge, auf die sich die Fase bezieht, praktisch auf 0,5 - 200 abgeschrägt. Abhängig vom Verhältnis der Fase zum Nennmaß unterscheiden wir Fasen der Typen A, B oder C (Abb. 5.7).

Das Nennmaß ist das in der Gussteilzeichnung angegebene Maß. Für sie gelten die Abweichungen der Abmessungen und Formen des Gussteils. Für die zu bearbeitenden Bereiche ist das Nennmaß des Gussteils das Maß einschließlich der Bearbeitungszugabe.

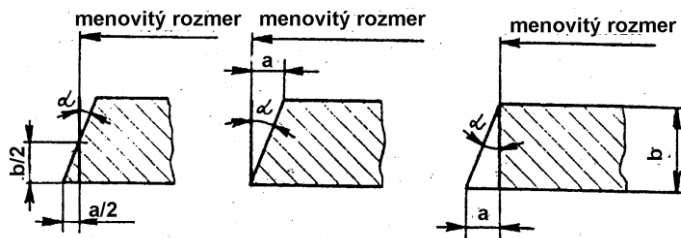


Abbildung 5.7 Gießereifasen - Typen A, B, C

Legende: *menovitý rozmer* - Nennmaß

Fase A wird in der Regel für raue Oberflächen verwendet; sie ist die am häufigsten verwendete Fase. Es muss nicht Teil der Zeichnung sein.

Die Fase B wird eingesetzt, wenn es möglich ist, die Gussmaße zu reduzieren (Gewichtsreduzierung). Es muss ein Teil der Zeichnung sein.

Die Fase C wird auf bearbeiteten Oberflächen eingesetzt oder wenn es nicht möglich ist, die Gussabmessungen zu reduzieren. Wenn die Gussflächen der C-Fase nicht bearbeitet werden, muss die Fase Teil der Zeichnung sein.

8.5. Kehrmaschinen

Es handelt sich um eine Vorrichtung zur Herstellung von Formen und Kernen, die aus einem Bolzen und dem Kehrbild besteht (Abb. 5.8). Wir unterscheiden zwischen Rotations-, Quer- und Längskehrung.

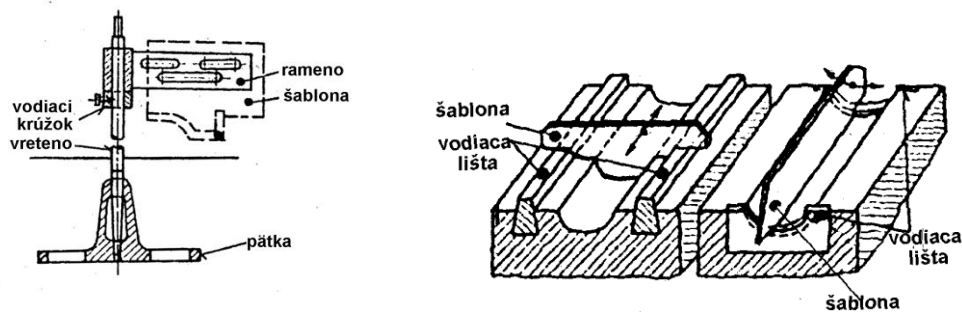


Abb. 5.8 Kehrmaschinen

a)- rotačná šablóna - Drehwinkel, b)- Quer- und Längskehrung

Legende: Rameno - Arm, šablona - Kehr Bild, Vodiaca lišta - gib, vodiaci krúžok - Führungsring, vreteno - Spindel, pätka - Wurzel

8.6. Kernkästen

Der Formhohlraum entsteht durch einen speziellen Teil der Form, den sogenannten Kern, der in einer Modellbauanlage - Kernkästen (siehe Bild 5.9) - hergestellt wird.

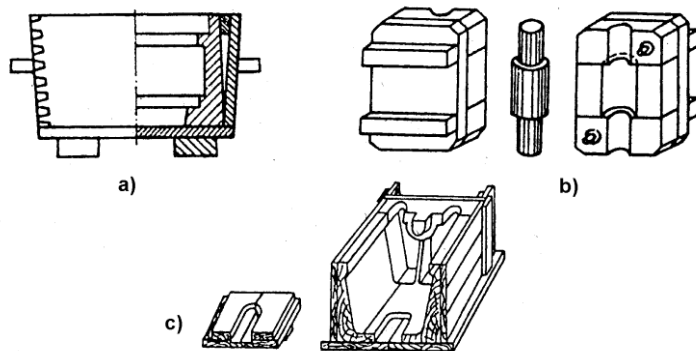


Abb. 5.9 Kernkästen a) Gehäuse, b) - geteilt, c) - Rahmen Kernkasten mit Hülse

Um die Position des Kerns und seine Verschiebung im aktiven Hohlraumteil zu sichern, wird der Kern durch Drucke in den Druckbetten platziert, die durch die Drucke auf dem Muster entstehen (Abb. 5.9). Die Drucke der vertikalen Kerne haben eine konische Form.

8.7. Musterkarten

Mustertafel ist eine Platte, auf der die Muster oder deren Teile zur manuellen Formgebung platziert werden.

Bei der maschinellen Formgebung (in Serie) werden Musterplatten mit einer festen Hälfte des Musters, einschließlich der Teile des Anschnittsystems, verwendet. Bei der Herstellung einer höheren Anzahl von Gussteilen, insbesondere bei der maschinellen Umformung, kann die Produktion erleichtert werden, indem die Hälfte des Musters auf die Modellplatte gelegt wird. Bei der Massen- und Serienproduktion ist Holz nicht geeignet.