

Produktionsablauf

Herstellung von Bauelementen aus EPS

EPS

EPS ist ein treibmittelhaltiges expandierbares Polystyrol. Es wird als perlformiges Granulat an die Verarbeiter geliefert.

SCHAUMSTOFFE AUS EPS

Die Herstellung von EPS - Schaumstoffen geschieht in drei Stufen:

- Vorschäumen
- Zwischenlagern
- Ausschäumen

Zuerst wird das Granulat vorgeschäumt und dabei durch Erwärmung expandiert. Das Treibmittel bläht die Teilchen bis zum ca. 50fachen ihres ursprünglichen Volumens zu geschlossenzelligen Schaumstoffpartikeln auf. Es folgt eine Zwischenlagerungszeit, während der Luft ein- und Treibgas teilweise ausdiffundiert.

Zuletzt werden die vorgeschäumten Partikel in Formen gefüllt und ausgeschäumt, wobei die Schaumstoffpartikel erneut expandieren und miteinander verschweißen. Es entsteht ein kompakter Schaumstoff mit einem großen Luftanteil, der in vielen kleinen Zellen eingeschlossen ist - Ursache für die gute und dauerhafte Wärmedämmfähigkeit!

Das spezielle Herstellungsverfahren ermöglicht es, die Rohdichte der EPS - Schaumstoffe in einem weiten Bereich zu variieren. Da die Schaumstoffeigenschaften weitgehend von der Rohdichte abhängen, lassen sich EPS-Schaumstoffe mit einem anwendungsbezogenen Eigenschaftsspektrum herstellen. Von Dämmstoffplatte bis zum konstruktiven Leichtbauelement.

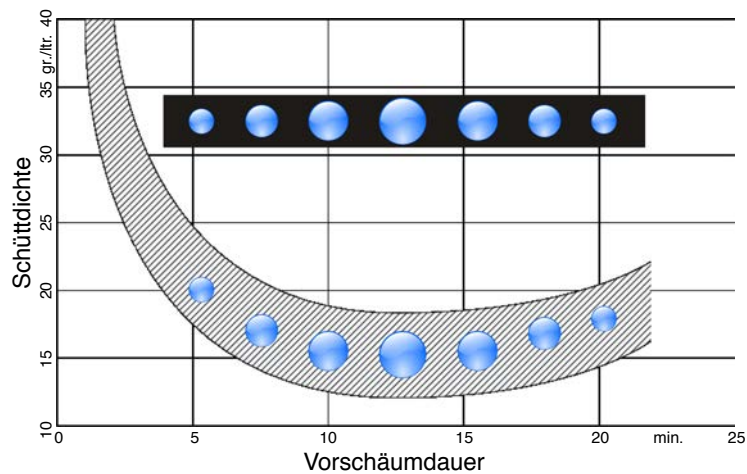
VORSCHÄUMEN

Durch Vorschäumen vergrößert man das Volumen der EPS-Perlen und ändert entsprechend ihre Schüttdichte - Beispielsweise: von ursprünglich 600 gr./litr. auf 20 gr./litr., wenn die Rohdichte des Schaumstoffes 20 kg/m³ betragen soll. Schüttdichte der vorgeschäumten Perlen und Rohdichte des daraus hergestellten Schaumstoffblocks oder Formteils stimmen deshalb weitgehend überein, weil beim späteren Fertigschäumen das formgebende Werkzeug vollständig mit den Schaumstoffperlen gefüllt wird.

Die Volumenvergrößerung ist von Temperatur und Zeitdauer der Wärmeeinwirkung abhängig. Abb. 1 zeigt diese Relation für siedendes Wasser als Wärmeträger, gesättigter Wasserdampf ergibt analoge Kurven. Zu langes Vorschäumen bzw. überhitzter Dampf führen zu deformierten Schaumstoffperlen; ihre Schüttdichte ist entsprechend dem ansteigenden Ast der Vorschäumkurve wieder erhöht, außerdem enthalten sie zu wenig restliches Treibmittel für das Fertigschäumen. Nasser Dampf hat dagegen zu geringen Wärmeinhalt; durch Naßdampf kann eine zu hohe Schüttdichte vorgetäuscht und das Fördern der Schaumstoffperle behindert werden. Die tatsächlich erreichte Schüttdichte sollte man in kurzen Zeitabständen kontrollieren, weil Schwankungen in der Dampfversorgung nie ganz auszuschließen sind.

Produktionsablauf

Abb. 1: Vorschäumverhalten von EPS in siedendem Wasser.



VORSCHÄUMEN VON EPS

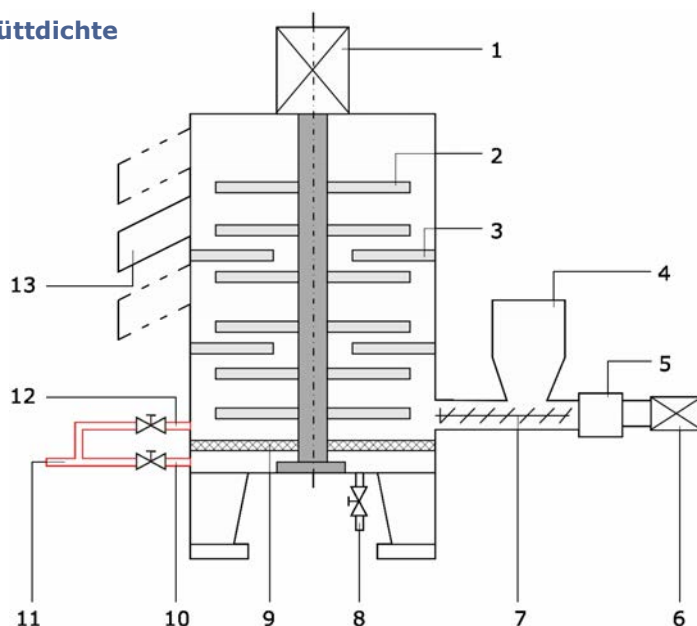
Bei üblicher Arbeitsweise führt die Dampfzuleitung vor dem Regelventil Wasserdampf von max. 100°C und max. 1 bar Druck. Die letzten drei bis fünf Meter der Zuleitung zwischen Regelventil und Vorschäumer sollen ohne Wärmedämmung und an einem Kondensatabscheider angeschlossen sein, damit nur gesättigter Dampf an den Vorschäumer abgegeben wird. Der Satttdampf strömt bei geringen Überdruck in den Vorschäumer ein, entspannt sich dort und kondensiert unter Wärmeabgabe an die EPS-Perlen und deren Umgebung. Die Angaben gelten für das kontinuierliche und für das diskontinuierliche Vorschäumen.

KONTINUIERLICH VORSCHÄUMEN

Kontinuierlich arbeitende Vorschäumer bestehen aus einem zylindrischen Gefäß mit Rührwerk, Abb. 2. Der Dampf wird in Bodennähe tangential eingeleitet. Eine Dosierschnecke fördert EPS-Perlen in die Bodenzone des Gefäßes, die vorgeschäumten Perlen verlassen das Gerät durch eine in der Höhe verstellbaren Überlauf.

Abb. 2: Kontinuierlich arbeitender Vorschäumer mit Seiten- und Bodenbedampfung

Schüttdichte



1. Rührwerkmotor
2. Schaufelrührer
3. Brechschaufel
4. Einfülltrichter
5. stufenloses Getriebe
6. Schneckenmotor
7. Dosierschnecke, Einstellung höhenverstellbar
8. Kondensatablass
9. Siebboden
10. Bodenbedampfung
11. Dampfzuführung
12. Seitenbedampfung
13. Entleerungsschacht, zur Schüttdichte

Produktionsablauf

Folgende Maßnahmen beeinflussen die Schüttdichte der Schaumstoff - Perlen:

- Ändern der Materialzufuhr über die Drehzahl der Dosierschnecke
- Ändern der eingeleiteten Wärmemenge
- Ändern der Überlaufhöhe
-

Diese Maßnahmen wirken sich auf die Verweildauer der EPS-Perlen im Vorschäumer aus. Sie beträgt 2 bis 10 Minuten. Schüttdichten bis 14 gr./litr. sind in einem Arbeitsgang erreichbar. Bei erforderlichen Schüttdichten unter diesem Grenzwert werden die Schaumstoffperlen in der Regel nach 3 bis 6 Stunden Zwischenlagerung noch einmal gebläht.

TREIBMITTELVERLUST

Das in den EPS-Perlen enthaltene Treibmittel wird beim Vorschäumen aktiviert und teilweise verbraucht. Die entweichende Treibmittelmenge ist abhängig von der erreichten Schüttdichte der Schaumstoffperlen und von der Arbeitsweise des Vorschäumers. Außerdem ist das anschließende Trocknen der Schaumstoffperlen mit einem Treibmittelverlust verbunden.

Bei Schaumstoffperlen von 15 gr./litr. bis 25 gr./litr. Schüttdichte kann 24 Stunden nach dem Vorschäumen mit einem Treibmittelverlust von insgesamt etwa 2% gerechnet werden, was etwa 30% des ursprünglichen Treibmittelgehaltes entspricht.

TROCKNEN

Mit Dampf vorgeschäumte EPS-Perlen können bis 10 Gewichtsprozent Wasser enthalten; diese feuchten Schaumstoffperlen sind nicht ausreichend rieselfähig. Man trocknet daher die Perlen unmittelbar nach dem Vorschäumen oder fördert sie mit vorgewärmter Luft zum Zwischenlagersilo. Dort kann man sie durch Einblasen von Luft ggf. auch weiter Trocknen. Bei geringer Luftfeuchtigkeit sollte man jedoch vollständig trocknen, um elektrostatische Aufladungen zu vermeiden.

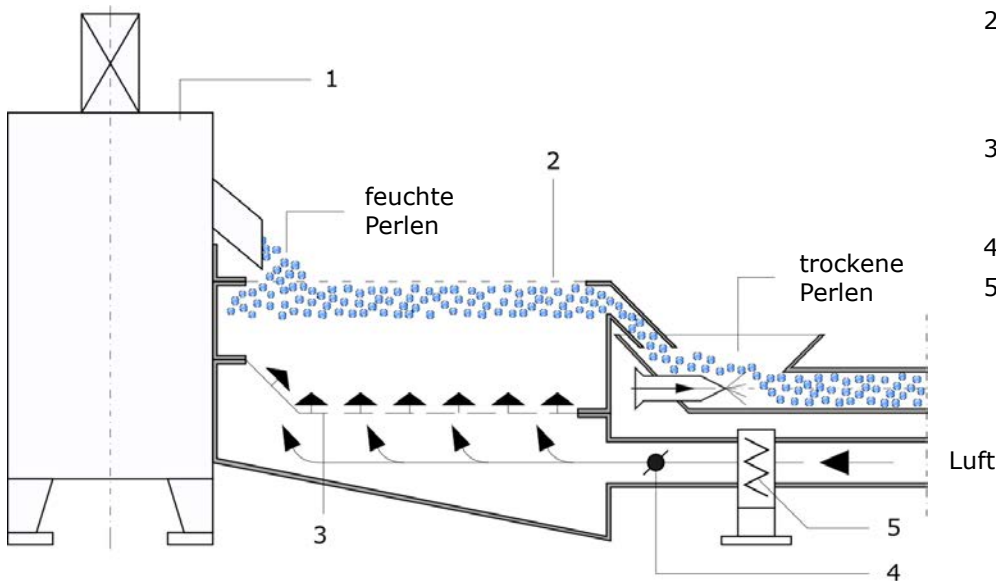
FÖRDERN DER VORGESCHÄUMTEN PERLEN

Frisch vorgeschäumte Perlen sind auch nach dem Trocknen noch sehr druckempfindlich und müssen deshalb schonend zum Zwischenlagerbehälter gefördert werden. Am günstigsten ist es, wenn der Vorschäumer so über dem Behälter steht, das die Schaumstoffperlen in diesen hineinfallen; sie können dann im Zwischenlagersilo durch Einblasen von Luft getrocknet werden (Raumluft oder bis 35°C erwärmte Luft).

Wenn das nicht möglich ist, stabilisiert man die Perlen durch Trocknen im Fließbett, Abb. 3, und fördert sie dann im Luftstrom mit vorgewärmter Luft von max. 40°C. Dazu eignet sich am besten eine Venturidüse, Abb. 4a. Dieses Fördersystem vermeidet, daß die noch druckempfindlichen Schaumstoffperlen durch die Flügel eines Ventilators, Abb. 4b, teilweise gequetscht werden, was ihre Schüttdichte wieder erhöhen und das Fertigschäumen erschweren würde. Außerdem sollte die Förderleitungen große Krümmungsradien von mindestens dem 5fachen des Rohdurchmessers aufweisen, damit die Perlen auf die Rohrwandung nicht hart aufprallen.

Produktionsablauf

Abb. 3: Fließbettrockner

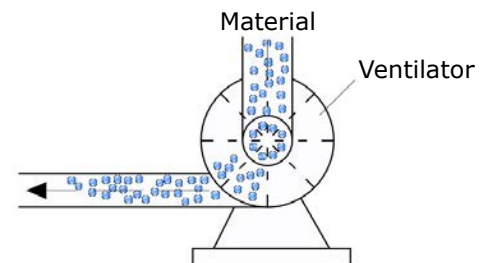
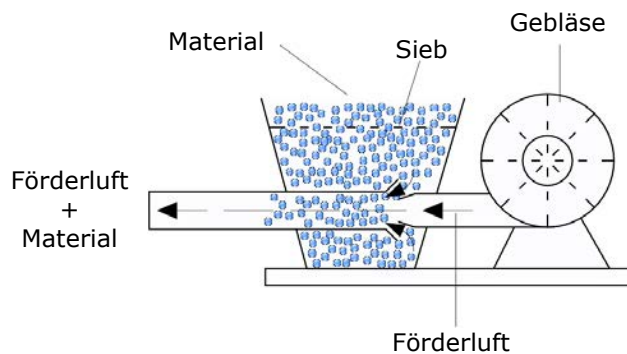


1. Vorschäumer
2. Maschendraht Abdeckung, Maschenweite #0,3-0,4mm
3. Gewebe Maschenweite # 0,2mm
4. Drosselklappe
5. Heizung

Abb. 4a: Fördern von Schaumstoffperlen durch eine Venturidüse

Abb. 4b: durch einen Ventilator

(ungünstig, da ein Teil der Schaumstoffperlen durch die Ventilatorflügel gequetscht wird)



ZWISCHENLAGERN

In den geschlossenen Zellen der frisch geschäumten Perlen kondensiert beim Abkühlen Treibmittel und teilweise auch eindiffundierter Wasserdampf. Dadurch entsteht in den Zellen vorübergehend ein Unterdruck, der die Perlen solange druckempfindlich macht, bis durch Eindiffundieren von Luft der Druck ausgeglichen und die Schaumstoffperle stabilisiert ist. Dieser Vorgang dauert je nach Schüttdichte und Perlengröße bis 24 Stunden; er wird mit höherer Schüttdichte der Schaumstoffperlen kürzer, weil dann mehr Treibmittel in den Perlen verbleibt. War die Zeitdauer der Zwischenlagerung zu kurz, können die frisch gefertigten Schaumstoff Blöcke- oder Formteil- einfallen oder sich beim Entformen verziehen. Die Mindestzeitdauer, die nicht unterschritten werden sollte, hängt ab von Vorschäumbedingungen, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Lagerungstemperatur.

Beim Zwischenlagern entweicht Treibmittel, dadurch verkürzt sich die Druckabbauphase beim Fertigschäumen. Wird zu lange Zwischengelagert, entweicht das Treibmittel jedoch vollständig und die Perlen verschweißen dann nur noch mangelhaft. Der günstigste Resttreibmittelgehalt ist abhängig von der Bedampfung beim Fertigschäumen, der Größe der Formteile und der gewünschten Rohdichte.

Produktionsablauf

ZWISCHENLAGERSILO

Silos für die Formteilherstellung fassen von 10 m³ bis 100 m³ Schaumstoffperlen. Man kann leichte Rahmen aus Holz oder Metall verwenden, die mit luftdurchlässigem Gewebe oder Geflecht hochfest bespannt werden. Die Gewebe müssen UV-beständig sein.

Luftdurchlässige Silos brauchen keine Zwangsbelüftung. Sie sollten aber nicht in einer Fabrikationshalle mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit stehen. Wirksame Trocknung kann auch durch pneumatische Förderung der Schaumstoffperlen von einem Silo zum anderen erzielt werden.

FERTIGSCHÄUMEN VON FORMTEILEN

Bei der Herstellung von Schaumstoff-Elementen wird das Formgebende Werkzeug mit den Zwischengelagerten Schaumstoffperlen vollständig gefüllt und dann bedampft. Durch die erneute Erwärmung auf Temperaturen zwischen 100°C und 120°C expandieren die Perlen nochmals; sie können jedoch wegen der dichten Packung nur noch die Zwischenräume, die sogenannten Zwickel, zusätzlich ausfüllen. Die nunmehr polyederförmigen Teilchen verschweißen an den Berührungsflächen miteinander. Nach relativ kurzer Abkühlung ist dann das Formteil Gestaltfest und entformbar.

MASCHINEN ZUR HERSTELLUNG VON SCHAUMSTOFF-BAUELEMENTEN

Die von verschiedenen Maschinenherstellern gebauten Maschinen arbeiten meist horizontal. Daß heißt, die Formhälften fahren waagrecht auseinander und die fertigen Formteile fallen nach unten aus der Maschine.

Da dies bei der Herstellung von Bauelementen ein großer Nachteil war und zu viele Teile beschädigt wurden, hat die Firma „MBS Maschinenfabrik Beaufort GmbH“, speziell zur Herstellung von Bauelementen eine vertikal arbeitende Maschine entwickelt.

Die beiden Formhälften fahren senkrecht auseinander und die fertigen Bauelemente werden ohne Beschädigung auf einen Entnahmetisch gelegt.

Weitere Vorteile sind:

- Einfache Weiterverarbeitung, da fertige Elemente immer an der gleichen Stelle abgelegt werden.
- Bessere Füllung, da die Elemente von oben gefüllt werden
- Dadurch bessere Gewichtsverteilung
- Einfaches einlegen von Verbindungsstegen
-

Man kann sagen, dass sich diese Maschinen auch zur Herstellung von anderen technischen hochwertigen Formteilen, die nicht beschädigt werden dürfen, durchgesetzt haben.

STEUERUNG

Die Arbeitstakte:

- Schließen des Werkzeuges
- Vorwärmen und Ausblasen des Werkzeuges
- Einfüllen der Schaumstoffperlen
- Bedampfen
- Kühlen
- öffnen des Werkzeuges, Ausstoßen des fertigen Formteils laufen selbstständig nacheinander ab. Die einzelnen Schritte eines Zyklus werden durch elektronische Module gesteuert. Durch vielfache Einstellmöglichkeiten von Bedampfung und Kühlung lassen sich verschiedene Arbeitsweisen durchführen und so möglichst kurze Zykluszeiten erzielen. Damit die Verarbeitungsbedingungen dem jeweiligen Formteil gut angepasst werden können, ist es vorteilhaft, beide Werkzeughälften getrennt zu steuern

Produktionsablauf

Weitere sehr nützliche Hilfen bei der Verarbeitung sind:

- Prozeßabhängige Steuerung von Füllzeit und Druckabbauzeit
- Automatische Unterbrechung der Arbeitstakte bei ungenügendem Dampf - oder Luftdruck
- Umstellmöglichkeit auf manuelle oder halbautomatische Bedienung
- Betätigungsmöglichkeit einzelner Arbeitstakte zum Einrichten und Überprüfen der Maschine
- Möglichkeit zum Füllen des Werkzeuges mit oder ohne Entlüftungsspalt

SCHLIESSMECHANIK

Bei Aufspannfläche über 1 m² treten während des Bedampfens in jeder Bewegungsrichtung Kräfte von mehr als 10 to. auf. Dadurch wird außer der Schließmechanik häufig noch eine gesonderte Werkzeugverriegelung erforderlich.

DAMPFKAMMERN

Die Dampfkammern sind Bestandteil der Maschine und so ausgelegt, dass die Werkzeughälften einfach und schnell aufgeschraubt bzw. ausgewechselt werden können.

Die Dampfkammertiefe soll bei aufgeschraubtem Werkzeug 50 mm bis 100 mm betragen. Bei zu flacher Dampfkammer werden die Schaumstoffperlen ungleichmäßig bedampft. Wählt man die Dampfkammertiefe zu groß, verlängert sich die Zykluszeit, insbesondere die Bedampfungszeit und es erhöhen sich Dampf-, Kühlwasser- und Luftbedarf.

Die Dampfkammer enthalten Anschlüsse zum Ein- und Abführen von Luft, Wasser und Dampf, sowie Düsen, Prallbleche und Führungsbleche, die eine gleichmäßige Verteilung dieser Medien gewährleistet. Außerdem enthalten die Anschlüsse für Druck- und Temperaturmeßgerät, mit deren Hilfe der Schäumprozeß gesteuert wird.

Gemäß der Anordnung unterscheidet man eine feste und eine bewegliche Dampfkammer.

FÜLLVORRICHTUNG

Die Schaumstoffperlen werden durch Füllpistolen (Injektoren) mit Hilfe von Luft in das geschlossene Werkzeug geblasen; die Trägerluft entweicht durch die Dampfdüsen oder durch spezielle Entlüftungsventile. Bei einfachen Werkzeugen genügt meistens eine zentral angebrachte Füllpistole, bei größeren oder verzweigten Formteilen sind mehrere Füllpistolen zu empfehlen. Man kann aber auch die vorgeschäumten Perlen durch einen Spalt des nicht ganz geschlossenen Werkzeuges in die Werkzeughöhlung ansaugen.

Um die vollständige und gleichmäßige Füllung der Bauelemente und insbesondere des Stecksystems zu erreichen, werden die Schaumstoffperlen in einen Druckbehälter befördert und von diesem Behälter werden die Schaumstoffperlen mit Überdruck durch die Füllpistole und die Form gepreßt.

BEDAMPFEN

Um möglichst wenig Wasser (Kondensat) in die Formteile einzubringen, soll nur gesättigter Dampf als Wärmeträger an die Schaumstoffperlen im Werkzeug herangeführt werden, was jedoch nur möglich ist, wenn der Dampf nicht an kalten Werkzeugflächen kondensieren kann. Um dies zu vermeiden, lässt man bei Beginn der Bedampfung des mit Schaumstoffperlen gefüllten Werkzeugs die Kondensatventile so lange offen, bis beide Werkzeughälften ausreichend erwärmt sind. Dann wird bei dickwandigen Formteilen zunächst nur ein Kondensatventil geschlossen.

Produktionsablauf

Der Dampf strömt jetzt von einer Werkzeughälfte zur anderen, schiebt die noch vorhandene Luft vor sich her und bläht die Schaumstoffperlen auf. Das zweite Kondensatventil wird nun zeit- oder druckabhängig ebenfalls geschlossen. Der Dampf strömt mit 1,4 bis 2,2 bar allseitig in das Werkzeug ein und bewirkt überall ein gutes Verschweißen der Schaumstoffperlen.

KÜHLEN

Damit der im Formteil herrschende Blähdruck möglichst schnell abklingt, wird das Werkzeug erst mit Wasser abgekühlt. Dickwandige Formteile erfordern wesentlich längere Druckabbauzeit als Dünnwandige.

Bei Dickwandigen Formteilen kann durch Unterdruck im Werkzeug das anklingen des Formteilinnendrucks beschleunigt und der unmittelbar nach dem Entformen vorhandene Wassergehalt des Formteils gemindert werden, dies erfolgt mit der Vakuumpumpe und einem Vacuumdruckbehälter.

ENTFORMEN

Oft genügt ein Druckluftstoß durch die Dampfkammer und Düsen zum Entformen. Dabei wird die Auswerferluft während der Werkzeugöffnung wechselweise in die beiden Werkzeughälften eingeleitet.

Komplizierte und tiefe Formteile, die entsprechenden Kerne erfordern und deshalb schwerer entformbar sind, werden beim öffnen des Werkzeugs mit mechanischen Auswerfern abgestreift. Diese Entformungsart ist sehr sicher und hat den Vorteil, daß eine zusätzliche Ausstoßkontrolle nicht erforderlich ist. Beide Methoden werden auch zusammen angewendet.

WERKZEUGE ZUR HERSTELLUNG VON SCHAUMSTOFF-FORMTEILE

Ein Formteilwerkzeug besteht normalerweise aus zwei Hälften. Die von beiden Hälften umschlossene Werkzeughöhlung, auch Formnest genannt, entspricht dem herzustellenden Formteil. Jede Werkzeughälfte ist auf einer Dampfkammer befestigt.

Der Dampfeintritt in die Formhöhle geschieht im allgemeinen über spezielle Dampfdüsen, meist Schlitzdüsen aus Aluminiumlegierung oder Messing. Auch hier ist die Dampfdurchtrittsfläche mit entscheidend für die Qualität der Formteile. Sie sollte mindestens 2% der Formteiloberfläche betragen. Als Anhaltspunkt kann dienen, daß die Düsen mindestens alle 22 mm im Quadrat angeordnet sein sollen.

Aufgrund der Anforderungen an die Werkzeuge:

- Niedrige Herstellungskosten bei kurzer Herstellungszeit
- Hohe Wärmeleitfähigkeit bei geringer spezifischer Wärmekapazität
- Hohe Druckfestigkeit bei geringem Gewicht
- Ausreichende Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit
- Ausreichende Oberflächenhärte und
- Geringe Ausdehnung durch Erwärmung

haben sich Aluminiumlegierungen als günstige Werkzeug - Werkstoffe erwiesen.

Produktionsablauf

Wenn auch die Wanddicken verhältnismäßig groß sein müssen, erhält man doch vor allem gute Wärmeleitung und geringe Wärmespeicherung bei ihrer Verwendung. Werkzeuge aus Aluminiumlegierungen können so genau gegossen werden, dass eine mechanische Bearbeitung oftmals nicht erforderlich ist.

In der folgenden Tabelle sind Dicht und thermische Eigenschaften einiger Werkzeug- Werkstoffe zusammengefasst.

	Dichte (g/cm ³)	Wärmeleit- fähigkeit W/cm•K	spezifische Wärmekapazität J/g • K	linearer Ausdehnungskoeffizien t K ⁻¹
Aluminium (99,5%)	2,70	2,22	0,92	23,8 • 10 ⁻⁶
® Duralium	2,80	1,47	0,92	23,0 • 10 ⁻⁶
® Silium	2,70	1,59	0,90	22,0 • 10 ⁻⁶
Edelstahl (V2A)	7,88	0,21	0,50	16,0 • 10 ⁻⁶
Kupfer	8,90	3,94	0,39	17,0 • 10 ⁻⁶
Zink	7,14	1,10	0,38	29 • 10 ⁻⁶
Messing	8,40	0,92	0,39	19,0 • 10 ⁻⁶
Bronze	8,80	0,42	0,38	17,0 • 10 ⁻⁶

® Duralium: eingetragenes Warenzeichen der Dürener Metallwerke

® Silium: eingetragenes Warenzeichen der Metallgesellschaft Ag