

Interreg



EUROPÄISCHE
UNION

Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



MASCHINENBAU

Technologie des Druckgießens von Metallen



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

INHALT

1. Druckgusseigenschaften.....	3
1.1. Das Prinzip des Druckgusses.....	3
1.2. Technische und wirtschaftliche Aspekte des Druckgusses.....	3
2. Druckgießmaschinen.....	5
2.1. Warmkammer-Druckguss.....	5
2.2. Kaltkammer-Druckguss.....	6
2.2.1. Vertikale Kaltkammer-Druckgießmaschinen.....	6
2.2.2. Druckgießmaschinen mit einer horizontalen Kaltkammer.....	7
3. Hauptbauknoten von Druckgießmaschinen.....	8
3.1. Pressformmechanismus.....	9
3.2. Spanneinheiten.....	10
3.3. Kraftstoff für die Druckgießmaschine.....	11
4. Druckgießformen.....	12
4.1. Hauptteile einer Form.....	12
4.2. Der Formhohlraum.....	13
4.3. Temperatursystem.....	14
4.4. Angusssystem.....	14
4.5. Auswerfersystem.....	15
4.6. Entlüftungssystem.....	15
5. Methodik zur Entwicklung von Anschnittsystemen.....	17
5.1. Analyse des Flüssigmetallflusses.....	17
5.2. Wahl des am besten geeigneten Ortes für die Einlass- und Entlüftungskerbe.....	18
6. Technologische Faktoren des Druck-gusses.....	20
6.1. Parameter des Pressformsystems.....	20
6.2. Temperaturparameter des Druckgussprozesses.....	20
6.3. Parameter, die sich aus den Eigenschaften der flüssigen Legierung ergeben.....	21
7. Technologische Faktoren, die die mechanischen Eigenschaften von Gussteilen beeinflussen.....	22
7.1. Experimentelle Proben.....	22
7.2. Merkmale der betrachteten Faktoren.....	23
7.3. Analyse der mechanischen Eigenschaften.....	24
7.4. Analyse der inneren Homogenität.....	30

7.5.	Makro- und Mikroskopie-Analyse.....	31
8.	Gussfehler	38
8.1.	Zu wenig Guss.....	38
8.2.	Kaltverbindung	39
8.3.	Porosität	39
8.4.	Blasen.....	40
8.5.	Luft einschließungen	40
8.6.	Splits	41
8.7.	Risse	41
8.8.	Verformungen.....	42
8.9.	Größenabweichungen	42
9.	Zusatzeinrichtungen zu den Druckgießmaschinen	44
9.1.	Dosiereinrichtung.....	44
9.2.	Die Maschine zum Sammeln von Gussteilen.....	44
9.3.	Die Vorrichtung zur Behandlung von Schimmelpilzen.....	45
9.4.	Abgratpressen	46
9.5.	Die Vorrichtung zur Hilfsheizung der Betriebsflüssigkeit	46
10.	Das Schmelzen von Legierungen.....	47
10.1.	Die Chargenmaterialien.....	47
10.2.	Umwandelbares Material.....	47
10.3.	Schmelzen, Halten und Gießen	48
11.	CA-Technologien in der Gießerei	49
11.1.	NovaFlow & Solid.....	49
11.2.	PamCast.....	50
11.3.	Simtec - Wincast.....	51
11.4.	Magmasoft.....	52
12.	Spezielle Technologien in der Gießerei.....	53
12.1.	SEMI SOLID METAL (SSM) Prozess	53
12.2.	Rheocasting	53
12.3.	Thixocasting	54
12.4.	Thixoforming.....	55
12.5.	Thixomoulding.....	55
	Literatur.....	56

I. DRUCKGUSSEIGENSCHAFTEN

I.1. Das Prinzip des Druckgusses

Druckguss ist eine Technologie der Gießereiindustrie, bei der geschmolzenes Metall mit hoher Geschwindigkeit und Druck aus der Gießkammer in den Blocker transportiert wird, wo der endgültige Guss erstarrt.

Die Geschwindigkeit des Kolbens, der die flüssige Legierung auf und ab treibt, arbeitet in m/s. Auf diese Weise wird die flüssige Legierung von der Gießkammer zum Blocker durch ein Angusssystem transportiert. Der Übergang zwischen Angusssystem und Blocker stellt eine Kerbe dar. Die Geschwindigkeit des Flüssiglegierungsstroms steigt in der Kerbe auf mehrere zehn Meter pro Sekunde. Die hohe Strömungsgeschwindigkeit ermöglicht es der flüssigen Legierung, die Gießkammer in einer Zeitspanne von Einheiten oder Zehntel Millisekunden zu füllen. Diese Methode der Hohlraumfüllung ermöglicht die Herstellung von dünnwandigen, komplex geformten Gussteilen mit hoher Maßgenauigkeit und mit präzisen Kopien des oberflächlichen Reliefs des Formhohlraums.

I.2. Technische und wirtschaftliche Aspekte des Druckgusses

Vorteile

- Eine mögliche Produktion von Gussteilen in kurzen Abständen,
- Eine große Anzahl von Gussteilen, die aus einer Form hergestellt werden.
- Mögliche Herstellung von komplex geformten und dünnwandigen Gussteilen
- Eine glatte Oberfläche von Gussteilen
- Eine geringe Abfallproduktion und damit geringere Kosten für das Einsatzmaterial.
- Möglicher Vorguss von Öffnungen mit kleinem Durchmesser bei geringer Bearbeitung
- Leichtguss von Einsätzen aus anderen Metallen oder Materialien
- Eine feinkörnige Struktur der Gussteile sorgt für gute mechanische Eigenschaften.

Nachteile

- Hohe Kosten für den Formenbau,
- Enorme Investitionen in Maschinen und entsprechende Geräte,
- Die maximale Größe der Gussteile ist durch die Größe der jeweiligen Maschine begrenzt.
- Druckgusslegierungen sind weniger dehnbar.
- Gussteile sind teilweise porös, können aber in ihrer Porosität eingeschränkt sein,
- Die Druckgusstechnik erfordert eine vorherige Berufserfahrung, daher ist ein qualifiziertes Personal erforderlich.

2. DRUCKGIEßMASCHINEN

Das Druckgießen von Metallen erfolgt auf Druckgießmaschinen, die technologisch unterteilt sind:

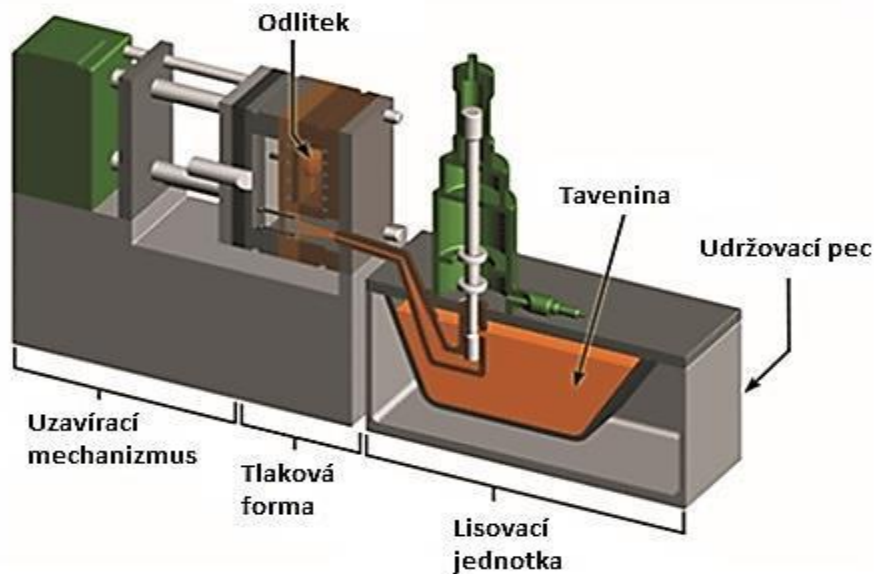
- Warmkammer-Druckgießmaschinen:
- Kolbenbasiert
- Luftbasiert

Kaltkammer-Druckgießmaschinen:

- Mit vertikaler Matrizenrüstung
- Mit horizontaler Matrizenrüstung

2.1. Warmkammer-Druckguss

Niedrigschmelzende Legierungen, wie z.B. Zinn, Blei und Zinklegierungen, werden in Heißkammeranlagen verarbeitet. Bei Verwendung dieser Art von Maschinen bildet der Ofen einen integralen Bestandteil der Maschine und geschmolzenes Metall wird durch einen Kolben oder ein luftbasiertes Pressverfahren 2 - 7 MPa direkt aus dem Becher in die Form gedrückt. In beiden Fällen wird die Kammer im Schwanenhals enger und endet mit einer Düse. Diese Düse wird auf die feste Matrizenhälfte, d.h. deren Öffnung, gedrückt. Der Kolben in seiner oberen, voreingestellten Position überlappt nicht die Einlassöffnung der Kammer und die Metallschmelze fließt durch diese Einlassöffnung vom Becher in die Kammer. Flüssiges Metall wird durch die Düse in die Form gedrückt. Dann folgt eine Zeitspanne, die einige Sekunden dauert und innerhalb derer das Metall im Formhohlraum zu einem Gussstück erstarrt. Nach Ablauf dieser Zeit kehrt der Kolben in seine Ausgangsposition zurück, während sich das Einlassloch der Kammer wieder öffnet. Die Kammer wird gleichzeitig mit einem weiteren Abschnitt aus geschmolzenem Metall und flüssigem Metall aus dem Schwanenhals gefüllt. Die bewegliche Matrizenhälfte, die auch das Gießen übernimmt, öffnet sich innerhalb dieser Aktivität. Das Gussstück wird aus dem Griff der Klemmen gelöst und ein Servicemitarbeiter nimmt es mit einer Zange oder einem anderen Werkzeug und legt es auf eine Palette. Wenn die Form offen ist, wird ihr Hohlraum mit einem Schmiermittel besprüht. Dann folgt das Schließen der Form und die Vorrichtung kehrt in ihre Ausgangsposition zurück und der gesamte Zyklus wiederholt sich.



Warmkammer-Druckgussmaschine

Obere Reihe von links nach rechts: Gießen, Metallschmelze, Ofen

Untere Reihe von links nach rechts: Schließeinheit, Matrizenbaugruppe, Spritzeinheit

2.2. Kaltkammer-Druckguss

Hochschmelzende Legierungen, d.h. Aluminium-, Magnesium-, Messing- und Eisenlegierungen, werden in Kaltkammer-Druckgießmaschinen verarbeitet. In diesem Fall ist der Ofen mit geschmolzenem Metall kein Teil der Maschine. Stattdessen wird es getrennt und geschmolzenes Metall in die Maschinenkammer eingespritzt, bevor der Formpressprozess stattfindet.

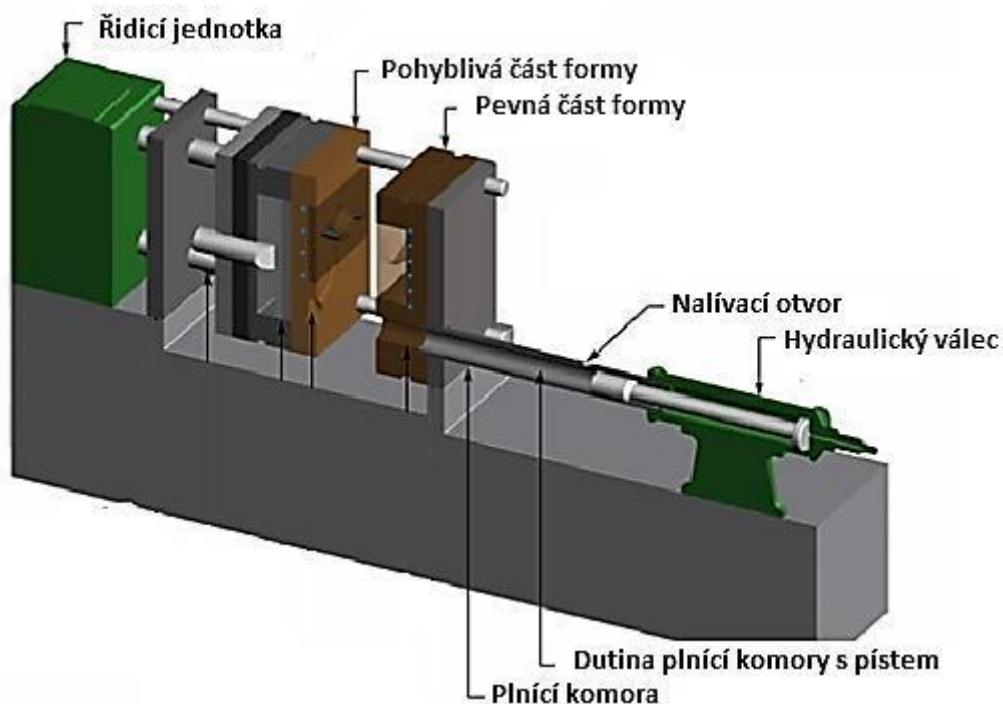
2.2.1. Vertikale Kaltkammer-Druckgießmaschinen

Sie bestehen aus einem vertikal angeordneten Zylinder, einer Düse, einem Hydraulikkolben und einem unteren Kolben mit einer Feder. Der Kolben befindet sich in seiner Standardposition, d.h. er überlappt aus der Kammer, in die flüssiges Metall gegossen wird. Der Hydraulikkolben bewegt sich nach unten und bewirkt, dass geschmolzenes Metall durch den unteren Kolben gedrückt wird, was bedeutet, dass die Düse freigelegt wird und flüssiges Metall durch sie in den Formhohlraum geleitet wird. Dann folgt ein Zeitraum, in dem sich das Metall im Formhohlraum verfestigt. Nachdem das Metall erstarrt ist, kehrt der Hydraulikkolben in seine Ausgangsposition zurück. Die Kraft der Druckfeder, die unter dem unteren Kolben angeordnet ist, bewirkt, dass sich der Kolben bewegt, die durch die Metallverfestigung entstandenen Metallscheiben in der Kammer klemmt und die Platten aus der Kammer wirft. Dann öffnet sich die Kammer, das Guss-

herausgeworfen und schließlich wird der Formhohlraum mit einem Gleitmittel besprüht. Die Werkzeugkavität schließt sich und der Zyklus wiederholt sich.

2.2.2. Druckgießmaschinen mit einer horizontalen Kaltkammer

Das Verfahren basiert auf folgendem Prinzip: Die Kammer in ihrer horizontalen Position weist ein Gießloch auf, in das geschmolzenes Metall gegossen wird. In dieser Kammer bewegt sich ein Hydraulikkolben. Die Innenbohrung der Gießkammer sollte durch die feste Matrize laufen, halb so weit, wie die Teilungsebene liegt. Beim Gießen des Metalls befindet sich der Hydraulikkolben in seiner hinteren Position, damit das Gießloch freigegeben werden kann. Die Bewegung des Kolbens drückt die Metallschmelze in den Formhohlraum. Nach Abschluss des Pressformprozesses beginnt sich der Formhohlraum zu öffnen, während der Kolben die Metallplatte aus der Gießkammer herausdrückt. Nach Beendigung der Öffnung kehrt der Kolben in seine hintere Position zurück. Wenn der Formhohlraum geöffnet ist, wird das Gussteil entfernt und der Hohlraum mit einem Gleitmittel besprüht. Dann schließt sich die Kavität und der Zyklus wiederholt sich.



Horizontale Kaltkammer-Druckgießmaschine

Obere Reihe von links nach rechts: Schließeinheit, bewegliche Werkzeughälfte, feste Werkzeughälfte, Gießloch, Hydraulikzylinder

Untere Reihe von links nach rechts: Gießkammer, Gießkammer, Gießhülse

3.HAUPTBAUKNOTEN VON DRUCK- GIEßMASCHINEN

Druckgießmaschinen müssen leistungsfähig sein:

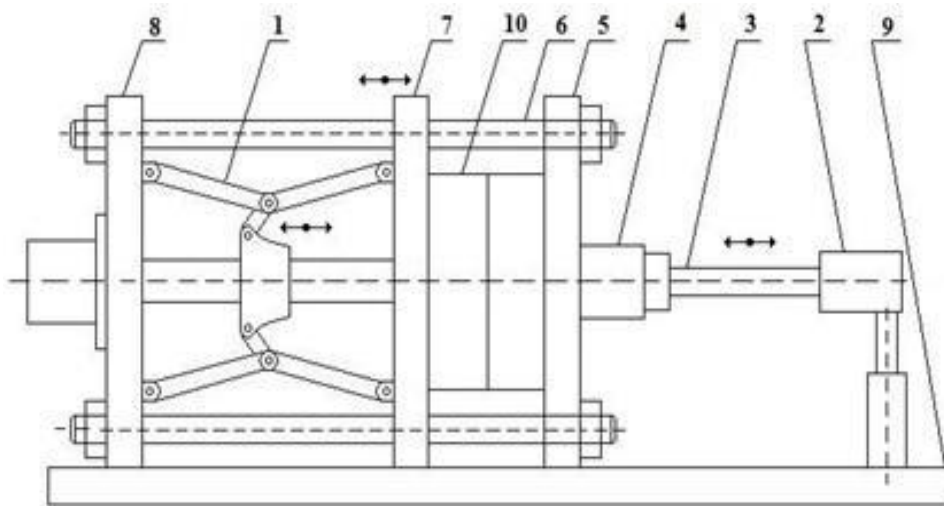
- Sicheres Schließen der Form
- Formpressen von Metall
- Verfestigung von Gussteilen
- Öffnen der Form
- Entfernen von Kernen
- Entnahme von Gussteilen aus der Form

Um diese Arbeiten sicher durchführen zu können, bestehen Druckgießmaschinen aus diesen Hauptteilen:

- Maschinenkraftstoff
- Schließeinheit
- Pressformmechanismus
- Maschinenrahmen
- Hydraulische Gitter
- Maschinenhaube
- Steuerungssystem

Hauptbauknoten von horizontalen Kaltkammer-Druckgießmaschinen

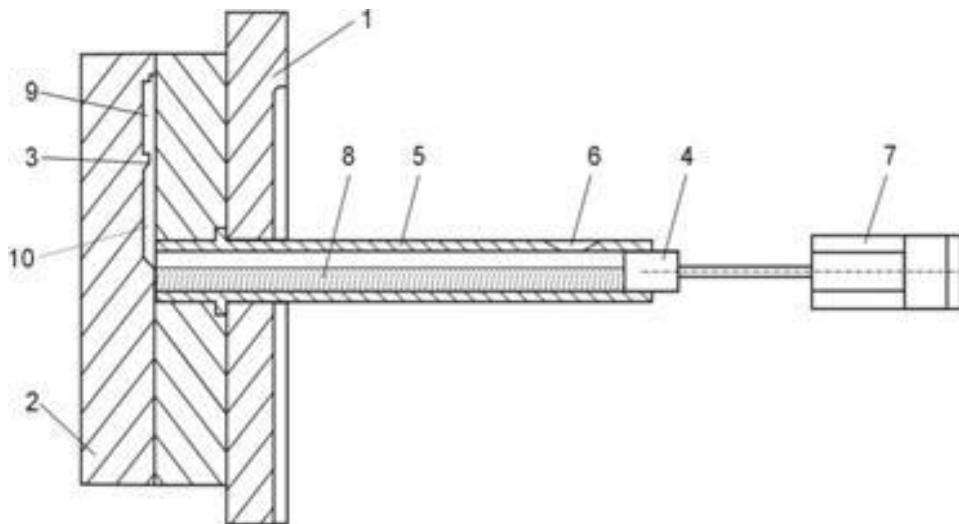
1. Schließeinheit
2. Pressformmechanismus
3. Presskolben mit Zylinder
4. Schussskammer
5. Vordere Klemme
6. Führungsstange
7. Bewegliche Klemme
8. Hintere Klemme
9. Stationärer Abschnitt
10. Form



3.1. Pressformmechanismus

Seine Hauptaufgabe ist es, geschmolzenes Metall mit einer hochspezifizierten Geschwindigkeit innerhalb der Erstarrungszeit unter Anwendung von hohem Druck in einen Formhohlraum zu fördern.

1. vordere Klemme
2. Form
3. Einlasskerbung
4. Hydraulikkolben
5. Schusskammer
6. Gießloch
7. Hydraulikzylinder
8. Flüssigmetall
9. Formhohlraum
10. Anguss



3.2. Spanneinheiten

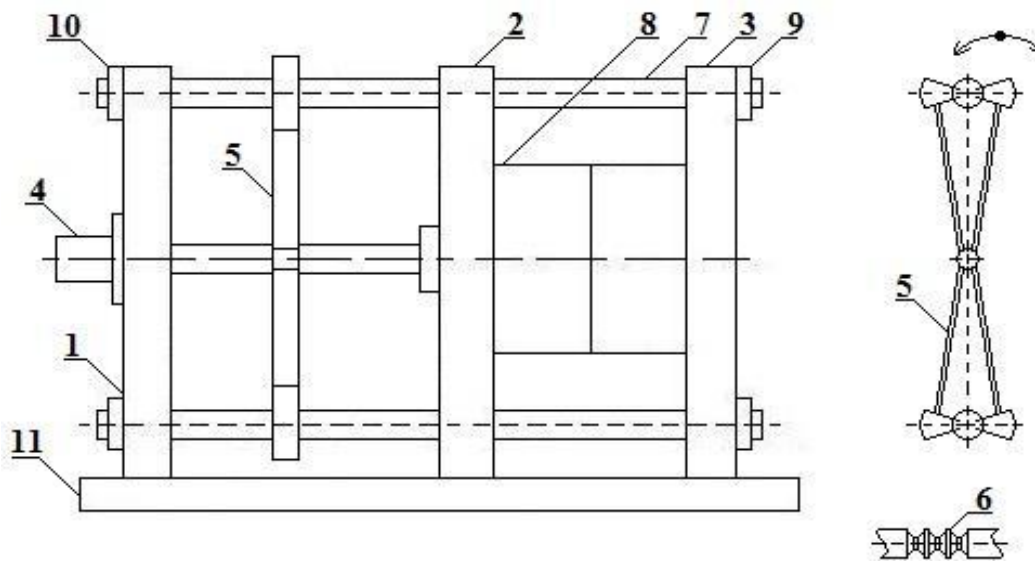
In Bezug auf die Konstruktion werden die Klemmeinheiten unterteilt in:

- hydraulische Schließeinheit
- mechanische Schließeinheit
- hydraulisch-mechanische Schließeinheit
- elektrische Schließeinheit

Hydraulisch-mechanische Schließeinheiten

1. hintere Klemme
2. bewegliche Klemme
3. vordere Klemme
4. geradliniger Hydraulikmotor
5. drehbare Klemmen mit modellierten Vorsprüngen
6. Kerbstäbe
7. Stange
8. Form
9. Vordere Mutter
10. Gegenmutter
11. stationärer Abschnitt

Das Schließen der Form erfolgt durch ein kraftloses Verfahren des Hydraulikzylinders. Das sichere Schließen und Befestigen der Form erfolgt durch zwei rotierende Klammern und Formprojektionen, die in die Kerbstäbe passen.



3.3. Kraftstoff für die Druckgießmaschine

Druckgießmaschinen verwenden Hydrauliköl. Ältere Maschinen nutzten Wasserdampf zur Erzeugung von Druckenergie, heute ist es Mineralöl, d.h. wasserbasierte Flüssigkeit - Glykol, das am häufigsten verwendet wird.

Der Kraftstoff wird von einer Pumpe betrieben, die in einem Druckmodus bis zu 4,5 MPa arbeitet.

Konstruktiv sind die Pumpen wie folgt unterteilt:

- Kolbensteuerungspumpe
- Schaufelsteuerungspumpe
- Schraubenregelungspumpe

4. DRUCKGIEßFORMEN

4.1. Hauptteile einer Form

Die Form ist dafür verantwortlich, das verarbeitete Material in der gewünschten Form herzustellen und auf eine solche Temperatur abzukühlen, dass das Gussteil fest genug ist, um ohne Verformung aus der Form entfernt zu werden. Formen müssen hochdruckfest sein, Produkte mit genauen Abmessungen herstellen können und die Entnahme des Gussteils ermöglichen.

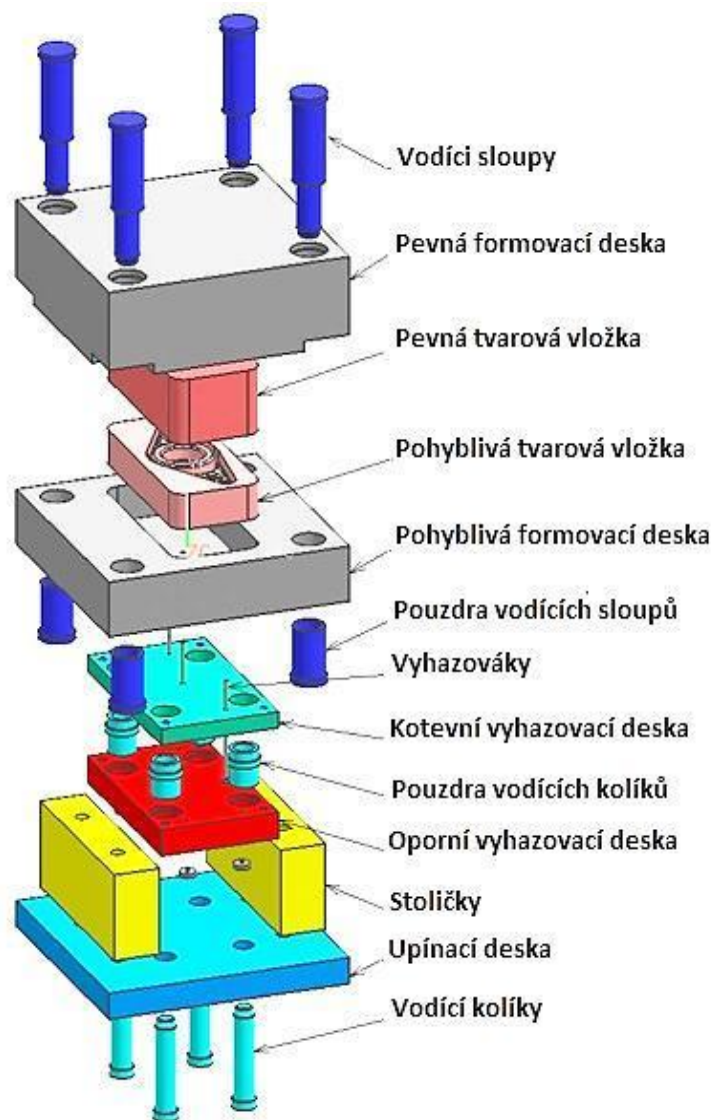


Bild (von oben nach unten): Führungsstangen, feste Matrizenhälfte, fester Modelliereinsatz, beweglicher Modelliereinsatz, bewegliche Matrizenhälfte, Führungsstangenbuchsen, Auswerferstifte, Kernauswerferplatte, Führungsbuchse, Kernrückplatte, Distanzstü-

Klemmplatte, Führungsbolzen

Die Form besteht aus diesen Hauptteilen:

- Komponenten zur Modellierung des Formhohlraums
- Kühlung, d.h. Temperatursystem
- Angusssystem
- Auswurfsystem
- Entlüftungssystem
- Spann- und Führungselemente

Grundsätzlich lassen sich die Hauptteile der Form in Konstruktions- und Funktionsteile unterteilen. Konstruktionsteile sind für das reibungslose Funktionieren der Form verantwortlich und funktionale sorgen für die Verarbeitung und Modellierung des Materials.

4.2. Der Formhohlraum

Der Formhohlraum ist entscheidend für das reibungslose Funktionieren der Form. Der Formhohlraum ist identisch mit der Form des gewünschten Gussteils; der Formhohlraum unterscheidet sich jedoch in den Verhältnissen, die um einen Schrumpfungswert des Materials höher sein müssen. Der Formhohlraum bewirkt, dass das Material dort abkühlt. In Bezug auf seine Eigenschaften wäre es anwendbar, dass der Kühleffekt alle Teile des Gussteils mit gleicher Geschwindigkeit beeinflusst. Um dies zu gewährleisten, ist es notwendig, darauf zu achten, dass der Temperaturbereich des Hohlraums homogen ist. Die Folge ungleicher Abkühlung ist die vorzeitige Verfestigung des Materials an kälteren Stellen. Infolgedessen bilden diese Stellen eine dickere Oberflächenschicht auf dem erstarrten Material, was eine signifikante Verringerung seines Querschnitts bedeutet, durch den das geschmolzene Material in andere Teile des Hohlraums läuft. Darüber hinaus wird die Form an verschiedenen Stellen mit unterschiedlichen technologischen Bedingungen gefüllt, was zu unterschiedlichen Eigenschaften des Gussteils an der jeweiligen Stelle führt. Die ungleiche Kühlung führt dabei zu einer inneren Spannung, die das Endprodukt schädigen kann.

4.3. Temperatursystem

Temperatursystem ist ein System von Kufen und Hohlräumen, durch das ein Kühlmedium läuft. Dieses System regelt die Werkzeugtemperatur auf einen bestimmten Wert.

Das Temperatursystem ist in separate Segmente unterteilt, die entsprechend der Art und Weise, wie das Gussteil in der Form modelliert wird, und entsprechend der Position der Trennfläche gestaltet sind. Die Konstruktion des Einsatzes von Temperaturkanälen und deren Proportionen muss die Gesamtkonstruktion der Form berücksichtigen und ihr Einsatz muss der gleichen Verfestigung des Gussteils über sein gesamtes Volumen entsprechen. Der Querschnitt der Kufen ist in der Regel kreisförmig, es gibt aber auch Kufen mit rechteckigem Querschnitt.

Die Formtemperatur und das thermische Gleichgewicht der Druckgießformen beeinflussen die Qualität der Gussteile erheblich und verlängern zudem die Lebensdauer der Form. Das Kühlsystem der Formen muss so ausgelegt sein, dass Fehler durch ungünstige Temperaturen vermieden werden.

Daher müssen im Hinblick auf das Temperatursystem spezielle Kufen im Werkzeug hergestellt werden. Der Laufraddurchmesser ist abhängig von der Dicke der Gussteilwand.

4.4. Angusssystem

Das Angusssystem besteht aus einfachen oder komplexen Kufen, die Formhohlräume mit Gießkammern verbinden. Das Angusssystem steuert die ordnungsgemäße Befüllung des Formhohlraums, die klare Trennung oder den Abtransport des Restmaterials. Das Angusssystem ist entsprechend den Werkzeugkavitäten und deren Einsatz ausgelegt. Der Anguss verlängert den Fließweg des geschmolzenen Metalls in die Form, was zu einer Absenkung der Temperatur und einer Verringerung der Druckfestigkeit führt. Aus diesem Grund ist es bei der Konstruktion von Formen notwendig, die Kufen so kurz wie möglich und die Querschnitte so groß wie möglich zu gestalten.

Das Angusssystem sollte so ausgelegt sein, dass es den folgenden Anforderungen entspricht:

- geeignete Füllung des Formhohlraums
- Um den Metallfluss in den Formhohlraum zu lenken, damit seine Wände nicht vorzeitig abgenutzt werden.
- Begrenzung des lokalen Temperaturanstiegs, der zu übermäßigem Verschleiß und Verschlechterung der Oberflächenreinheit des Gussteils führen würde.
- Um Wirbelbäder im Metallfluss so weit wie möglich zu vermeiden, führen Wirbelbäder zu einer Gasbildung im Gussteil.

- Die erforderliche Form- und Oberflächenqualität des Gussteils.

4.5. Auswerfersystem

Da Gussteile während des Kühlvorgangs zum Schrumpfen neigen, bleiben sie mit den Modellteilen des Formhohlraums verklebt; daher ist es notwendig, ein Auswerfersystem zum Auswerfen des Gussteils vorzusehen. Ein solches System ist in der Regel mechanisch, aber auch pneumatische und hydraulische Systeme können eingesetzt werden. Im Großen und Ganzen werden oft verschiedene Entleerungssysteme in Kombination eingesetzt.

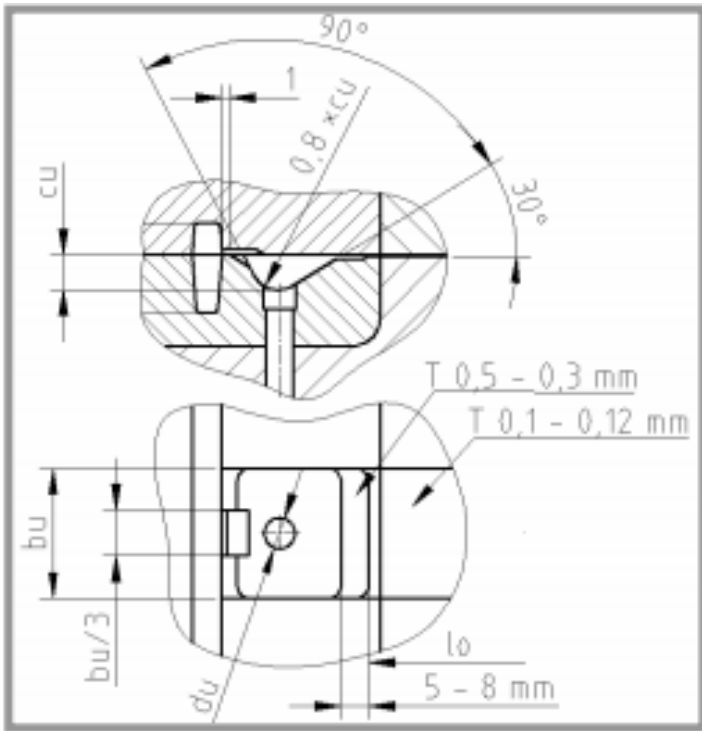
Die Auswerferkräfte werden aus Berechnungen des spezifischen Drucks zwischen Form und Gussstück abgeleitet; außerdem können sie aus der thermischen Abhängigkeit vom Reibungskoeffizienten zwischen beiden Formhälften und aus den Anteilen des Gussteils berechnet werden.

Spann- und Führungselemente

Diese beziehen sich auf einen Konstruktionsteil von Maschinen, die dafür sorgen und sorgen, dass Formteile zusammenpassen und beweglich sind.

4.6. Entlüftungssystem

Die Entlüftung eines Modellhohlraums ist von großer Bedeutung. Da die Formpressdauer relativ kurz ist und der Formpressprozess mit hoher Geschwindigkeit und hohem Druck abläuft, wäre es für die Luft im Formhohlraum unmöglich, durch Formleckagen in der Teilungsebene auszulaufen. Dies würde zu einer unvollständigen Füllung des Formhohlraums und zu einem kritischen Druckanstieg im Hohlraum führen. Dabei ist es notwendig, durch die Implementierung eines Systems von Entlüftungskanälen sicherzustellen, dass die Luft effektiv aus dem Formhohlraum abgelassen wird. Diese Kanäle dürfen jedoch keine Grate am Gussstück verursachen.



5.METHODIK ZUR ENTWICKLUNG VON ANSCHNITTSYSTEMEN

Der Entwurf von Angusssystemen eines Formhohlraums besteht aus folgenden Schritten:

- Analyse des Flüssigmetallflusses
- Wahl des am besten geeigneten Ortes für die Platzierung der Einlasskerbung und des Entlüftungssystems
- Berechnung der maximalen Zeit für die Formhohlraumfüllung und der Metallströmungsgeschwindigkeit in der Einlaufkerbe
- Aufteilung des Gussteils in Angussteilsegmente
- Bestimmung des Volumens von Überläufen
- Berechnung der Gesamtfläche der Einlaufkerbe und der Wahl der Kerbhöhe
- PQ 2-Analyse und die Schließkraft der Maschine
- Füllzeit des Formhohlraums und die Fläche der Kerbe, berechnet aus einzelnen Segmenten.
- Wahl des Kerbtyps, der Art des Angusses und seiner Form

5.1. Analyse des Flüssigmetallflusses

Die ideale Form eines Gussteils ermöglicht es, dass flüssiges Metall durch klar definierte und direkte Wege in den Formhohlraum fließen kann. Allerdings ist es nur in den seltensten Fällen möglich, eine so ideale Form zu entwerfen, die diesen Anforderungen, insbesondere Angüssen und Ausklinkungen, gerecht wird. Tatsächlich erfordern reale Bedingungen Kompromisse. Designer sollten nicht nur den technologischen, sondern auch den gießereiwirtschaftlichen Aspekt berücksichtigen. Der Prozess der Gestaltung des Angusssystems erfordert Beratung und Diskussionen mit Mitarbeitern, die im Bereich des Druckgusses erfahren sind und auch den praktischen Aspekt des Konstruktionsprozesses berücksichtigen. Als Ergebnis müssen die Konstrukteure einen akzeptablen Kompromiss zwischen der geforderten Form, der idealen Form und den Beobachtungen der Experten finden und so den bequemsten Weg für den Fluss des flüssigen Metalls finden. Es ist hauptsächlich dieser Weg (Methode), der die Position der Einlasskerbe bestimmt.

5.2. Wahl des am besten geeigneten Ortes für die Einlass- und Entlüftungskerbe

Alle in der Gießereiindustrie verwendeten, bisher bekannten Legierungen neigen während des Verfestigungs- und Abkühlungsprozesses zum Schrumpfen. Wenn dieses Problem nicht richtig angegangen wird, d.h. bei der Konstruktion der Form nicht berücksichtigt wird, zeigen Endgüsse verschiedene Fehler, die durch Schrumpfung während des Erstarrungsprozesses verursacht werden. Diese Defekte werden als Hohlräume im Gussteil (höhere Porosität) und als Hohlräume mit unterschiedlichen Anteilen nachgewiesen.

Bei der Durchführung von Sandguss, Kokillenguss, Niederdruckguss und Feinguss wird das Formschrumpfen mit einem um einen dem Schrumpfen entsprechenden Wert erhöhten Volumen der Form ausgelöst. Das Ergebnis ist, dass das Endprodukt auch nach dem Schrumpfen die erforderlichen proportionalen Eigenschaften aufweist. Diese Volumenzunahme wird durch so genannte Feederheads nachgewiesen. Zuführköpfe sind kegelförmige Vorsprünge, die sich über dem am schwersten zugänglichen Abschnitt befinden und in dem das Gussteil seine Verfestigung vollendet.

Der Druckguss ist eine Ausnahme unter den Technologien der Gießereiindustrie, da die Zuführköpfe im Blocker nicht vorhanden sind. Tatsächlich wird der Schrumpf durch Injektion eliminiert; aus diesem Grund ist es notwendig, das Angussystem so zu gestalten, dass die Schmelze den Druck bei minimalen Verlusten so lange wie möglich übertragen kann. Die Konstrukteure müssen das Druckgefälle und die Prozesse im Formhohlraum von der Einlasskerbe bis hin zu den Absaugungen berücksichtigen.

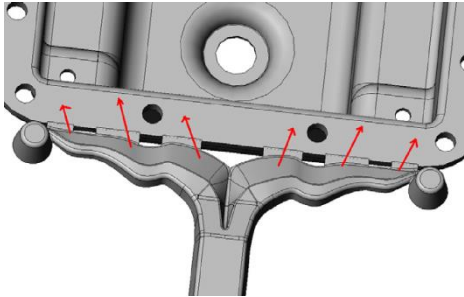
Praktisch und praxisnah ist es, ein Angussystem so zu gestalten, dass sich die Kerbe in der Trennebene der Form befindet, während sich das Entlüftungssystem gegenüber befindet. Eine effektive Lösung besteht darin, den Anguss und die Absaugungen so zu platzieren, dass das flüssige Metall im Blocker über möglichst kurze Wege fließen sollte.

Das tangentielle Angussystem ermöglicht einen direkten Fluss des flüssigen Metalls, während die fächerförmige Einlassmündung nur geringe oder keine Steuerungsmöglichkeiten zulässt.

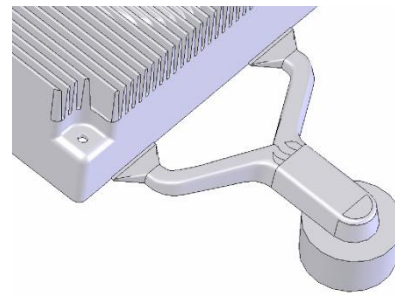
Beide Arten von Angussystemen können mit einem mehrfachen oder geteilten Anguss verwendet werden. Wenn das Gussteil in mehrere Abschnitte mit unterschiedlicher Wanddicke unterteilt ist, kann jeder Abschnitt mit einer Kerbe versehen werden.

Wenn möglich, ist es bei der Konstruktion eines Anschnittsystems zweckmäßig, die Situation zu vermeiden, dass sich zwei verschiedene Ströme von eingespritztem Metall vor den Einlaufkerben treffen. Diese Situation ist sehr ungünstig, kann aber nicht immer vermieden werden. In einer solchen Situation sollte die Einlasskerbe vom inneren Teil des Gussteils aus platziert werden. Die Schwachstellen beim Bau eines zentralen

Anschnittsysteme sind insbesondere das Fehlen mehrerer Hohlräume und eine zu lange Konstruktion von Anschnittsystemen, die dazu führt, dass die Geschwindigkeit des Flüssigmetallflusses abnimmt, bevor er in den Formhohlraum gelangt ist.



Tangentiales Anschnittsystem



Fächerförmiges Anschnittsystem

6. TECHNOLOGISCHE FAKTOREN DES DRUCK-GUSSES

Die Qualität von Druckgussteilen wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Aus konstruktiver Sicht ist es vor allem eine gute Gestaltung der Kokille, ihres Angussystems, des Entlüftungssystems, des Temperatursystems und der Wahl einer geeigneten Pressmaschine, die die Qualität der Gussteile beeinflusst. Darüber hinaus spielen eine bestimmte Art von Druckgusslegierung, deren metallurgische Verarbeitung, Wartung, Zustand und Schmierung von Werkzeugkavitäten und nicht zuletzt der Maschinenservice eine wichtige Rolle. Eine separate Gruppe von Faktoren sind technologische Parameter des Druckgusses. Diese können wie folgt in drei Gruppen eingeteilt werden:

- Parameter des Pressformsystems
- Temperaturparameter des Druckgussprozesses
- Parameter, die sich aus den Eigenschaften der flüssigen Legierung ergeben.

6.1. Parameter des Pressformsystems

Die Hauptaufgabe des Pressformmechanismus besteht darin, die flüssige Legierung gemäß den technologischen Parametern in den Formhohlraum zu transportieren und zu formen, um eine reibungslose und vollständige Füllung des Formhohlraums zu ermöglichen. Diese Parameter sind wie folgt:

- Formpressgeschwindigkeit in der Gießkammer
- Spezifischer Druck auf die flüssige Legierung und die Einspritzung
- Zeitspanne der Formhohlraumfüllung

6.2. Temperaturparameter des Druckgussprozesses

Temperaturparameter beeinflussen die flüssige Legierung signifikant, vom Durchlauf durch die Formpresse über die Dosierzeit bis zur Erstarrung des Gussteils und der Entnahme aus dem Formhohlraum. Diese Parameter sind wie folgt:

- Temperatur der geschmolzenen Legierung
- Temperatur in der Schrotkammer
- Temperatur der Form

6.3. Parameter, die sich aus den Eigenschaften der flüssigen Legierung ergeben.

Die Eigenschaften der flüssigen Legierung und das Verfahren zu ihrer Herstellung beeinflussen die Qualität des Gussteils erheblich. Die grundlegenden technologischen Parameter, die sich aus den Eigenschaften der flüssigen Legierung ergeben, sind die folgenden:

- Tendenz zur Vergasung
- Tendenz zu Kontraktionen

7. TECHNOLOGISCHE FAKTOREN, DIE DIE MECHANISCHEN EIGENSCHAFTEN VON GUSSTEILEN BEEINFLUSSEN

7.1. Experimentelle Proben

- Elektromotorischer Flansch (Abb. 1)
 - bleibende Verformung
 - Härte
- Prüfstab (Abb. 3)
 - s Zugfestigkeitsgrenze - R_m
 - HB-Duktilität - A5

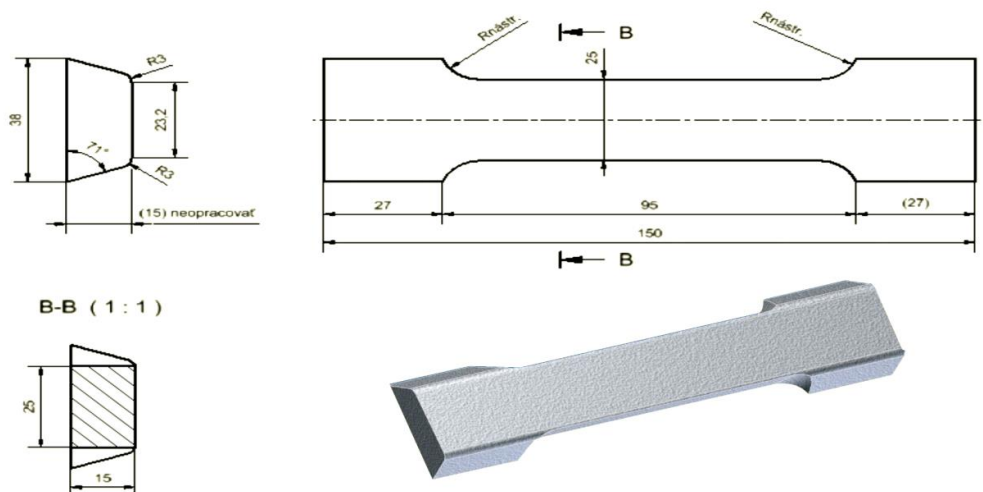


Bild. 1 Elektromotorischer Flansch
Text zum Bild: kritischer Punkt im Gussteil



Bild. 3 Prüfstab

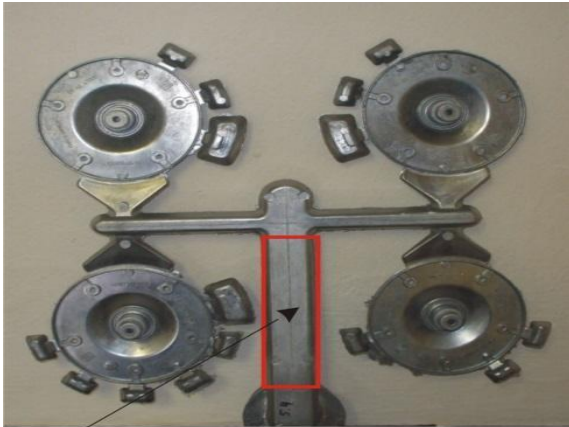


Bild. 2 Stelle, an der der Prüfstab entnommen wird
 Text zum Bild: Ort der Entnahme der Versuchsprobe

miesto odobratia skúšobnej vzorky

7.2. Merkmale der betrachteten Faktoren

Der Einfluss von zwei Faktoren wurde basierend auf den mechanischen Eigenschaften berücksichtigt:

1. Faktor - Geschwindigkeit des Hydraulikkolbens:

$$v_1 = 1,9 \text{ m.s}^{-1} \quad v_4 = 2,9 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_2 = 2,3 \text{ m.s}^{-1} \quad v_5 = 3,2 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_3 = 2,6 \text{ m.s}^{-1}$$

2. Faktor - Einspritzung:

$$p_1 = 13 \text{ MPa}$$

$$p_2 = 22 \text{ MPa}$$

$$p_3 = 25 \text{ MPa}$$

Konstante Faktoren:

- Temperatur der Flüssiglegierung - 708 °C
- Temperatur der Form - 199 °C
- Zeitraum der Formhohlraumfüllung - 0,019 s

Analyse der Geschwindigkeit der flüssigen Legierung in der Anguss- und Einlasskerbe:

Registerkarte 2 Die Geschwindigkeit der flüssigen Legierung in der Anguss- und Einlasskerbe wird durch die Kontinuitätsgleichung bestimmt.

Geschwindigkeit des Hydraulikkolbens (m.s-1)	Geschwindigkeit der flüssigen Legierung im Anguss (m.s-1)	Geschwindigkeit der flüssigen Legierung in der Einlasskerbe[m.s-1]
1,9	14,78	36,58
2,3	17,89	44,28
2,6	20,23	50,05
2,9	22,56	55,83
3,2	24,9	61,60

7.3. Analyse der mechanischen Eigenschaften

Bewertung der Zugfestigkeitsgrenze:

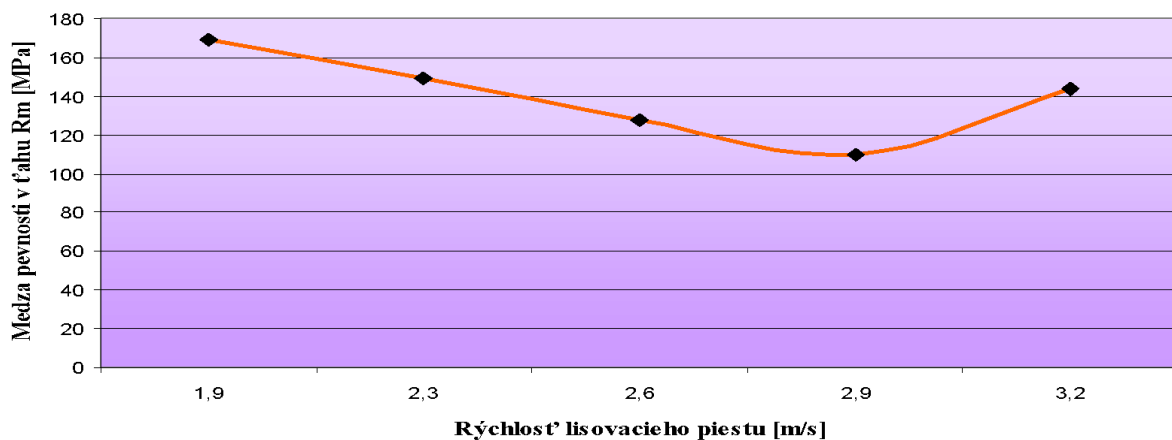


Bild. 4 Abhängigkeit der Zugfestigkeitsgrenze R_m über die Änderung der Formpressgeschwindigkeit des Kolbens
 Vertikaler Text: Zugfestigkeitsgrenze R_m MPa
 Horizontaler Text: Geschwindigkeit des Hydraulikkolbens (m/s)

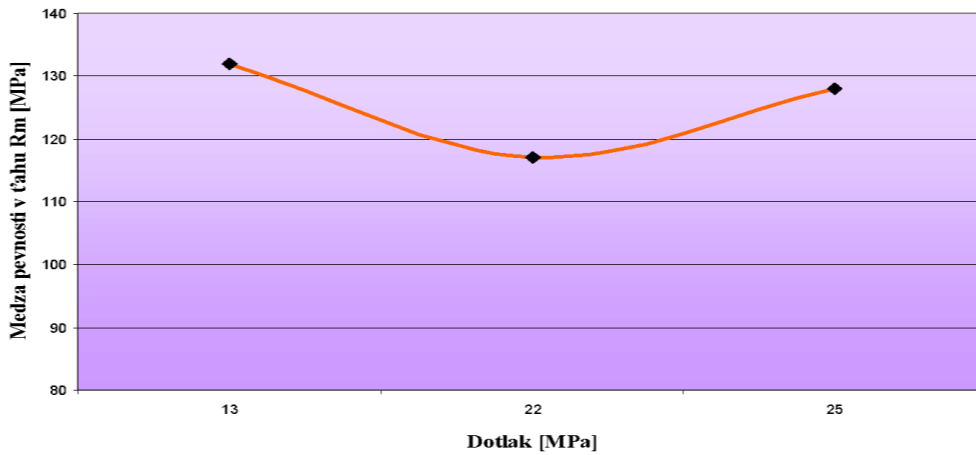


Bild. 5 Abhängigkeit der Zugfestigkeitsgrenze R_m zur Änderung der Einspritzung
 Vertikaler Text: Zugfestigkeitsgrenze R_m Mpa
 Horizontaler Text: Einspritzung

Bewertung der Duktilität

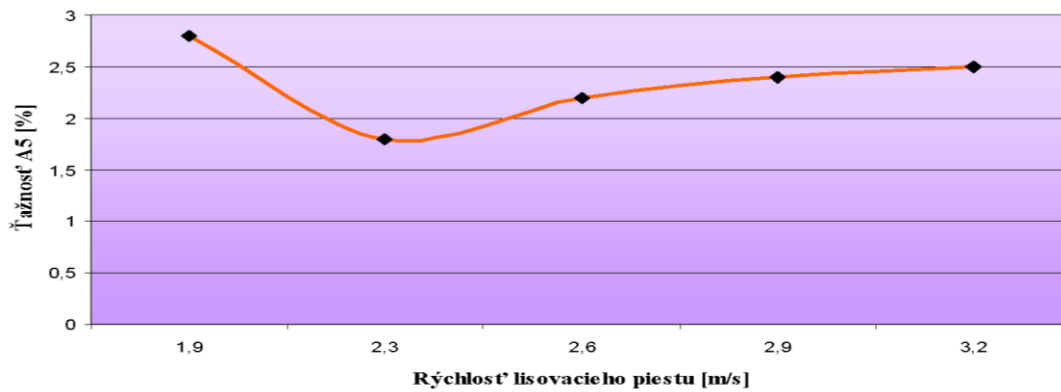


Bild. 6 Abhängigkeit der Duktilität A5 von der Änderung der Drehzahl des Hydraulikkolbens
 Vertikaler Text: Duktilität A5 (%)
 Horizontaler Text: Geschwindigkeit des Hydraulikkolbens (m/s)

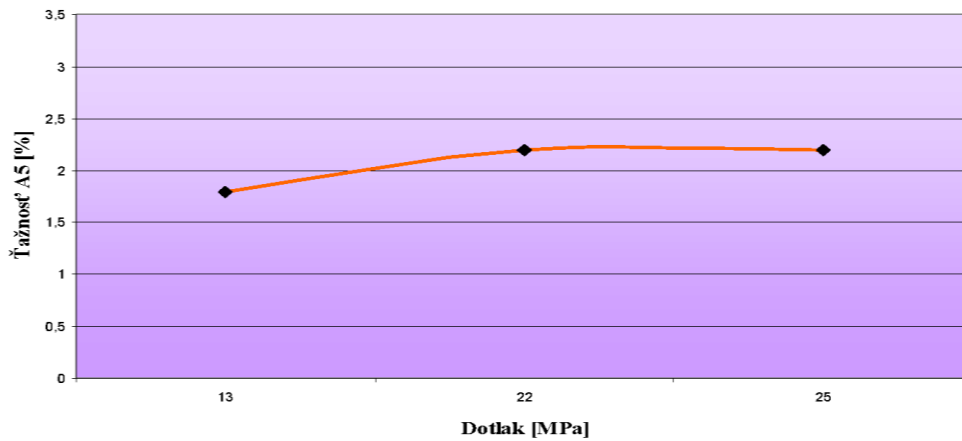


Bild. 7 Abhängigkeit der Duktilität A5 von der Änderung der Einspritzung
 Vertikaler Text: Duktilität A5 (%)
 Horizontaler Text: Injektion (Mpa)

Bewertung der Härte:

- Ausführung nach Brinell auf dem Messgerät HPO 250 (Abb. 8)

Messbedingungen:

Marmordurchmesser $D = 2,5 \text{ mm}$

Lastkraft $F = 613 \text{ N}$

Ladezeit $t = 10 \text{ s}$



Bild. 8 Messmittel HPO 250

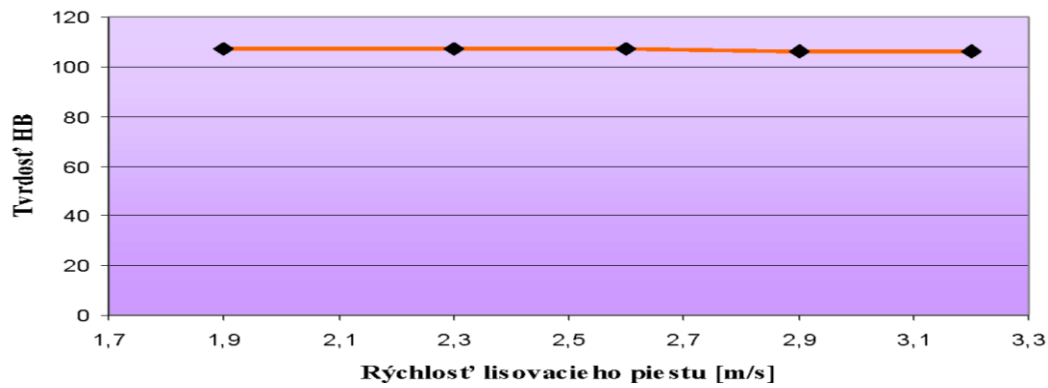


Abb.9 Abhängigkeit der Härte HB von der Änderung der hydraulischen Kolbengeschwindigkeit

Vertikaler Text: Härte HB

Horizontaler Text: hydraulische Kolbengeschwindigkeit (m/s)

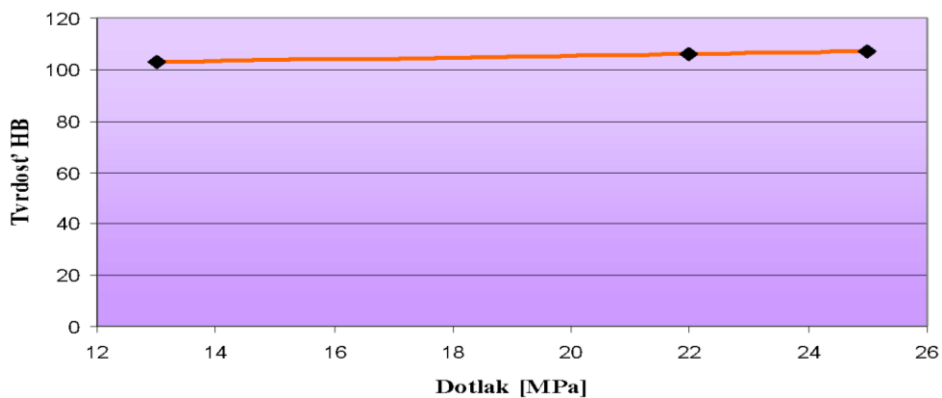


Abb. 10 Abhängigkeit der Härte HB von der Einspritzänderung

Vertikaler Text: Härte HB

Horizontaler Text: Injektion (MPa)

Bewertung der bleibenden Verformung

- Die statische Druckprüfung wurde an der Anlage TIRAtest 28200 (Abb. 11) gemessen.



Bild. 11 Messmittel TIRAtest 28200



Bild. 12 Laden des Versuchsplatzes im Guss

Versuchsbedingungen:

- Lastkraft $F_a = 16 \text{ kN}$
- Kraft nach Entlastung $F_m = 8 \text{ kN}$
- Lastgeschwindigkeit $v = 10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

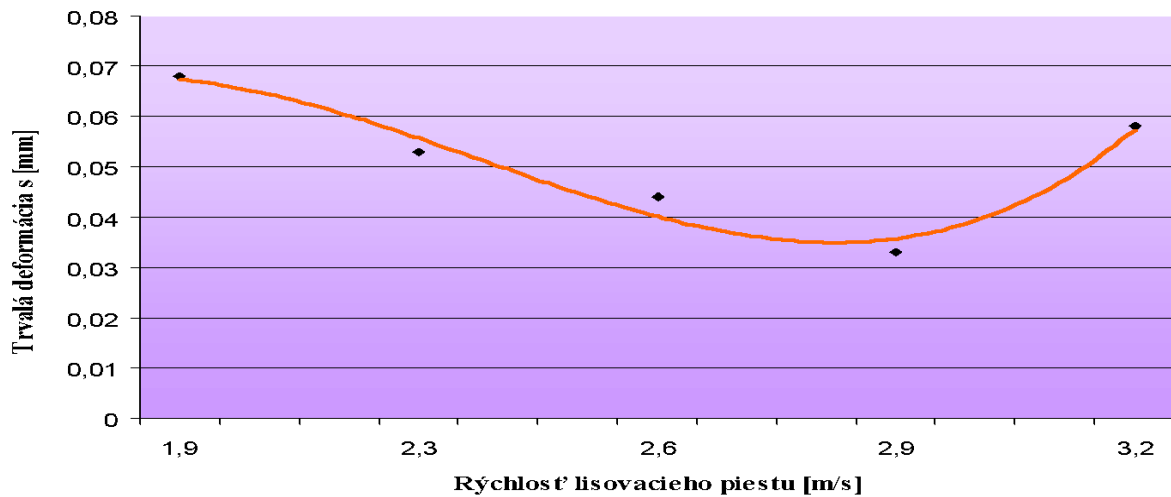


Bild. 13 Abhängigkeit der bleibenden Verformung s von der Änderung der hydraulischen Kolbengeschwindigkeit

Vertikaler Text: dauerhafte Verformung

Horizontaler Text: hydraulische Kolbengeschwindigkeit (m/s)

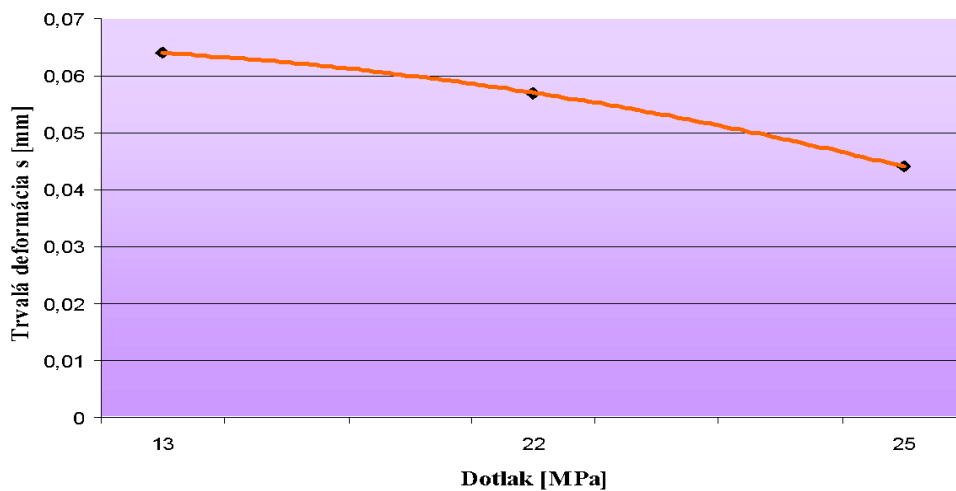


Bild. 14 Abhängigkeit der bleibenden Verformung s von der Einspritzänderung

Vertikaler Text: dauerhafte Verformung

Horizontaler Text: Injektion (MPa)

7.4. Analyse der inneren Homogenität

Die innere Homogenität in Gussteilen trat bei ausgewählten Gussteilen an Stellen auf, an denen die bleibende Verformung gemessen wurde, um die erhaltenen Ergebnisse der bleibenden Verformung mit Röntgenbildern zu vergleichen - Gerät RTG VX1000D.

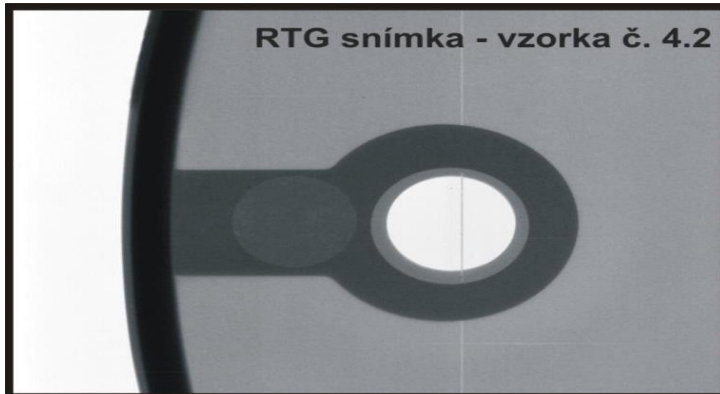


Bild. 15 Röntgenbildprobe Nr. 4.2, $v = 2,9 \text{ m.s-1}$

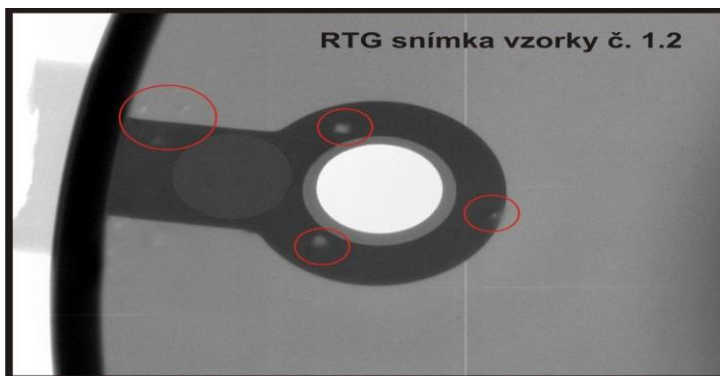


Bild. 16 Röntgenbildprobe Nr. 1.2, $v = 1,9 \text{ m.s-1}$

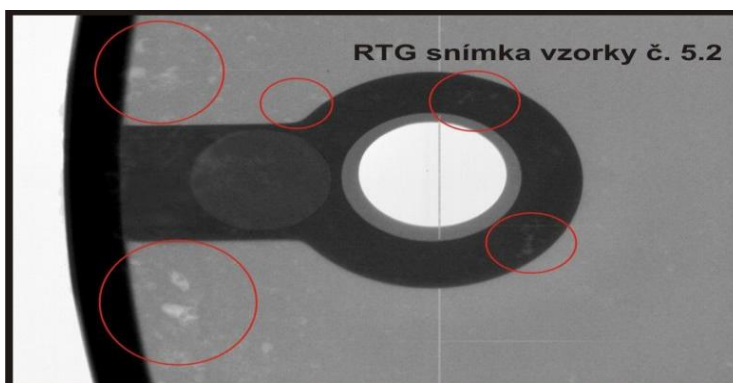


Bild. 16 Röntgenbildprobe Nr. 5.2, $v = 3,2 \text{ m.s-1}$

7.5. Makro- und Mikroskopie-Analyse

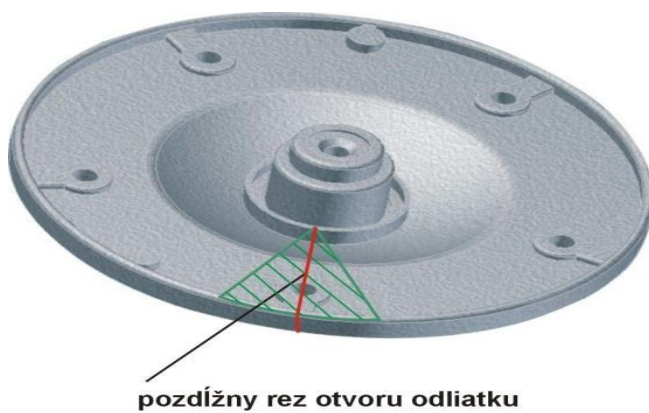
Die mikroskopische und metallographische Analyse wurde zur Untersuchung der Inhomogenität mechanischer Eigenschaften eingesetzt.



Der längliche Schnitt in der Nähe der Frakturen

Der Raum der Fraktur

Abb. 18 Das Schema der Probenahme zur Beurteilung der Porosität des Prüfbalkens



Der längliche Schnitt des Gusslochs

Abb. 19 Das Schema der Probenahme zur Beurteilung der Porosität des Gussteils

Die Analyse der Porosität der aus den Proben gewonnenen metallographischen Schnitte wurde im OLYMPUS GX51-Mikroskop mit einer Zoomrate von 100 durchgeführt und mit dem Computerprogramm ImageJ verarbeitet (Abb. 20).

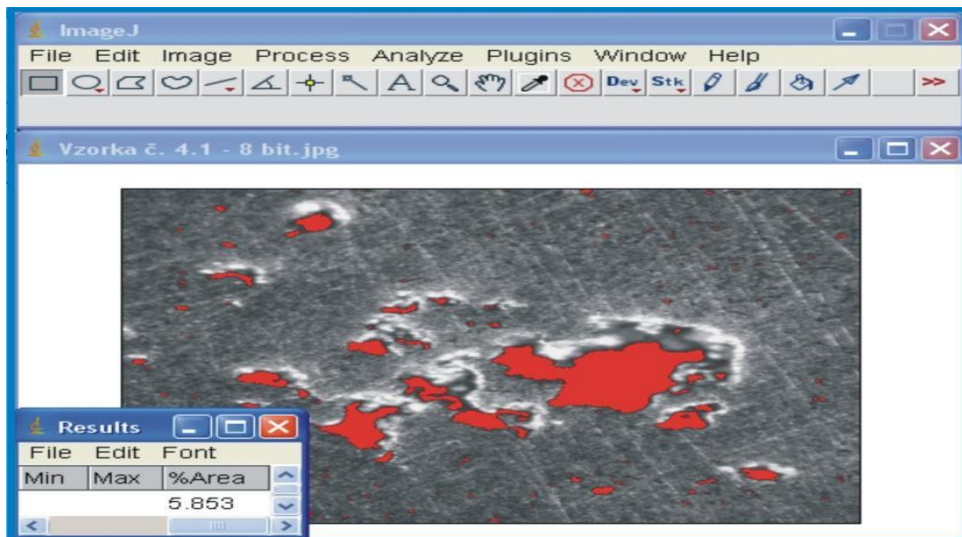
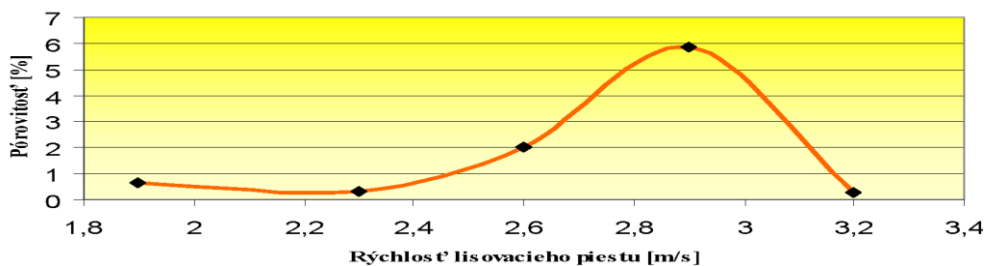


Abb. 20 Computerprogramm ImageJ

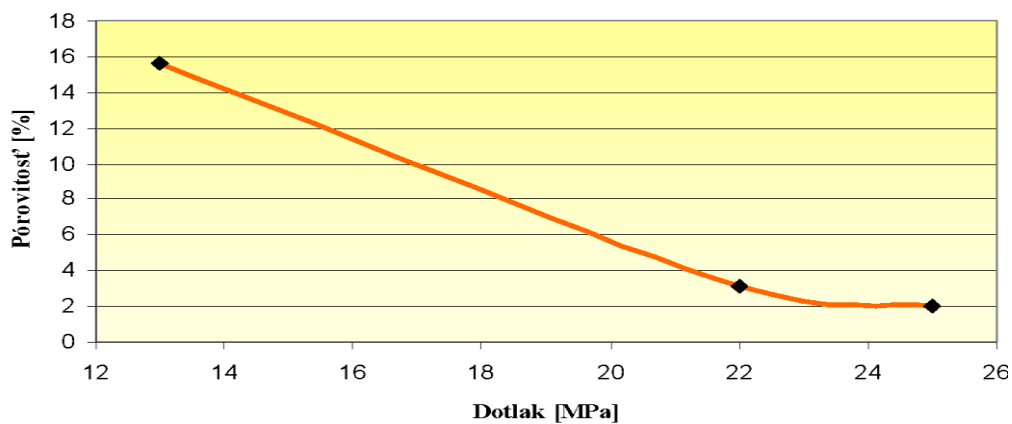
Die Bewertung der Porosität von Proben, die aus den Prüfstäben gewonnen wurden.



Porositosť [%]

Die Geschwindigkeit des Presskolbens

Abb. 21 Die Abhängigkeit der Porosität von der Geschwindigkeit des Presskolbens



Porositosť [%]

Nachdruck [Mpa]

Abb. 22 Die Abhängigkeit der Porosität von der Änderung des Nachdruckes

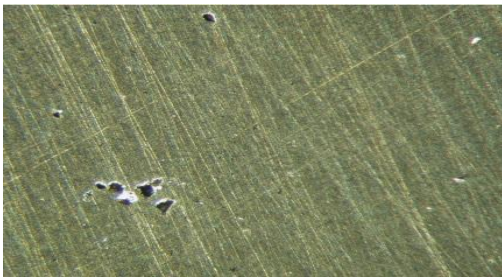


Abb. 23 0,33 %.
 $v = 2,3 \text{ m.s-1}$

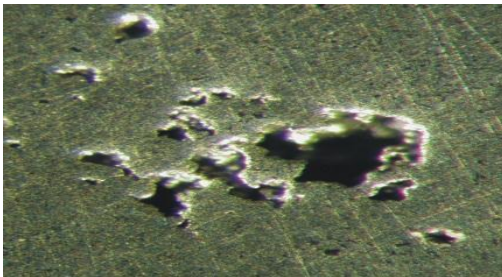


Abb. 24 Porosität 5,85 %.
 $v = 2,9 \text{ m.s-1}$

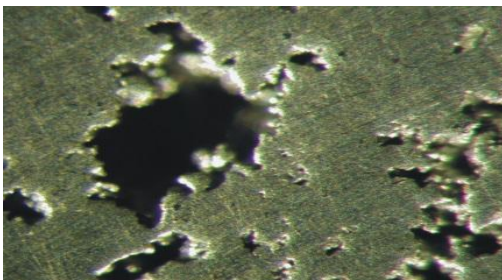


Abb. 25 Porosität 15,59 %.
 $p = 13 \text{ MPa}$

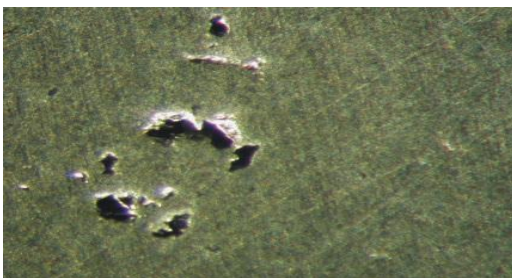
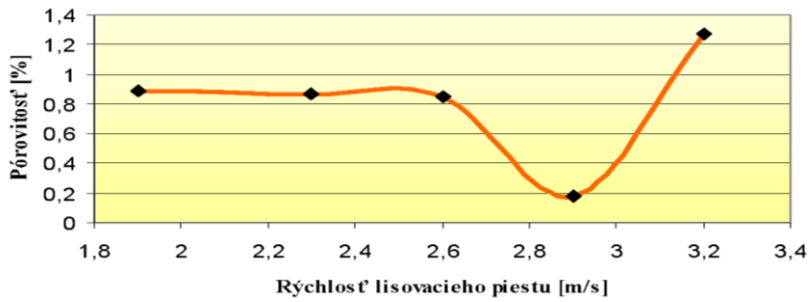


Abb. 26 Porosität 2,03 %.
 $p = 25 \text{ MPa}$

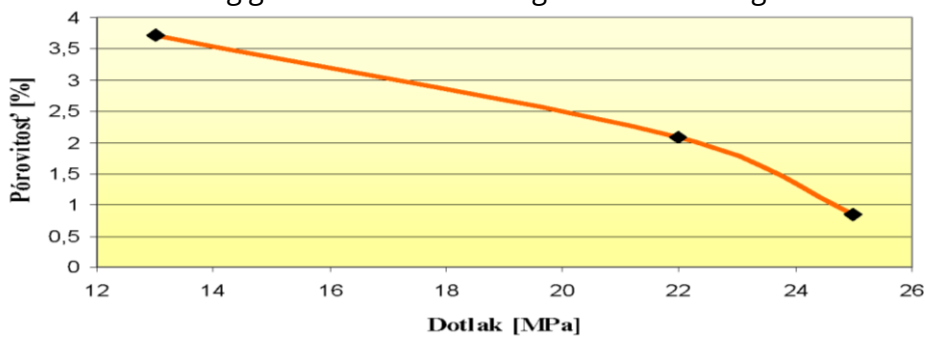
Die Bewertung der Porosität von Proben aus den Gussteilen:



Porosität[%]

Die Geschwindigkeit des Presskolbens[m/s].

Abb. 27 Die Abhängigkeit von der Änderung der Geschwindigkeit des Presskolbens



Porosität[%]

Nachdruck[Mpa]

Abb. 28 Die Abhängigkeit der Porosität von der Änderung der Sperre

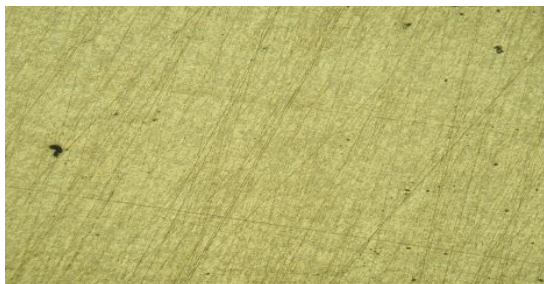


Abb. 29 Porosität 0,18 %.

$v = 2,9 \text{ m.s-1}$



Abb. 30 Porosität 1,27 %.

$v = 3,2 \text{ m.s-1}$

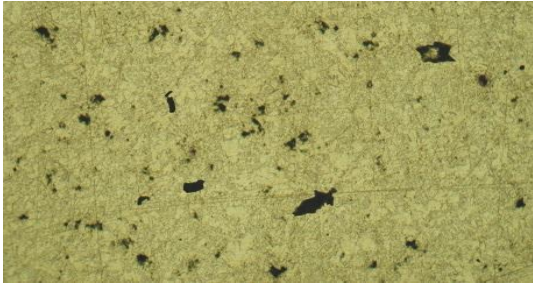


Abb. 31 Porosität 3,73 %.
 $p = 13 \text{ MPa}$



Abb. 32 Porosität 0,85 %.
 $p = 25 \text{ MPa}$

Die Analyse von Strukturen:

Die Struktur wird gebildet durch:

α - solide Lösung

Eutektikum aus den Residuen von α - Mischkristall und Silizium



Abb. 33 Die Mikrostruktur des Randteils der Probe /250x/



Abb. 34 Grundaufbau /2000x/

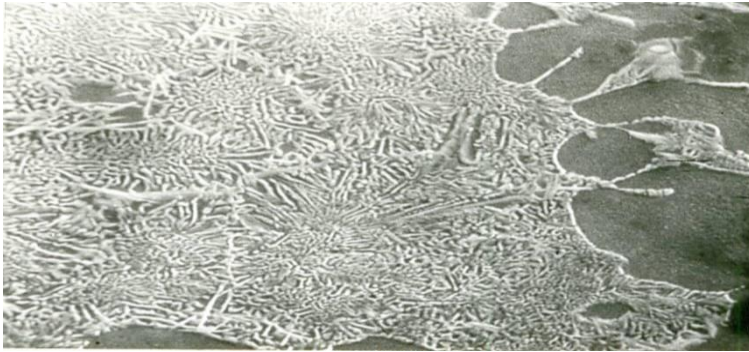


Abb. 35 Die Koaleszenz eutektischer Zellen

Die Analyse des Charakters von Störungen und Gussfehlern

Der Bruch der übereutektischen Silumine ist empfindlich, gleichmäßig und vertikal bis zur Zugfestigkeit organisiert.

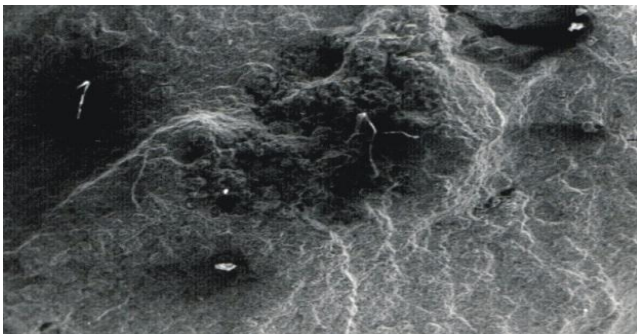


Abb. 36 Die mikroskopische Ansicht der Fraktur /10x/

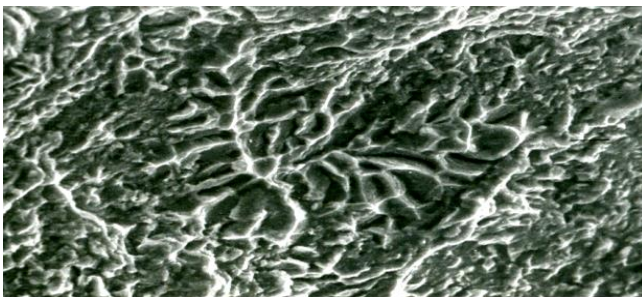


Abb. 37 Die Charakteristik der Störung der α Dendriten von Mischlösung und Eutektikum /250x/

An den folgenden Bruchflächen gab es Gussfehler:

die Hohlräume mit der durch die Dendriten gebildeten Oberfläche, in deren Mitte sich eine Membran aus Al_2O_3 -Oxid befindet.

Al_2O_3 -Partikel

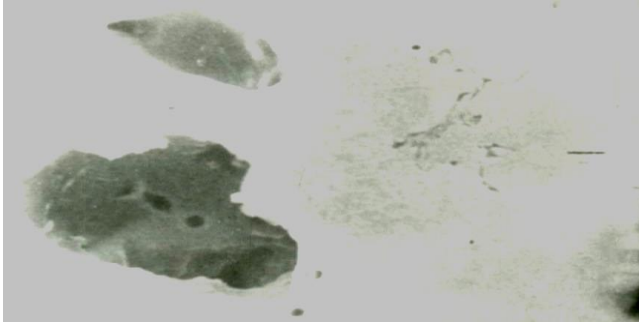


Abb. 38 Exogene Blase /250x/

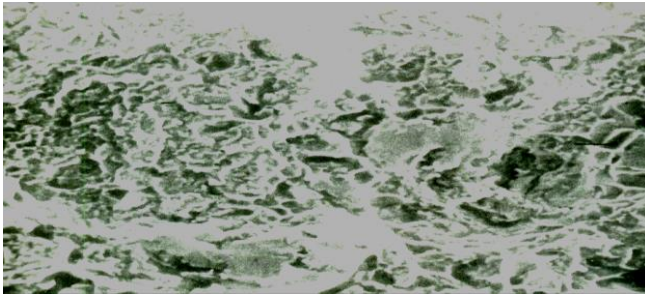


Abb. 39 Al₂O₃-Partikel auf der Bruchoberfläche /250x/

8. GUSSFEHLER

Das Auftreten von Gussfehlern wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, die miteinander verbunden sind, und die Änderung eines von ihnen stört den Aufbau der anderen. Das Versagen ist definiert als ein solcher Zustand des Gussteils, der die Bildung seiner Gebrauchseigenschaften verhindert. Unter Berücksichtigung der Produktqualität versteht man jede Abweichung von den durch technologische Normen oder vereinbarte Bedingungen vorgegebenen Eigenschaften. Die Liste der Zusammenhänge zwischen Fehlern und den Bedingungen ihrer Entstehung entsprechend ihrer Abhängigkeit von den Faktoren des Gießens ist im Diagramm des Savenovs beschrieben.

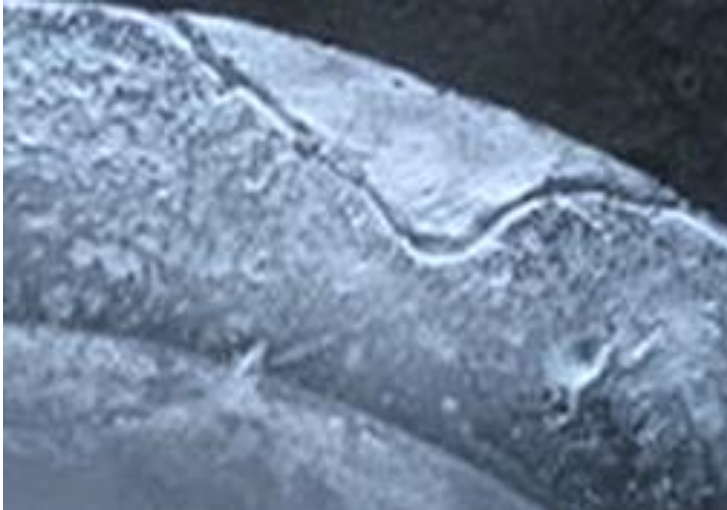
8.1. Zu wenig Guss

Es ist ein Zustand, in dem bestimmte Stellen nicht durch Gießen gefüllt werden. Sie tritt am häufigsten an solchen Stellen auf, die sich am weitesten von der Strömungskerbe entfernt befinden, eine unzureichende Luftabscheidung aufweisen oder durch die Reste von Schmierstoffen befleckt werden, die durch den Metallfluss eingebracht wurden. Darüber hinaus haben die Gesamtbildung des Gussteils und die Lage der Fließkerbe Einfluss auf die Bildung von unzureichendem Gussteil. Es ist zweckmäßig, die Lage der Strömungskerbe als Vorhersage so zu konstruieren, dass der Schmelzestrom nicht zur Seite trifft, insbesondere nicht in der Nähe der Strömungskerbe. Wenn die Gestaltung der Form angemessen ist, ist es möglich, den Fehler durch die optimale Einstellung der technologischen Parameter zu korrigieren.



8.2. Kaltverbindung

Sie tritt auf der Gussoberfläche als kleine Grube mit abgerundeten Kanten auf. Sie entsteht, wenn zwei Ströme der vorzeitig erstarrten Schmelze aufeinandertreffen. Die Ursache für diesen Defekt ist ein Unterdruck der Maschine, eine niedrige Gusstemperatur oder eine ungleichmäßige Verfestigung der Schmelze in der Form.

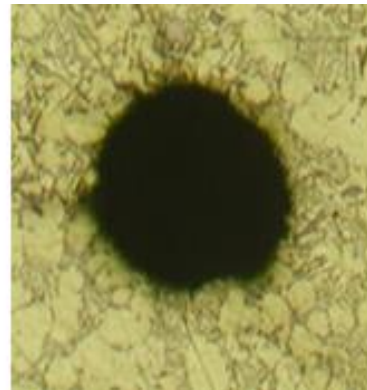
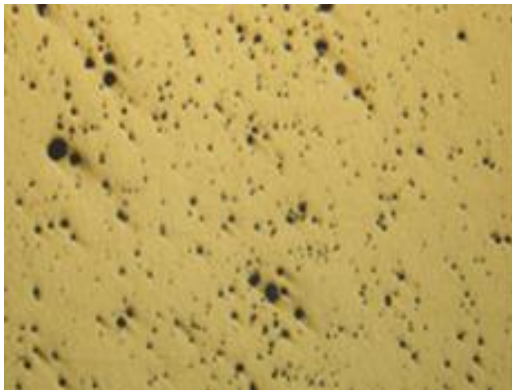


8.3. Porosität

Sie wird durch das Schrumpfen der Schmelze in den Clustern und durch thermische Verbindungen beim Gießen verursacht. Die Porenbildung wird häufig durch die Unterschiede in der Seitenbreite und durch das ungarantierte Absetzen der Schmelze nach dem Herunterdrücken in die Stellen verursacht, an denen zuletzt eine Verfestigung stattfindet. Die Poren nehmen die Form von Hohlräumen mit rauer Oberfläche an. Porosität tritt oft in Clustern auf und verursacht die Lockerung des Gussteils. Die Beseitigung der Porositätsbildung ist möglich durch die Reduzierung der Anzahl der thermischen Verbindungen, die geeignete Auslegung des Strömungssystems mit großer Kerbe und die entsprechende Auslegung des thermischen Systems, so dass eine gleichmäßige Verfestigung der Schmelze in der Formhohlraum gewährleistet ist. Wenn ein solches konventionelles Verfahren das Porositätsproblem nicht lösen kann, ist es möglich, sich für eine außergewöhnliche Methode des Squeeze-Casting zu entscheiden. Die Anwendung dieses Verfahrens erfordert die entsprechende Ausrüstung, d.h. die auf dieser Grundlage arbeitende Maschine.

8.4. Blasen

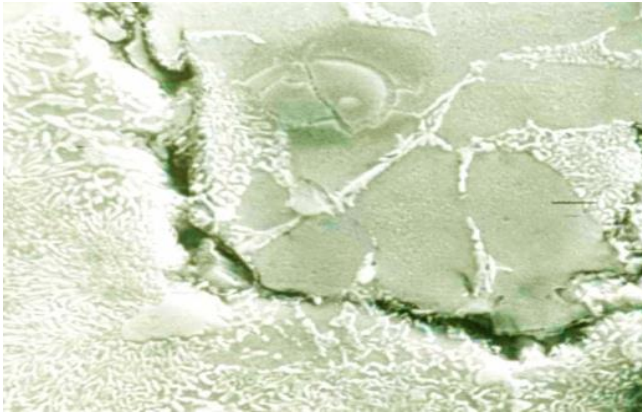
Diese Defekte zeichnen sich durch kleine Hohlräume mit glatter Oberfläche aus. Sie werden durch die Luft aus der Füllkammer, dem Formhohlraum oder der Gasabgabe von Legierungen gebildet, wenn das in dem Formhohlraum enthaltene Gas durch das Entlüftungssystem nicht ausreichend freigesetzt wird und im Gießvolumen eingeschlossen bleibt. Die Reduzierung bzw. Entfernung von Blasen wird durch eine fließende Füllung des Formhohlraums unterstützt, die an den Stellen, an denen eine effiziente Entlüftung möglich ist, abgeschlossen werden soll. Das Strömungssystem muss so ausgelegt sein, dass die Luft nicht von der Schmelze eingeschlossen und somit vorwärts geschoben wird. Daher ist es zweckmäßig, das Gussteil so zu gestalten, dass die Luft von den Stellen, an denen die Schmelze zuletzt erstarrt ist, abgegeben wird. Es ist auch wichtig, die richtige Kerbmündung sowie die geeignete Stelle und das Volumen der Überläufe zu planen.



8.5. Lufteinschliefungen

Der Defekt tritt auf, wenn etwas Luft leicht unter der Oberfläche des Gussteils eingeschlossen ist. Es ist das Ergebnis von hohem Druck in der Blase und geringer Festigkeit der Seite des Heißgießens. Die Ursache ist eine unzureichende Luftabgabe der Form, eine Form der Kerbenmündung und eine Lage der Temperierkanäle im Formkörper. Das Auftreten von Blasen wird auch durch die übermäßige Temperierung der Form, die hohe Temperatur der Schmelze beim Gießen oder den falschen Start des Nachdrucks verstärkt.

Zavaleniny (Trundles) Der Defekt wird durch das Zusammenfügen von vorzeitig verfestigten Schmelzflüssen verursacht. Die Ursache ist ein unzureichender Druck der Gießmaschine, eine unzureichende Temperatur der Schmelze oder eine ungleichmäßige Verfestigung des Gussteils in der Form. Eine Vorhersage ist möglich durch die Einhaltung des technologischen Verfahrens des Gießens, die richtige Einstellung der Parameter, die richtige Temperatur der Schmelze und die Temperatur der Form.



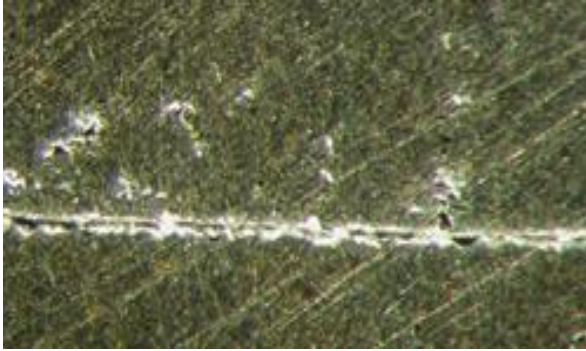
8.6. Splits

Es handelt sich um einen Defekt in den Hohlräumen der Seiten des Gussteils und um einen Defekt, der auf der Verletzung der Fülle beruht, die von der Oberfläche bis zum Volumen des Gussteils reicht. Es handelt sich um eine kurvenförmige Verletzung der Seite, die bei Hitze auf einer leicht oxidierten Oberfläche stattfindet. Sie beginnt im Rahmen des Erstarrungsprozesses, wenn der natürliche Verlauf mechanisch oder thermisch behindert wird.



8.7. Risse

Sie sind definiert als ein kurvenförmiger Bruch der Gussseite, der bei Kälte aufgetreten ist. Ihre Oberfläche ist sauber. Ihre Ursachen sind eine Spannung durch Schrumpfung, eine unsachgemäße Konstruktion, die die Spannung im Volumen des Gussteils nach dem Abkühlen verursacht, oder eine vorzeitige Entfernung des Gussteils aus der Form. Sie laufen durch die Innenteile von Kernen, weil ihre Kanten nach dem Abkühlen stärker sind als ihre Kerne.



8.8. Verformungen

Das Design der Form beeinflusst die Bildung von Verformungen, die durch:

- eine unzureichende Fase des Formteils des festen Teils der Form
- eine kleine Fase der tiefen Formen des Gussteils
- eine falsche Position und unzureichende Oberfläche der Ejektoren
- eine unzureichende Auflagefläche des Gussteils beim Lösen von beweglichen Kernen
- ein Schimmelpilzabrieb im Bereich der ungeeigneten Kerbmündung
- eine unangemessene Auslegung des Kühlsystems der Form

Neben dem Design ist es die Qualität der Form, die einen gewissen Einfluss hat; insbesondere der Zustand der Oberfläche des Formteils; die Behandlung der Form nach Abschluss des Gießzyklus und die Entstehung von Wärmespalten.

8.9. Größenabweichungen

Erfüllt ein Gussstück die erforderlichen Bedingungen, muss es die offensichtlichen Anforderungen an Fülle, innere und äußere Qualität und mechanische Eigenschaften erfüllen. Darüber hinaus muss es den Größenanforderungen entsprechen, die in den Konstruktionsunterlagen definiert sind. Die Anforderungen an die Genauigkeit der Größen müssen von einem Konstrukteur berücksichtigt werden, wenn er die Fertigstellung der Gussform und die Gesamtkonstruktion der Form projiziert.

Wenn wir die Größenabweichungen aus der Sicht des Designs der Form und der Art und Weise der Fertigstellung der Gussform betrachten, kommen wir zu dem Schluss, dass sie durch die folgenden Determinanten verursacht werden:

- die Größen, die die Teilungsebene überqueren, können nicht innerhalb der engen Toleranzgrenzen eingeschränkt werden.
- Das System des Temperierens der Form muss auch den Einfluss auf die Größenabweichungen des Gussteils berücksichtigen; die Lösung ist eine Erreichung des thermischen Gleichgewichts im Laufe des Gießens.
- die falsche Auslegung des Wertes der Schrumpfung des Gussteils in Bezug auf die Gestaltung der Form in Bezug auf die Art der Legierung
- Die Verformung der Form, d.h. Durchbiegung, Überhitzung, verursacht durch die unzureichende Dimensionierung der einzelnen Teile der Form.

9. ZUSATZEINRICHTUNGEN ZU DEN DRUCKGIEßMASCHINEN

9.1. Dosiereinrichtung

Die Funktion der Manipulatoren der Dosierung besteht darin, die gemessene Schmelzmenge aus dem Warmhalteofen in die Druckkammer der Druckgießmaschine zu übertragen.

Sie bestehen aus Stativ, Kraftwerk, Schwenkarm, Schaufel und Sonden.

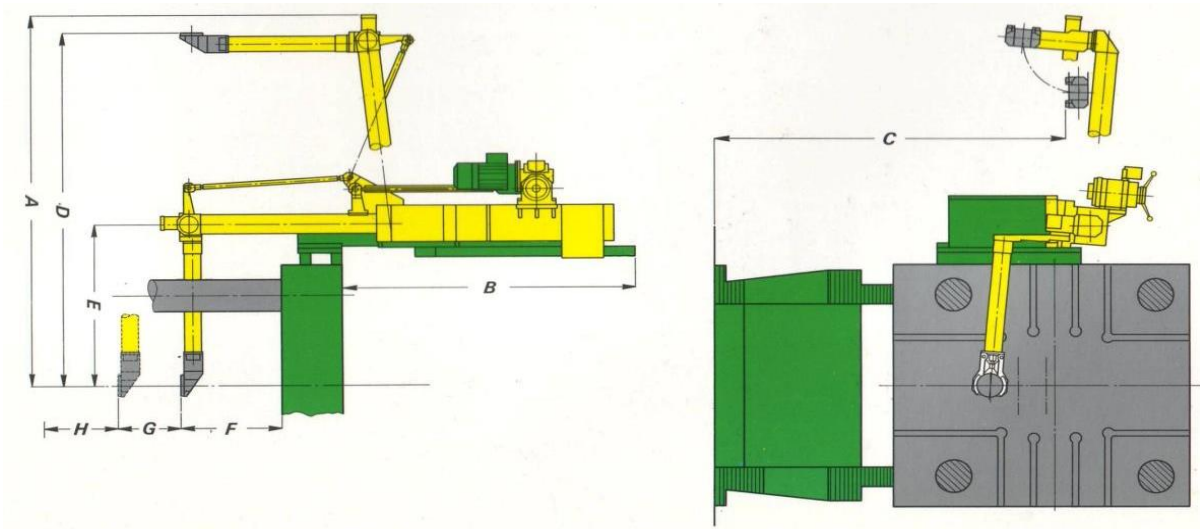
Der Ständer ist so konzipiert, dass er eine vertikale Neupositionierung und eine Drehung des Manipulators ermöglicht. Sie wird auf dem Boden neben der Druckgießmaschine befestigt. Das Kraftwerk besteht aus Elektromotor, Getriebe und Gewindegetriebe.

Der Schwenkarm ist auf der Abtriebswelle des Schneckengetriebes befestigt. Im Schwenkarm befindet sich ein Kettenantrieb. Sie hält den Tragarm während der Bewegung des Schwenkarms in der angeordneten Position. Der Tragarm trägt die Schaufel. Es enthält eine Vorrichtung zum Drehen der Schaufel.

Die Schaufel ist meist aus perlitischem Grauguss gefertigt. Seine Form ist so konzipiert, dass beim Eintauchen in die Schmelze die Verletzung der oxidativen Oberfläche minimal ist. Die Genauigkeit der Dosierung liegt bei etwa 0,8%. Es ist möglich, die Schaufel vollständig zu entleeren.

9.2. Die Maschine zum Sammeln von Gussteilen

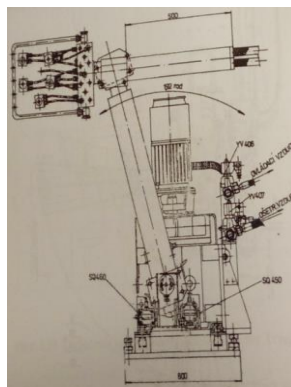
Das Sammeln von Gussteilen ist mit einigen anderen Vorgängen verbunden, wie beispielsweise der Prüfung von Gussteilen. Es gibt frei programmierbare Industrieroboter, die die Gussteile aufnehmen.



9.3. Die Vorrichtung zur Behandlung von Schimmelpilzen

Die äußere und innere Sauberkeit von Gussteilen hängt weitgehend von der Behandlung des aktiven Teils der Form ab, die durch die Behandlungsvorrichtung gewährleistet wird.

Es besteht aus Hubgerät und Druckverteilsystem. Das Hubgerät ist auf dem festen Messschieber der Druckgießmaschine befestigt. Es ist möglich, es mechanisch im Raum der Trennfläche der Form und durch das Lösen von Schrauben im Flansch zu drehen. Der Übergang des Behandlungsblocks zur Position der Form erfolgt über einen Pneumatikzylinder. Die Behandlung der Form erfolgt durch Schmierung und Blasdüsen. Die Versorgung des Behandlungsblocks mit Luft und Schmiermittel erfolgt über Häuser, Rohre und Druckbehälter.



9.4. Abgratpressen

Das Besäumen der Einläufe an den Gussteilen erfolgt auf den Besäumpressen. Der Betrieb der Abgratpressen muss automatisch selbstschützend sein. Die Maschine enthält viele Komponenten wie Endschalter, Handschutzvorrichtungen und Steuerventile. Es gibt eine Sicherheit für den Einzelaufzug, so dass die Presse nur einen Aufzug machen würde, auch wenn alle Tasten gedrückt würden.



9.5. Die Vorrichtung zur Hilfsheizung der Betriebsflüssigkeit

Die Maschine ist in der Lage, die Flüssigkeit in 3 - 4 Betriebsstunden auf die Betriebstemperatur zu bringen. Die Zusatzheizung wird zur Zeitersparnis eingesetzt.

Die Zusatzheizung wird verwendet, wenn die Maschine über einen längeren Zeitraum ausgeschaltet ist. Die Temperatur sinkt um 20 ° C.

Die Kühlung der Flüssigkeit führt zu einem Anstieg der Viskosität. Es erzeugt eine Beschichtung auf dem Filtereinsatz, die die Signalisierung von Maschinendefekten aktiviert.

Am effizientesten sind die Elektroheizungen von Betriebsflüssigkeiten.

10. DAS SCHMELZEN VON LEGIERUNGEN

Das Schmelzen der Legierungen erfolgt in Schmelzöfen mit ausreichendem Input, um eine intensive Schmelzung zu erreichen und die Überhitzung auf ein Minimum zu reduzieren. Die Gusstemperatur hängt von der Art der Legierung, der chemischen Zusammensetzung, dem Gussteil, der Komplexität des Designs und der Rauigkeit der Seiten ab. Unter Berücksichtigung der Gießtemperatur ist es notwendig, die Kühlwirkung von Form und Kern sowie die Art des Gießens zu berücksichtigen.

Die überhöhten Temperaturen verursachen den Anstieg der Gasmenge, die übermäßige Menge an Oxiden, die Rauheit der Kerne und den Energieverbrauch.

Das Schmelzen ist ein thermo-metallurgischer Prozess. Im Zuge dessen wird die Erwärmung hinzugefügt bzw. erzeugt und das Material (Charge) ändert seinen physikalischen Zustand, d.h. von fest (Solidus) in flüssig (likvidus).

10.1. Die Chargenmaterialien

- Blöcke aus Legierung
- Reinmetalle (Al, Mg, Zn, Cu, Si, etc.)
- Vorlegierungen für die Dotierung (Al-Ti, Al-Cr, Al-Mo, etc.)
- Chemikalien (ionenbasierte Verbindungen), die zur zusätzlichen Dotierung für die Anpassung der Struktur verwendet werden.
- Abfälle, die entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung sorgfältig ausgewählt werden müssen.

10.2. Umwandelbares Material

Konvertierbares Material wird durch Einlässe, Güsse, Reste in der Presskammer und fehlerhafte Produkte aus dem Druckguss gebildet. In Anbetracht der praktischen Erfahrung hängt der Prozentsatz des umwandelbaren Materials von der Größe des Gussteils ab, er kann von 20% des Gewichts des Rohgussteils bis zu 75% des Gewichts des Großgussteils betragen.

Im Falle von Gussteilen, die keine hervorragenden Eigenschaften erfordern, ist es möglich, eine Legierung geringerer Qualität durch die Verwendung von konvertierbarem Material im Verlauf zu verwenden, insbesondere von der zweiten bis zur dritten Schmelze. Der Gehalt an konvertierbarem Material der zweiten Schmelze sollte den Wert von 40% nicht überschreiten und der Gehalt an konvertierbarem Material der dritten Schmelze

sollte innerhalb von 30% liegen.

Konvertierbares Material wird als reines Material eingestuft, d.h. aus dem Einlasssystem, defekten Gussteilen und verunreinigtem Material, d.h. den Resten aus der Füllkammer und der durch Öl verunreinigten Legierung. Im Laufe des Schmelzens werden die Chargen zuerst geschmolzen, dann wird ein neuer Legierungsblock hinzugefügt. Es folgt die Veredelung.

10.3. Schmelzen, Halten und Gießen

Zum Schmelzen werden verschiedene Arten von Schmelzaggregaten verwendet. Die entscheidenden Faktoren sind die Wirtschaftlichkeit und Technologie der Herstellung von Metallen oder Legierungen.

Zu den wichtigsten technologischen Parametern gehören:

- Die Leistung des Schmelzaggregats
- Die Art und Weise der Erwärmung von Schmelzaggregaten
- Die Art und Weise der Temperaturänderung
- Die Bewegung der Schmelze am Arbeitsplatz
- Der Bereich der Arbeitstemperaturen und die Änderung der Temperaturen
- Steuerung und Regelung
- Atmosphäre und Druck
- Die Zeit des Schmelzprozesses

II. CA-TECHNOLOGIEN IN DER GIEßEREI

Die schnelle Einführung der Computertechnologie in allen Industriezweigen hat den Weg für die Versuchs- und Simulationsmodellierung und die Bewertung der Konstruktionen von Einlasssystemen und Druckformen geöffnet, die analytisch und empirisch konzipiert sind. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz von Computertechnologie für die Simulation von Prozessen, die im Druckguss stattfinden, 40% der Zeit, die für die Konstruktion des Gussteils benötigt wird, 30% der Zeit, die für die Auswertung der Ergebnisse im Labor benötigt wird, einspart und eine erhöhte Rentabilität von 25% im Hinblick auf den gesamten Prozess bringt.

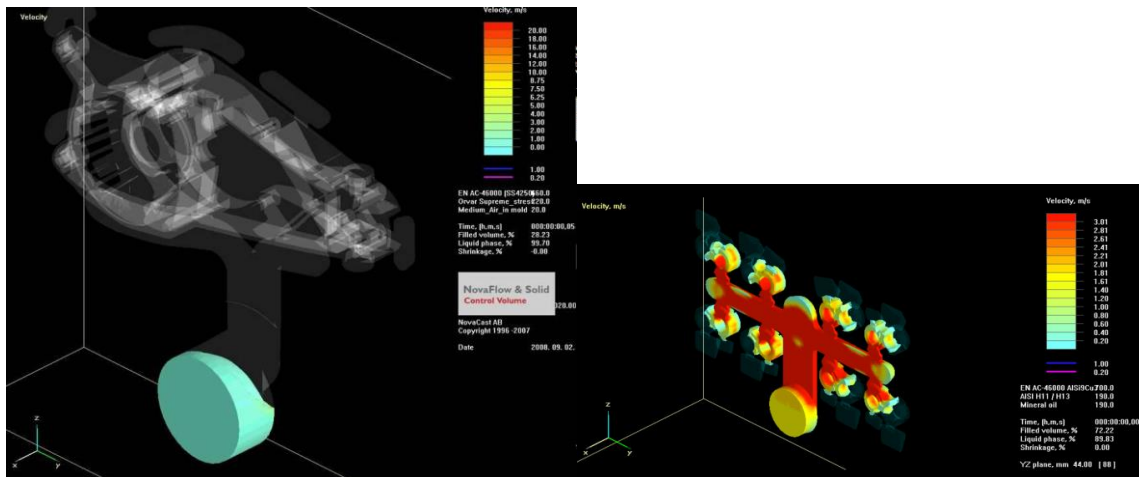
Es gibt mehrere Dutzend Simulationsprogramme, die für die Simulation von Prozessen im Inneren der Form verwendet werden. Die gebräuchlichsten Programme sind die folgenden:

- NovaFlow & Solid,
- PamCast,
- Magmasoft,
- Simtec - Wincast.

II.1. NovaFlow & Solid

Das Programm wird von NovaCast, S.A., Sveden, entwickelt. Die Berechnung des Verlaufs der Füllung des Formhohlraums erfolgt gleichzeitig mit der Lösung der Formel, die den Durchfluss und die Wärmeeinbringung berechnet. Dem Anwender wird insbesondere die Gesamtübersicht über den Verlauf der Befüllung und Erstarrung ermöglicht. Es bietet eine Definition der Größe und des Layouts von Defekten für jede Art von Legierung. Am Ende der Befüllung werden die Temperaturfelder des Gussteils anschließend für die Simulation der Erstarrung genutzt. Der Durchfluss der inkompressiblen Flüssigkeit, die Reynoldszahl, die Reibungsverluste im Einlasssystem der Form, die Änderung der Dichte des Metalls im Zuge der Erstarrung und die Größe der Volumenänderungen werden in der Simulation berücksichtigt.

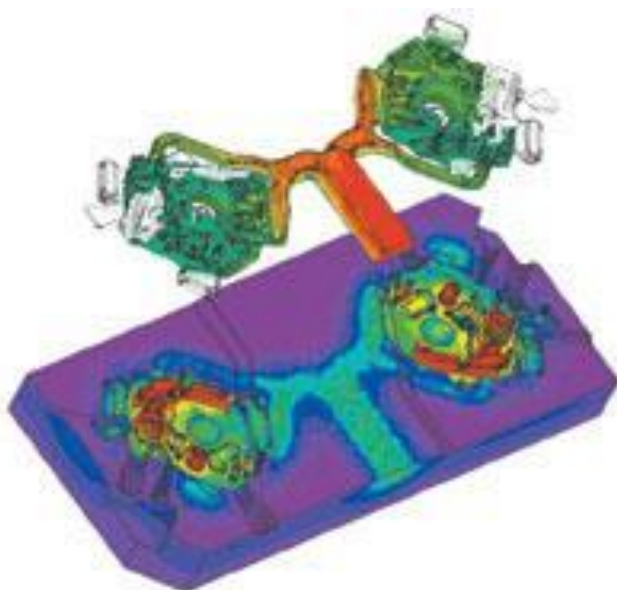
Das Programm ist mit einer Datenbank über die thermophysikalischen Eigenschaften von Legierungen und dem Material von Formen ausgestattet. Es ist möglich, die Datenbank zu ändern und hinzuzufügen. Die Visualisierung erfolgt in 3D-Form mit der Möglichkeit der Animation des Prozesses. Das Programm ist in der Lage, die Strömungsvektoren, das Layout der Temperaturen der Flüssigphase, das Layout der Schrumpfungen im 2D- oder 3D-Format und den zeitlichen Verlauf der Temperaturen anzuzeigen.



II.2. PamCast

Dieses Programm ist ein Produkt der ESI Group, Frankreich. Es ist präziser und detaillierter als NovaFlow & Solid. Es kann Navier-Stokes Formeln der turbulenten Strömung von Metall und Luft zusammen mit der Wärmebilanz äußerst präzise und ohne Annäherungen lösen. Der Anwender stellt die Eingangsparameter in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur ein. Es ist möglich, die Bewegung der freien Metallgrenze, die Verteilung der festen und flüssigen Phase zu animieren und das Layout und das Auftreten von Schrumpfungen vorherzusagen.

Eine Simulation ermöglicht es, den Aufbau der Maschine so zu optimieren, dass es zu keiner turbulenten Strömung der Schmelze kommt und die Folge die Reduzierung des Kontakts von Luft und Schmelze ist.

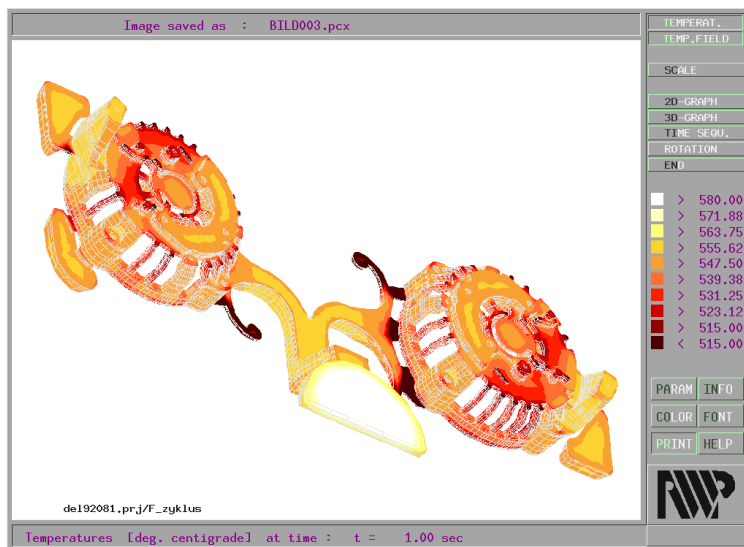


11.3. Simtec - Wincast

Es ist ein vollständiges und universelles Instrument zur Optimierung der Konstruktion bei der Herstellung von Gussteilen und bietet ein breites Spektrum an Informationen:

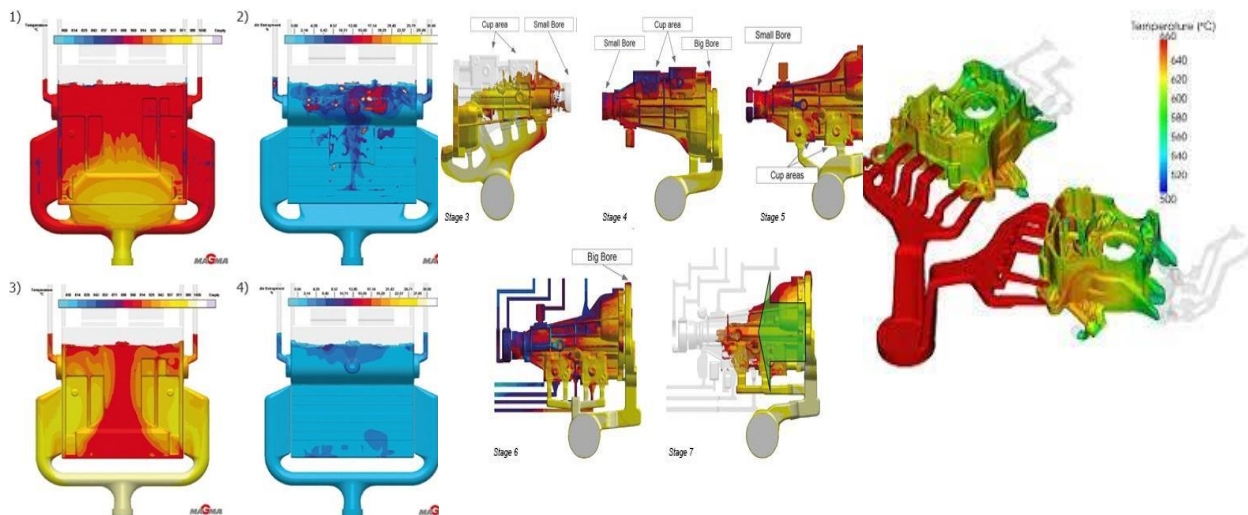
- Der Verlauf des Gießens und Abkühlens
- Eigenspannung
- Schrumpfen und Verformen nach dem Gießen
- Die Bildung von Porositäten
- Die Mikrostruktur des Materials
- Die Festigkeitseigenschaften von Bauteilen
- Die Eignung des Gießsystems
- Der Temperaturverlauf und die Gestaltung der Kühlung bei Metallwerkzeugen

Es verfügt über Funktionen und Module, die eine genaue Einstellung und Auswertung der spezifischen Parameter der Druckgusstechnologie und der thermophysikalischen Eigenschaften von Materialien beschleunigen. Einer der Vorteile ist die Tatsache, dass der Anwender die Form des Gussteils nicht aus anderen Programmen importieren muss. Es ist möglich, sie direkt im Programm zu erstellen und anzupassen. Die Möglichkeit, andere Programme zu importieren und mit ihnen zu kommunizieren, wird durch eine Reihe von Schnittstellen wie FEM, VDA, STL, etc. gewährleistet.



II.4. Magmasoft

Es ist eine sehr beliebte Software. Es ist für 2D- und 3D-Simulationen konzipiert, die sich mit der Füllung und Verfestigung von Gussteilen, der Berechnung von Eigenspannungen, Wärmefeld und Wärmefluss befassen. Dieses Programm ist ein wirksames Instrument, das es ermöglicht, Fehler oder Kosten zu reduzieren und den Einsatz von Metall zu erhöhen. Sie zeichnet sich durch eine kurze Rechenzeit, hohe Genauigkeit, Effizienz und einfache Bedienung aus.



12. SPEZIELLE TECHNOLOGIEN IN DER GIEßEREI

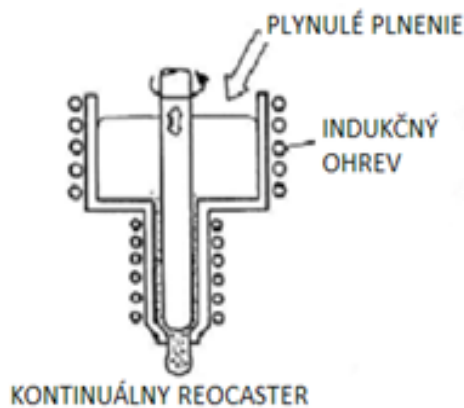
12.1. SEMI SOLID METAL (SSM) Prozess

Halbfestes Metall ist ein Gießverfahren für Metalle und deren Legierungen, die sich im teilfesten Zustand befinden, d.h. die Temperatur liegt zwischen flüssig und fest. Das Material ist ähnlich wie die Konsistenz von Plastilin, d.h. der thixotrope Zustand des Materials. Das Bild zeigt ein Halbzeug mit 55% - 60% Kristallphase, das mit einem Messer geschnitten werden kann.



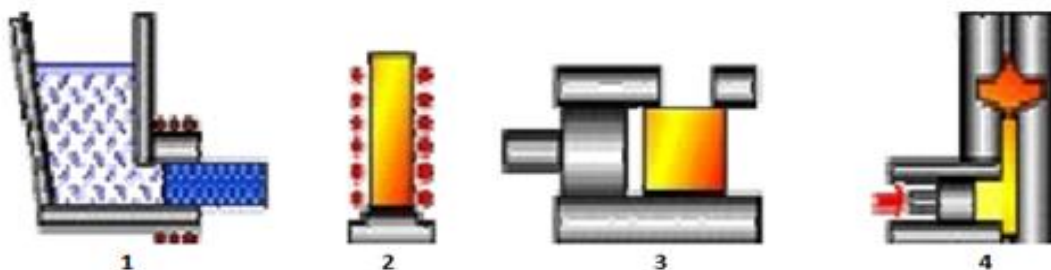
12.2. Rheocasting

Rheocasting (reolatie) ist in der Tat ein modifiziertes Verfahren, das einen halbflüssigen Zustand des Materials verwendet. Der Begriff für diesen Weg ist Rheocasting, da die Prinzipien der Rheologie für die Herstellung von Halbfabrikaten verwendet werden. Das Schema der Produktion von Halbfabrikaten ist in der Abbildung dargestellt. Die Maschine besteht aus zwei Zylindern.



12.3. Thixocasting

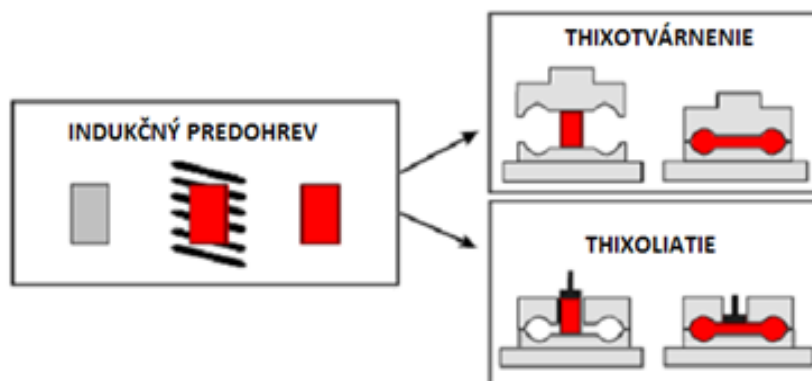
Thixocasting (Thixoliatie) ist im Wesentlichen eine modifizierte SSM-Methode. Basis für die Weiterverarbeitung ist ein speziell aufbereitetes Material, das in der Regel im Strangguss hergestellt und anschließend in Tabletten aufgeteilt wird. Solche Tabletten werden induktiv erwärmt, so dass der Anteil der festen Phase etwa 60% bis 65% des Volumens beträgt. Sie werden anschließend in die horizontale Kammer der Druckmaschine eingebracht. Die Gussteile werden in ähnlicher Weise wie beim Rheogießen hergestellt. Die Duplexstruktur mit allen positiven Eigenschaften bleibt ebenfalls erhalten.



Beschreibung: 1 - die Herstellung von stranggegossenem Halbzeug, das aus einer speziell vorbereiteten Schmelze hergestellt und in Tabletten unterteilt ist, 2 - das Erwärmen von Tabletten durch induktive Wärme, 3 - das Einbringen der Tablette in die Druckmaschine, 4 - das Einspritzen von erwärmtem Halbzeug in die Formhohlräume.

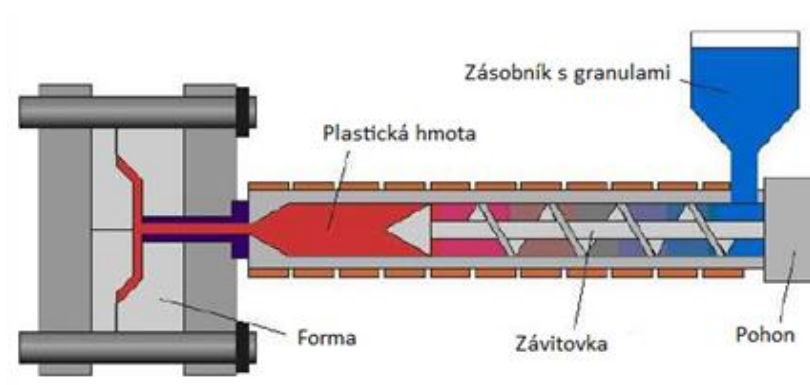
12.4. Thixoforming

Thixoforming ist ähnlich wie Thixocasting. Es nutzt auch die Vorteile von SSM bzw. Thixocasting. Thixoforming verwendet auch Halbzeuge, die aus Strangguss hergestellt und anschließend zu Tabletten geschnitten werden. Die induktive Erwärmung von Tabletten erreicht eine solche Temperatur, dass der Anteil der festen Phase an ihrem Volumen 70% beträgt. Der Hauptunterschied zwischen Thixogießen und Thixoformen ist der Anteil der festen Phase in der Materialtablette, die in die Form gebracht wird. Außerdem gibt es einen Unterschied in der verwendeten Maschine. Die erwärmten Tabletten werden nach und nach in die spezielle Form gebracht, die auf der Formpresse fixiert wird. Das Schema der Methode ist in der Abbildung dargestellt.



12.5. Thixomoulding

Das Thixogießen ist ein Gießverfahren, das auf dem Erwärmen von Metallpulver oder -granulat auf der Basis von Magnesium oder Aluminium in einer speziellen Pressmaschine basiert. Das Schema des Prinzips des Thixomolding ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



LITERATUR

GAŠPÁR, Š., PAŠKO, J. *Technológia výroby hliníkových odliatkov tlakovým liatím*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2015. ISBN 978-80-553-2236-0.

GAŠPÁR, Š., PAŠKO, J., MAJERNÍK, J. *INFLUENCE OF STRUCTURE ADJUSTMENT OF GATING SYSTEM OF CASTING MOULD UPON THE QUALITY OF DIE CAST*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM - Verlag, 2017. 82 p. ISBN 978-3-942303-47-7.

MAJERNÍK, J. *Problematika návrhu vtokových soustav permanentních forem pro lití kovů pod tlakem*. 1st ed. Stalowa Wola: Wydawnictwo Sztateta Sp. z o.o, 2019. 94 p. ISBN 978-83-63767-63-1.

PAŠKO, J., GAŠPÁR, Š. *Technological Factors of Die Casting*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2014. 93 p. ISBN 978-3-942303-25-5.

RUŽBARSKÝ, J., PAŠKO, J., GAŠPÁR, Š. *Techniques of Die Casting*. 1st ed. Lüdenscheid: RAM-Verlag, 2014. 199p. ISBN 978-3-942303-29-3.