

1 Warmkammer-Druckgießverfahren

1.1 Prinzipieller Aufbau der Warmkammer-Druckgießmaschine

Das klassische und wirtschaftliche Verfahren zur Verarbeitung von Zinklegierungen ist der Warmkammer-Druckguss. Bild 1.1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Druckgießmaschine mit der Warmkammer. Die Druckgießmaschine enthält die Formschließeinheit, die unter einem Neigungswinkel zur Waagerechten geneigt wird, den elektrisch beheizten Ofen, den Tiegel, in dem die Druckgusslegierung oberhalb der Liquidustemperatur gehalten wird, die Gießeinheit und die Gießgarnitur, die das Metallfließsystem der Druckgießmaschine darstellt, sowie die Druckgießform, die einen Formhohlraum und ein Einguss-Gießlaufsystem mit Anschnitten bildet. Im elektrisch beheizten Ofen, der zum Warmhalten der Schmelze dient, ist der Tiegel eingehängt, dessen Oberseite durch eine Platte abgedeckt ist. Der Tiegel wird mit bereits flüssigem Metall bis zu einem Badniveau beschickt, das im getrennten Ofen vorgeschmolzen wird. Ist die Druckgusslegierung in einem Schmelzofen gesondert geschmolzen, wird der Ofen der Druckgießmaschine mit der entgasten und reinen Druckgusslegierung versehen. Der Ofen der Warmkammer-Druckgießmaschine kommt auch als Schmelz- und Warmhalteofen für das Schmelzen und das Warmhalten der Druckgusslegierung zum Einsatz. Der Ofen ist mit der Formschließeinheit der Druckgießmaschine lose angeordnet. Dadurch werden einerseits die Erschütterungen vom Schließ- und Gießvorgang der Druckgießmaschine vom Ofen abgehalten, und andererseits wird die Wärmeübertragung auf die Druckgießmaschine verringert.

Die Gießgarnitur dient zur Aufnahme sowie Zuführung der Schmelze in die Druckgießform und besteht aus dem Gießbehälter mit eingebauter Gießkammer, dem Gießkolben mit Gießkolbenringen, der Gießkolbenstange als Verbindung zwischen dem Gießkolben und dem Antriebszylinder der Gießeinheit sowie dem Mundstück (Düse). Der Gießbehälter, der die Gießkammer und das Mundstück trägt, wird von oben in den Tiegel mit der Schmelze eingesetzt und ragt durch die Abdeckung des Ofens herein. Er ist nicht mit dem Tiegel verbunden und wird von einem Rahmen der Gießeinheit gehalten. Der Rahmen selbst stützt sich rechts und links vom Ofen auf dem Untergestell ab. Der Gießbehälter hat eine mit der Gießkammer verbundene Steigbohrung, die gebohrt oder durch ein eingegossenes gebogenes Rohr aus zwei unterschiedlichen Krümmern und einem geraden Rohrstück zusammengeschweißt wird. Die Steigbohrung mündet in ein geneigt angeordnetes Mundstück ein, das als Verbindungsstück zwischen dem Gießbehälter und der festen Formhälfte dient. Durch die schräge Anordnung des Mundstücks kann die überschüssige Schmelze, die während der Formfüllung vom Formhohlraum nicht aufgenommen wird und im Mundstück verbleibt, beim Zurückziehen des Gießkolbens wieder in die Gießkammer zurückfließen.

Der Gießkolben ist über die Gießkolbenstange und die Kupplung mit dem Antriebszylinder der Gießeinheit verbunden und wird in der Gießkammer hydraulisch angetrieben. Der Gießkolben befindet sich nach der Darstellung in Bild 1.1 in seiner oberen Gießposition. Unterhalb dieser Lage des Gießkolbens sind in dem Gießbehälter und der Gießkammer die gleichmäßig über den

Umfang verteilten Füllbohrungen vorgesehen, die die Gießkammer mit der Schmelze im Tiegel verbinden. Über mehrere Füllbohrungen, die etwa in der Mitte der Schmelzesäule angeordnet werden, läuft die Schmelze einwandfrei in die Gießkammer. Durch einen seitlichen Durchbruch im Gießbehälter wird der Gießkolben in seiner oberen Endstellung von der Schmelze umgespült, sodass sich hier keine Rückstände, die sich im Laufe der Zeit auf der Metallbadoberfläche bilden, ansetzen.

Während des Druckgießvorgangs fährt der Gießkolben nach unten und schließt die Füllbohrungen und damit die Gießkammer von der Schmelze im Tiegel ab. Nach dem Überlaufen der Füllbohrungen drückt der Gießkolben die Schmelze durch die Steigbohrung des Gießbehälters und das Mundstück sowie das Einguss-Gießlaufsystem mit Anschnitten in den Formhohlraum. Der

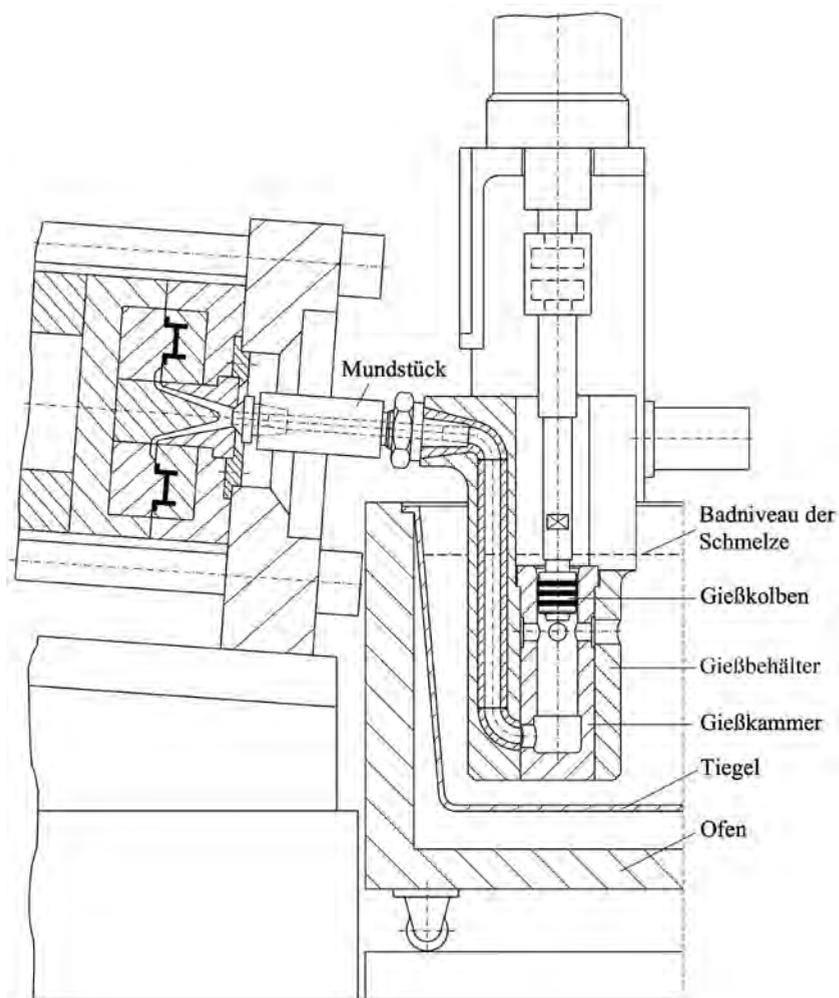
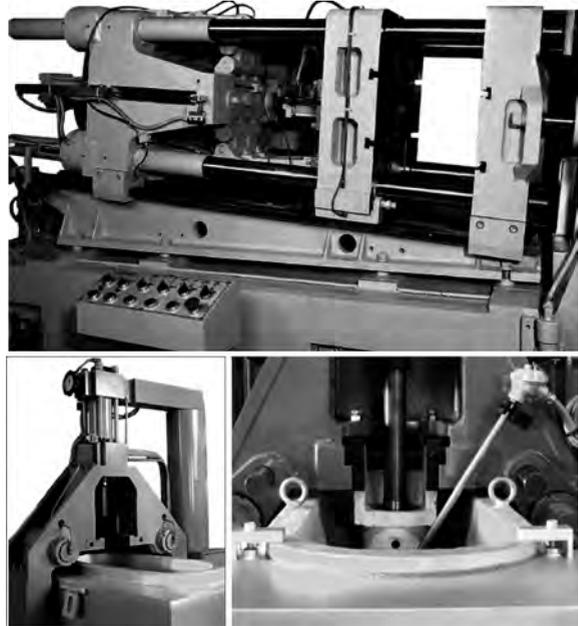


Bild 1.1: Schematische Darstellung der Warmkammer-Druckgießmaschine

Bild 1.2:
Formschließeinheit
und die Gießeinheit der
Warmkammer-Druck-
gießmaschine



Gießkolben bewegt sich zunächst sehr langsam mit geringer Geschwindigkeit, bis die Schmelze in der Steigbohrung die Mundstückspitze oder den Eingusseintritt der Druckgießform erreicht (erste Gießphase). Mit geringer Gießkolbengeschwindigkeit wird die in der Steigbohrung und dem Mundstück befindliche Luft von der Schmelzefront durch die Entlüftungskanäle im Formhohlraum möglichst vollständig entfernt. Dann presst der Gießkolben die Schmelze mit relativ hoher Geschwindigkeit und hohem Gießdruck in den Formhohlraum (zweite Gießphase). Nach der Formfüllung wird der Gießkolben sehr rasch abgebremst, und ein hoher Nachdruck wird auf die Schmelze im Formhohlraum zuerst durch den Aufprall der bewegten Antriebskolbenmasse und dann durch den Druck in der Gießkammer vom Druckkolbenspeicher eingestellt (Nachdruckphase oder dritte Gießphase). Die Schmelze wird unter dem Nachdruck gehalten bis sie erstarrt und dann auf die Entformungstemperatur abgekühlt ist. Nach der Abkühlung des Gussstücks und des Eingusses fährt der Gießkolben wieder in seine obere Ausgangsstellung zurück. Bei dieser Rückwärtsbewegung wird die im geneigten Mundstück und der Steigbohrung befindliche Schmelze in die Gießkammer zurückgesaugt. Hat der Gießkolben seine ursprüngliche obere Stellung erreicht, werden die Füllbohrungen freigegeben und die Schmelze kann selbsttätig aus dem Tiegel wieder in die Gießkammer eintreten, um die beim Gießvorgang entleerte Gießkammer wieder zu füllen. Die Druckgießform wird dann geöffnet und das Gussstück durch das Auswerfersystem der Formschließeinheit und der Druckgießform aus dem Formhohlraum entfernt.

Die Warmkammer-Druckgießmaschinen werden in der Regel nach dem Ähnlichkeitsprinzip entwickelt und enthalten als Hauptkomponenten die Formschließeinheit, die Gießeinheit mit der Gießgarnitur und den Ofen. Die Formschließeinheit und die Gießeinheit der Warmkammer-Druckgießmaschinen sind in Bild 1.2 dargestellt. Die Formschließeinheit dient zur Verschiebung der beweglichen Formhälfte beim Öffnen und Schließen der Druckgießform sowie zur Erzeugung

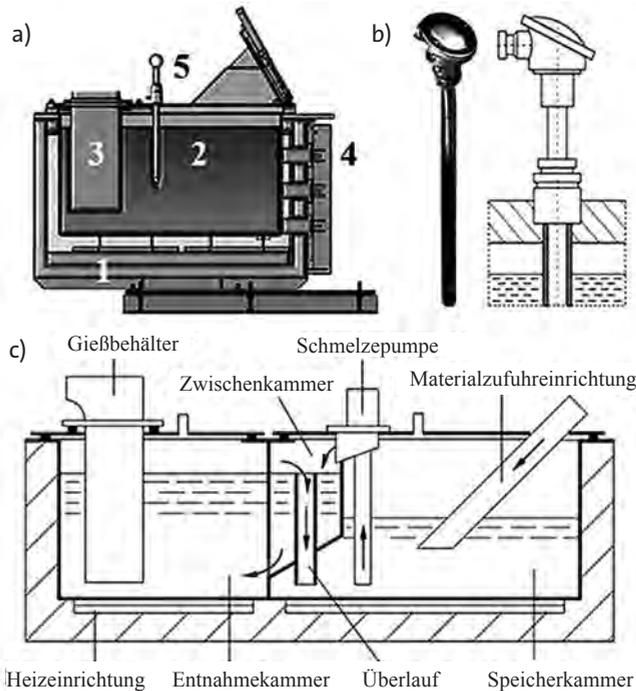


Bild 1.3:
a) Einkammerofen:
1 Gehäuseisolierung,
2 Tiegel,
3 Gießbehälter,
4 Heizung,
5 Thermoelement,
b) kontinuierliche Tauchsonde und ihre Anordnung (Carli Precimeter GmbH),
c) Zweikammerofen [1.1]

der Formschließkraft. Das gebräuchlichste Formschließsystem, mit dem die beiden Formhälften zusammengepresst werden, ist auf einem symmetrischen Kniehebel-Gelenksystem aufgebaut und auf schräg zur Horizontale geneigten Führungsschienen der Maschinengrundplatte gelagert. Da die, je nach einzusetzender Druckgießform, verschiedenen Eingusspositionen vorgesehen werden, wird die Formschließeinheit durch eine Höhenverstellereinrichtung in der Höhe verstellt, damit das Mundstück an den Eingusseintritt der Druckgießform angepasst werden kann. Das Anpressen des Mundstücks an den Eingusseintritt wird über die zwei Hydraulikzylinder am Rahmen der Gießeinheit realisiert.

Die Gießeinheit dient zur Steuerung des Gießkolbens während der ersten und zweiten Gießphase sowie zur Erzeugung des Gieß- und Nachdruckes auf die Schmelze und dem Zurückziehen des Gießkolbens. Die Gießeinheit besteht im Wesentlichen aus einem herkömmlichen Antriebszylinder mit einseitiger Kolbenstange, der auf dem Rahmen montiert wird, und dem Druckkolbenspeicher. Zur Steuerung des Gießkolbens werden verschiedene Hydrauliksteuerblöcke mit hochdynamischen Stetigventilen in der Abflussleitung des Antriebszylinders angeordnet. Die Gießeinheit der Warmkammer-Druckgießmaschine wird in der Regel ohne Multiplikator und mit einem einstell- und regelbaren Zwei-Phasen-Eingießsystem ausgerüstet.

Die Öfen von Warmkammer-Druckgießmaschinen werden durch metallurgische und praxisbezogene Konzepte zum Stand der Schmelztechnik entwickelt, die Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit bieten. Bei Warmkammer-Druckgießmaschinen werden die Öfen als elektrisch beheizte Einkammer- und Zweikammer-Tiegelöfen eingesetzt (Bild 1.3). Der Einkammerofen dient sowohl zum Schmelzen als auch zum Warmhalten der Druckgusslegierung und wird

durch eine Abdeckplatte abgedeckt (Bild 1.3a). In der Abdeckplatte werden zwei Öffnungen vorgesehen. Die Öffnung zum Nachsetzen von Masseln wird durch eine schwenkbare Platte geöffnet und geschlossen. Die andere Öffnung dient zur Montage des Gießbehälters, der mit dem Rahmen der Gießeinheit verbunden ist. In der Abdeckplatte sind auch die Aufnahmen für das Thermoelement und die Füllstandmesssonde angeordnet. Ist der Ofen als Schmelzofen ausgelegt, wird er mit einer höheren Anschlussleistung ausgestattet und mit einer Vorwärm- und Beschickungsanlage zum Vorwärmen und der Zuführung von Masseln vorgesehen. Damit trägt das Vorwärmen von Masseln zur besseren Schmelzequalität bei. Das Chargieren von Masseln wird automatisch durchgeführt, wenn das Badniveau der Schmelze im Tiegel unter den vorgegebenen Wert absinkt.

Bei Gießeinheiten mit Einkammerofen ist das Badniveau der Schmelze eine der Hauptstörgrößen, da das unterschiedliche Badniveau zu unterschiedlichen Formfüllvorgängen führen kann. Durch den Zweikammerofen lässt sich das Badniveau etwa konstant halten, und der Nachteil der Schussprofilverschiebung wird beim unterschiedlichen Badniveau verringert. Der Zweikammerofen (Bild 1.3c) enthält eine Speicherkammer, in der die Druckgusslegierung geschmolzen und warmgehalten wird, eine Entnahmekammer und wird mit einer Pumpe zum Umfüllen der Schmelze aus der Speicherkammer in die Entnahmekammer ausgerüstet [1.1]. Zwischen der Entnahmekammer und der Speicherkammer wird eine Zwischenkammer vorgesehen, die einerseits über die Ausgleichsöffnung an die Entnahmekammer anschließt und andererseits über den Überlauf mit der Speicherkammer in Verbindung steht. Zur Regelung der Füllstandhöhe in der Entnahmekammer fördert die Pumpe die aufbereitete Schmelze aus der Speicherkammer in die Zwischenkammer und durch die Ausgleichsöffnung in die Entnahmekammer, sodass ein konstantes Badniveau in der Entnahmekammer gewährleistet wird. Bei der Überfüllung der Zwischenkammer fließt die Überschussmenge der Schmelze durch den Überlauf in die Speicherkammer zurück.

Für die sichere Durchführung des Druckgießverfahrens wird der Füllstand der Schmelze im Tiegel gemessen und überwacht. Die induktiven Messsysteme können für die NE-Metalle bei einer Schmelzetemperatur bis zu 800 °C eingesetzt werden, um das Badniveau in Öfen zu messen. Zur Füllstandmessung ist eine Tauchsonde der Carli Precimeter GmbH in Bild 1.3b mit einem entsprechendem Schutzrohr dargestellt.

Die Warmkammer-Druckgießmaschinen eignen sich besonders für die Herstellung von Druckgussteilen aus Zinkdruckgusslegierungen. Zur Herstellung der Magnesiumdruckgussteile mit relativ großen Abmessungen dienen überwiegend Druckgießmaschinen mit horizontaler Kaltkammer, die jedoch aus wirtschaftlichen Gründen für die Fertigung von kleinen und kleinsten Druckgussteilen nicht immer geeignet sind. Da die Magnesiumlegierungen im flüssigen Zustand im Gegensatz zu Aluminiumlegierungen das Eisen nicht angreifen, kommen auch für die Herstellung von kleinen Magnesiumdruckgussteilen die Warmkammer-Druckgießmaschinen zur Anwendung, die aus einer traditionellen Warmkammer-Druckgießmaschine für Zink entwickelt wurden. In Bild 1.4 sind die Warmkammer-Druckgießmaschinen DAW 125 F mit einer Formschließkraft von 1250 kN für Zinkdruckgussteile und DAM 500 F mit einer Formschließkraft von 5800 kN für Magnesiumdruckgussteile dargestellt (Oskar Frech GmbH & Co. KG).

Die Warmkammer-Druckgießmaschinen für Magnesiumdruckgussteile mit hoher Metallbadtemperatur von 630 bis 650 °C unterscheiden sich erheblich von Warmkammer-Druckgießmaschinen für Zinkdruckgussteile, die bei einer Metallbadtemperatur zwischen 420 und 440 °C verwendet werden. Die Hauptunterschiede liegen bei der Gießeinheit, dem Schmelz- und Warmhalteofen, der Konstruktion des Gießbehälters, beim beheizten Gießbehälterkonus, der Mundstückspitze und dem Mundstückkörper sowie dem Schutzgasgemisch. Um hohe Gießkolbengeschwindigkeit

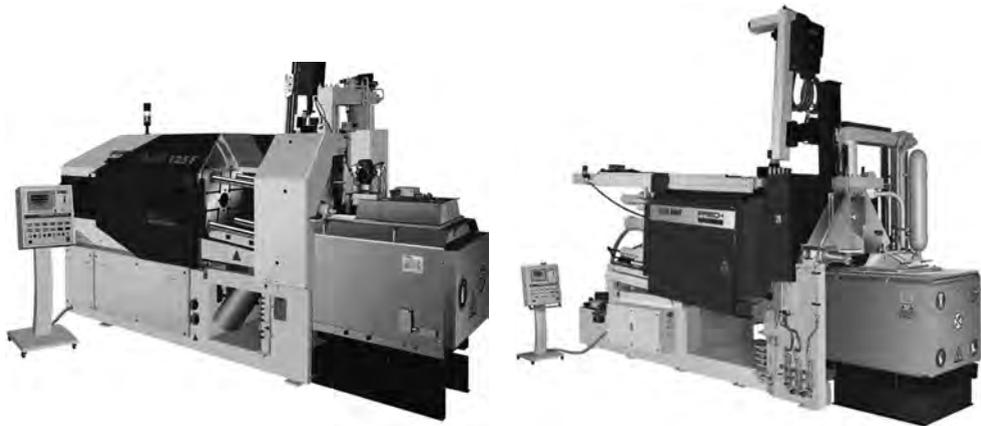


Bild 1.4: Warmkammer-Druckgießmaschinen DAW 125 F mit einer Formschließkraft von 1250 kN für den Zinkdruckguss und DAM 500 F mit einer Formschließkraft von 5800 kN für den Magnesiumdruckguss (Oskar Frech GmbH & Co. KG)

ten und hohe Gießdrücke zu erzielen, wird die Hydraulik der Gießeinheit für die Magnesiumlegierungen gegenüber der Hydraulik für die Zinklegierungen verstärkt. Durch die hochdynamischen Stetigventile für die Echtzeitregelung mit kompaktem Aufbau des Druckkolbenspeichers wird eine Gießkolbengeschwindigkeit bis zu 5 m/s vorgesehen, wobei die Kurve der Gießkolbengeschwindigkeit frei programmiert und dem Druckgussteil angepasst wird. Durch die Echtzeitregelung können neben konstanten oder beschleunigten auch verzögerte Bewegungen des Gießkolbens ausgeführt werden, die zu einer Reduzierung der Druckspitze im Formhohlraum durch das Abbremsen des Antriebskolbens und damit der dynamischen Wucht des Antriebskolbens kurz vor dem Formfüllungsende sowie der Gratbildung an Druckgussteilen führen. Mit der Rücksicht auf die Brandgefahr beim Druckgießen von Magnesiumlegierungen wird die Warmkammer-Druckgießmaschine mit einer schwer entflammaren Hydraulikflüssigkeit betrieben.

Das Mundstück und die Oberseite des Gießbehälters werden beheizt, um die Temperatur in diesen Abschnitten des Fließsystems zu regeln und damit die Abkühlung der Magnesiumlegierung zu verhindern. Die Beheizung des Mundstücks und des Gießbehälterhalses gewährleistet eine optimale gleichmäßige Temperaturführung der Magnesiumlegierung von der Steigbohrung des Gießbehälters bis zum Eintritt in den Einguss.

Damit die flüssige Magnesiumlegierung nicht mit der Luft in Berührung kommt, ist eine gleichmäßige Beaufschlagung der Metallbadoberfläche mit einem Schutzgasgemisch erforderlich, das die Oxidation sowie die Entzündung an der Metallbadoberfläche verhindert und den Schlackenfall minimiert. Die Konzentration und die Menge des Schutzgasgemisches sind von vielen Einflussgrößen abhängig und müssen so geregelt werden, dass in erster Linie ausreichend Schutz gegen das Brennen gegeben ist und dass es aus ökonomischen und ökologischen Gründen nicht zu einer Überdosierung kommt. In der Praxis sind verschiedene Schutzgasgemische bekannt, die beim Druckgießen von Magnesiumlegierungen zum Einsatz kommen. Die Schutzgasgemische bestehen aus einem reaktiven Gas mit geringem Gehalt und einem oder mehreren Trägergasen (Luft+0,2%SF₆ oder R134a (C₂H₂F₄)). Die Misch- und Dosiereinrichtung liefert das Schutzgasge-